

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL  
CAMPUS IBIRUBÁ**

**CRISTIANO TONET**

**INFLUÊNCIA DO REGULADOR DE CRESCIMENTO NA CULTURA  
DO TRIGO (*Triticum aestivum* L.) SUBMETIDO A DIFERENTES  
FORMAS E DOSES DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO**

**Ibirubá, 2023**

**CRISTIANO TONET**

**INFLUÊNCIA DO REGULADOR DE CRESCIMENTO NA CULTURA DO TRIGO  
(*Triticum aestivum* L.) SUBMETIDO A DIFERENTES FORMAS E DOSES DE  
APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado junto ao curso de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá como requisito parcial da obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Bruna Dalcin Pimenta

**Ibirubá, 2023.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida e por me guiar na minha trajetória pessoal e acadêmica.

Agradeço aos meus familiares, de forma especial aos meus pais João e Claudete Tonet, por não medirem esforços para me auxiliar neste processo. Obrigado por me apoiarem e por acreditarem na realização deste trabalho.

À minha namorada, Bruna Eduarda Kreling, por todo apoio, incentivo, compreensão e auxílio durante o período. Amo-te.

A Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Bruna Dalcin Pimenta, por todo o auxílio, orientação, paciência e confiança na realização deste projeto.

A empresa Biotrigo Genética pela confiança e auxílio na organização deste experimento, bem como pelo fornecimento dos insumos agrícolas, suporte técnico e infraestrutura para realização de análises.

Ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá pela oportunidade de realizar este trabalho, através do fornecimento da área e máquinas. Aos funcionários e técnicos por todo auxílio, empenho e paciência.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Fruticultura, por toda a colaboração, empenho e dedicação nas diversas atividades realizadas durante este período.

Aos demais amigos e colegas, que de alguma forma contribuíram e incentivaram a realização deste trabalho.

A todos, o meu muito obrigado e eterna gratidão!

*“A rentabilidade é proporcional à quantidade  
de conhecimento por hectare”  
Dirceu Gassen*

## RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Agronomia

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá

### **INFLUÊNCIA DO REGULADOR DE CRESCIMENTO NA CULTURA DO TRIGO (*Triticum aestivum* L.) SUBMETIDO A DIFERENTES FORMAS E DOSES DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO**

AUTOR: CRISTIANO TONET

ORIENTADORA: BRUNA DALCIN PIMENTA

Ibirubá/RS, 03 de julho de 2023

O trigo (*Triticum aestivum* L.) pertence à família botânica Poaceae e possui considerável representatividade a nível mundial, uma vez que é uma importante fonte de renda e alimentação para milhões de pessoas. Para seu adequado desenvolvimento, o nitrogênio (N) é um dos principais nutrientes requeridos pela cultura do trigo e deve ser suplementado via adubação. A ureia é a principal fonte nitrogenada fornecida às culturas, e é tradicionalmente aplicada em cobertura no solo na pós emergência do trigo. Além disso, existem evidências de que a incorporação de ureia no solo pode diminuir as perdas de volatilização e lixiviação de N no ambiente. Ainda, o excesso de adubação nitrogenada estimula o desenvolvimento vegetativo das plantas, podendo ocasionar o acamamento do trigo, o que dificulta a colheita e interfere negativamente na produtividade e qualidade dos grãos. Nesse sentido, uma alternativa para restringir o crescimento demasiado das plantas é o uso de reguladores de crescimento vegetais. Estes produtos atuam nos hormônios promotores de crescimento, visando aperfeiçoar e potencializar o desempenho da cultura em suas fases iniciais de desenvolvimento, permitindo maior aporte de nitrogênio e aumento de produtividade. Com o objetivo de avaliar a influência do regulador de crescimento sobre os caracteres agrônômicos da cultura do trigo e componentes de rendimento, quando submetida a diferentes formas e doses de aplicação de nitrogênio instalou-se um experimento na área agrícola do Instituto Federal do Rio Grande do Sul-Campus Ibirubá no ano agrícola de 2022. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema trifatorial 4x3x2 (doses, formas de aplicação de N e uso ou não de regulador de crescimento, respectivamente), com 4 repetições. Foram realizadas 3 formas de aplicações de N: totalmente incorporado na semeadura; em apenas uma aplicação em cobertura; e duas aplicações fracionadas em cobertura. As doses de N utilizadas foram, em kg ha<sup>-1</sup>: 0 (testemunha), 45, 67,5 e 90 na fonte de ureia protegida. Foi testado o efeito do regulador de crescimento de nome comercial Moddus<sup>®</sup> (Trinexapac-ethyl) na dose de 100 g i.a/ha. A cultivar avaliada foi a TBIO Ponteiro, sendo realizadas avaliações de estande de plantas, diâmetro do colmo, comprimento do primeiro entrenó, altura de plantas, acamamento, número de perfilhos produtivos por planta, número de espigas por metro quadrado, número de grãos por espiga, massa de mil grãos, peso hectolitro, teor de proteína e produtividade de grãos. O uso do regulador de crescimento ocasionou redução da estatura de plantas e, conseqüentemente, menor índice de acamamento. O estande de plantas, comprimento do primeiro entrenó e o número de perfilhos produtivos por planta não sofreram interferência dos tratamentos utilizados. O uso de regulador de crescimento promoveu efeito positivo para o número de espigas por m<sup>2</sup>, com aumento de 3,5% em relação à testemunha. Em contrapartida, o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos foram superiores quando não se fez uso de Trinexapac-ethyl, não influenciando a produtividade de grãos. A forma de aplicação de N incorporada não diferiu das demais

aplicações superficiais para a maioria das características analisadas. A maioria dos caracteres agronômicos avaliados foram favorecidos pelas doses mais elevadas de nitrogênio.

**Palavras-chave:** Fertilização nitrogenada, incorporação de N, Trinexapac-ethyl, Acamamento

## ABSTRACT

Completion of course work

Agronomy Course

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá

### **INFLUENCE OF THE GROWTH REGULATOR IN THE WHEAT CULTURE (*Triticum aestivum* L.) SUBMITTED TO DIFFERENT FORMS AND DOSES OF NITROGEN APPLICATION**

AUTHOR: CRISTIANO TONET

ADVISOR: BRUNA DALCIN PIMENTA

Ibirubá/RS, July 03, 2023

Wheat (*Triticum aestivum* L.) belongs to the poaceae botanical family and has considerable representation worldwide, since it is an important source of income and food for millions of people. For its proper development, nitrogen is one of the main nutrients required by the wheat crop and must be supplemented via fertilization. Urea is the main nitrogen source supplied to crops, and is traditionally applied as a soil cover. In addition, there is evidence that the incorporation of urea in the soil can reduce volatilization and nitrogen leaching losses in the environment. The excess of nitrogen in the fertilization stimulates the vegetative development of the plants, which can cause wheat lodging, that makes harvesting difficult and interferes negatively the productivity and quality of the grains. In this sense, an alternative to restrict excessive plant growth is the use of plant growth regulator. These products act on growth-promoting hormones, aiming to improve and potentiate the performance of the crop in its early stages of development, allowing for greater input of nitrogen and increased productivity. With the aim of evaluating the influence of the growth regulator on the agronomic traits of the wheat crop and yield components, when subjected to different forms and doses of nitrogen application, an experiment was developed in the agricultural area of the Federal Institute of Rio Grande do Sul. Sul - Campus Ibirubá in 2022. The experimental design was randomized blocks, in a three-factor 4x3x2 scheme (doses, forms of nitrogen application and use or not of growth regulator, respectively), with 4 replications. There were three forms of N applications: totally incorporated at sowing; just in one coverage application; and two fractional coverage applications. The nitrogen doses used were, in  $\text{kg ha}^{-1}$ : 0 (control), 45, 67.5 and 90 in the protected urea source. The effect of the Moddus® growth regulator (Trinexapac-ethyl) was tested at a dose of 100 g i.a/ha. The evaluated cultivar was TBIO Ponteiro, with assessments of plant stand, stem diameter, length of the first internode, plant height, lodging, number of productive tillers per plant, number of ears per square meter, number of grains per ear, thousand grain mass, hectoliter weight, protein content and grain yield. The use of the growth regulator caused a reduction in plant height and, consequently, a lower lodging index. The plant stand, length of the first internode and the number of productive tillers per plant were not affected by the treatments used. The use of growth regulator promoted a positive effect on the number of ears per  $\text{m}^2$ , with an increase of 3.5% in relation to the control. On the other hand, the number of grains per ear and the thousand grains mass were higher when Trinexapac-ethyl was not used, not influencing grain yield. The form of incorporated nitrogen application did not differ from the other surface applications for most of the characteristics analyzed. Most of the evaluated agronomic traits were favored by higher nitrogen doses.

**Keywords:** Nitrogen fertilization, Nitrogen incorporation, Trinexapac-ethyl, Lodging

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Representação dos estádios fenológicos do trigo, conforme a escala de Feekes (1940), modificada por Large (1954).....	14
<b>Figura 2</b> - Representação dos estádios fenológicos do trigo, conforme a escala de Zadoks <i>et al.</i> (1974).....	15
<b>Figura 3</b> - Descrição detalhada dos estádios fenológicos da cultura do trigo segundo a escala de Zadoks <i>et al.</i> (1974).....	15
<b>Figura 4</b> - Área experimental para condução do experimento.....	26
<b>Figura 5</b> - Dados meteorológicos de precipitação e temperatura média, do período de 10 de junho a 10 de novembro de 2022, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	40
<b>Figura 6</b> - Gráfico do efeito de diferentes doses de nitrogênio e do uso de regulador de crescimento sobre a estatura de plantas de trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	46
<b>Figura 7</b> - Gráfico do efeito de diferentes doses de nitrogênio e do uso de regulador de crescimento sobre o acamamento de plantas de trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	49
<b>Figura 8</b> - Gráfico do efeito de diferentes doses de nitrogênio sobre o teor de proteína de grãos de trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	59



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Produtos fitossanitários utilizados no manejo de pré-semeadura da cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	28
<b>Tabela 2</b> - Herbicidas pré e pós-emergentes aplicados após a semeadura da cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	30
<b>Tabela 3</b> - Produtos fitossanitários utilizados para controle de plantas daninhas e insetos vinte dias após a emergência de plântulas, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	31
<b>Tabela 4</b> - Fungicidas e inseticidas utilizados na primeira aplicação na cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	32
<b>Tabela 5</b> - Regulador de crescimento aplicado na cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	33
<b>Tabela 6</b> - Fungicidas e inseticidas utilizados na segunda aplicação na cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	33
<b>Tabela 7</b> - Fungicidas e inseticidas utilizados na terceira aplicação na cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	34
<b>Tabela 8</b> - Fungicidas e inseticidas utilizados na quarta aplicação na cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	34
<b>Tabela 9</b> - Número de plantas por metro quadrado, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	41
<b>Tabela 10</b> - Diâmetro do colmo de plantas de trigo, em milímetros, em função da interação entre uso de regulador de crescimento e formas de aplicação de nitrogênio, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	43
<b>Tabela 11</b> - Comprimento do 1º entrenó de plantas de trigo, em centímetro, mediante ao uso de regulador de crescimento sob diferentes formas de aplicação e doses de nitrogênio, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	45
<b>Tabela 12</b> - Estatura de plantas de trigo em função do uso de regulador de crescimento, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	46
<b>Tabela 13</b> - Índice de acamamento na cultura do trigo em função da interação uso de regulador de crescimento e formas de aplicação de nitrogênio, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	48
<b>Tabela 14</b> - Número de perfilhos produtivos por planta de trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	51
<b>Tabela 15</b> - Efeito das formas de aplicação de nitrogênio, do uso do regulador de crescimento e doses de N sobre o número de espigas por metro quadrado para a cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	52
<b>Tabela 16</b> - Efeito de formas de aplicação e doses de nitrogênio e uso de regulador de crescimento sobre o número de grãos por espiga para a cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	54

<b>Tabela 17</b> - Efeito de formas de aplicação de nitrogênio e do uso de regulador de crescimento sobre a massa de mil grãos, em gramas, para a cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	56
<b>Tabela 18</b> - Efeito de doses de nitrogênio no peso hectolitro para a cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	58
<b>Tabela 19</b> - Efeito de formas de aplicação N sobre o teor de proteína em grãos trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	59
<b>Tabela 20</b> - Efeito de formas de aplicação e doses de nitrogênio e do uso de regulador de crescimento sobre a produtividade da cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.....	61

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
2.1 A CULTURA DO TRIGO .....	12
2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA A CULTURA DO TRIGO .....	17
2.3 FORMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO .....	19
2.4 ACAMAMENTO .....	20
2.5 REGULADOR DE CRESCIMENTO .....	22
<b>2.5.1 Trinexapac-ethyl.....</b>	<b>23</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	26
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	27
3.3 MANEJOS PRÉ-SEMEADURA .....	28
3.4 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	29
3.5 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	30
3.6 COLHEITA .....	34
3.7 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS AVALIADAS .....	35
<b>3.7.1 Estande de plantas.....</b>	<b>35</b>
<b>3.7.2 Diâmetro do colmo .....</b>	<b>35</b>
<b>3.7.3 Comprimento do primeiro entrenó .....</b>	<b>35</b>
<b>3.7.4 Estatura de plantas .....</b>	<b>36</b>
<b>3.7.5 Índice de acamamento .....</b>	<b>36</b>
<b>3.7.6 Número de perfilhos produtivos por planta .....</b>	<b>36</b>
<b>3.7.7 Número de espigas por metro quadrado.....</b>	<b>36</b>
<b>3.7.8 Número de grãos por espiga.....</b>	<b>37</b>
<b>3.7.9 Massa de mil grãos .....</b>	<b>37</b>
<b>3.7.10 Peso hectolitro.....</b>	<b>37</b>

<b>3.7.11 Teor de proteína</b> .....	<b>38</b>
<b>3.7.12 Produtividade de grãos</b> .....	<b>38</b>
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS .....	38
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
4.1 ESTANDE DE PLANTAS .....	40
4.2 DIÂMETRO DE COLMO .....	42
4.3 COMPRIMENTO DO PRIMEIRO ENTRENÓ .....	44
4.4 ESTATURA DE PLANTAS .....	45
4.5 ÍNDICE DE ACAMAMENTO .....	47
4.6 NÚMERO DE PERFILHOS PRODUTIVOS POR PLANTA.....	50
4.7 NÚMERO DE ESPIGAS POR METRO QUADRADO .....	52
4.8 NÚMERO DE GRÃOS POR ESPIGA .....	53
4.9 MASSA DE MIL GRÃOS .....	55
4.10 PESO HECTOLITRO.....	57
4.11 TEOR DE PROTEÍNA .....	58
4.12 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS .....	60
4.13 RECOMENDAÇÕES E SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	62
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>64</b>
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>
<b>APÊNDICE A - LAUDO DE ANÁLISE QUÍMICA</b> .....	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) pertence à família botânica Poaceae e é uma espécie de grande importância mundial, pois é a matéria prima para alimentação humana e animal (GASPARETO, 2022). A produção nacional de trigo no ano de 2021 atingiu a marca de 7,6 milhões de toneladas, sendo a região Sul a principal produtora e o estado do Rio Grande do Sul representando 36% da produção nacional (CONAB, 2022). No ano de 2022 houve um aumento na produção de trigo no Brasil, produzindo-se 10.554 mil toneladas de trigo. O Rio Grande do Sul foi responsável por aproximadamente 54% deste valor, produzindo 5.732 mil toneladas de trigo e com a maior produtividade média dos três estados da Região Sul (CONAB, 2023).

A utilização de cultivares de trigo de alto potencial produtivo de grãos e a adubação nitrogenada são essenciais para a obtenção de altas produtividades, porém esta última requer cuidados em seu manuseio tanto no que concerne à época de aplicação quanto às doses aplicadas. Além disso, podem trazer prejuízo ao ambiente, em função da lixiviação de nitrato para lençóis de água e prejuízo para o produtor com gasto desnecessário com a compra do adubo nitrogenado (TEIXEIRA FILHO, 2008).

É possível verificar que o nitrogênio apresenta grande complexidade de ação no ambiente, sendo facilmente lixiviado em anos chuvosos e volatilizado em anos secos, aumentando os custos de produção e gerando poluição ambiental (MAMANN *et al.*, 2017). Por isso, existem evidências de que a incorporação de N em relação à aplicação superficial consiste na melhor estratégia para minimizar as perdas de N por volatilização, sendo uma potencial alternativa para mitigar os problemas ambientais das perdas de N no ambiente (CANTARELLA, 2007).

Dentre os aspectos básicos de busca por produção e qualidade de grãos de trigo, o manejo adequado do nitrogênio tem grande relevância, pois o conteúdo desse elemento na planta determinará seu potencial de desenvolvimento até o final de acúmulo proteico (GOMES JÚNIOR *et al.*, 2005). Todavia, uma das limitações da fertilização nitrogenada é o crescimento vegetativo excessivo, que pode resultar em acamamento de plantas e reduções de produtividade e de qualidade de grãos (PELTONEN, 1992; PENCKOWSKI *et al.*, 2009).

O acamamento pode ser definido como um estado permanente de modificação da posição do colmo em relação à posição original, o que resulta em plantas recurvadas e até

mesmo na quebra de colmos (GOMES *et al.*, 2010).

Uma das formas de evitar o acamamento das plantas pelo uso de fertilizantes nitrogenados é através do uso de reguladores de crescimento, que podem ser definidos, segundo Taiz e Zeiger (2017), como substâncias não sintetizadas pelas plantas que influenciam seu crescimento. Os resultados de regulação de crescimento de plantas apresentam-se cada vez mais promissores, na redução de estatura, na mitigação ou no estímulo de senescência de folhas, como também, no uso para maturação de frutos (SCUDELER *et al.*, 2004; ZANQUETA *et al.*, 2004; PEDERSEN *et al.*, 2006).

Tem-se sucesso com o uso de regulador de crescimento, sendo essa uma prática difundida, na qual é utilizado o Trinexapac-ethyl e esse tem-se mostrado efetivo na redução da estatura das plantas de cereais de inverno, evitando o acamamento (MAROLLI *et al.*, 2018; COSTA *et al.*, 2018). Zagonel e Fernandes (2007) afirmam que a principal finalidade dos regulador de crescimento é reduzir a estatura de plantas e possibilitar maior aporte de nitrogênio, propiciando, conseqüentemente, maior expectativa de rendimento, quando esse nutriente for limitante, sem aumentar os níveis de acamamento (HECKMAN *et al.*, 2002).

Encontram-se, na literatura, alguns trabalhos que relacionam diferentes fontes de nitrogênio associados a diferentes doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento na cultura do trigo. Contudo, não foram encontrados materiais que relacionem diferentes doses e formas de aplicação de nitrogênio submetidos ao uso de regulador de crescimento.

A utilização de ureia incorporada é encontrada em algumas produções científicas para culturas como o milho, não sendo observado materiais que tratam desta técnica na cultura do trigo na região do Alto Jacuí. Na região do planalto do Rio Grande do Sul, alguns produtores estão utilizando essa operação antes da semeadura do trigo, observando resultados positivos, porém, sem embasamento técnico científico.

Observam-se na literatura divergências nas publicações que tratam sobre o uso de regulador de crescimento na cultura do trigo. Alguns trabalhos como de Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009) e Cauduro *et al.* (2018) destacam melhorias na qualidade dos grãos, com incremento na produtividade. Entretanto, outros como Costa *et al.* (2018), Cappellari (2011) e Hilgemberg (2010) demonstram efeito positivo somente sobre a morfologia e porte das plantas de trigo.

A escolha das doses e das formas de aplicação de nitrogênio, bem como o regulador de crescimento foram feitas com intuito de representar o manejo de lavouras comerciais realizado na região do Alto Jacuí, associando com a recomendação técnica agrônômica. Desta

forma, este trabalho se justifica pela existência de lacunas de informações relacionadas a esse tema, bem como a demanda externa por resultados dos produtores da região.

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo avaliar a influência sobre o desenvolvimento vegetativo e nos componentes de produtividade na cultura do trigo do uso do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl e seu desempenho quando submetido a diferentes formas de aplicação e doses de nitrogênio.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é largamente utilizado na cultura econômica de diversos países produtores de commodities. Atualmente, é conhecido por pertencer à família Poaceae, possuindo evidências que indicam que sua origem se deu nas gramíneas silvestres da Mesopotâmia (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015). No Brasil, o trigo chegou em 1534 trazido por Martim Afonso de Souza, o qual desembarcou na capitania de São Vicente (ABITRIGO, 2018).

Tomasini *et al.* (1998) afirma que através de incentivos governamentais feito pelo então presidente Getúlio Vargas na década de 1930, incentivou-se a produção da cultura do trigo. Este fato constituiu-se um marco de rompimento com o tradicional sistema de criação extensiva de bovino de corte modificando os objetivos produtivos, incentivando a produção do cereal, apesar das instabilidades do clima. Assim, o trigo deu início a uma fase de desenvolvimento econômico, na região do Planalto do Rio Grande do Sul e no sul e noroeste do Paraná, expandindo as áreas de cultivo.

A produção nacional de trigo no ano de 2021 atingiu a marca de 7,6 milhões de toneladas, sendo a região Sul a principal produtora e o estado do Rio Grande do Sul representando 36% da produção nacional (CONAB, 2022). No ano de 2022, conforme relatório da CONAB (2023), houve um aumento significativo de 23,7% na produção comparada a safra 2021, atingindo a marca de 10.554 mil toneladas.

Nacionalmente a produção de cereais consegue prover em grande parte o consumo no país. Contudo, para o caso do trigo, o Brasil ainda é considerado um dos principais importadores mundiais, pois a produção interna supre apenas metade do que é consumido e utilizado no país. Para suprir o consumo nacional, o Brasil importa grande parte do trigo da Argentina (mais de 80% do volume importado), mas também de outros países, como Uruguai (6%) e Paraguai (5%), movimentando o mercado econômico sul-americano de maneira relevante. Com isso, deve-se fomentar uma maior produção de trigo no País (KLEIN, 2018; CONAB, 2022).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2019) afirmou que a previsão de produção de trigo para o ano de 2028/29 será de 7,2 milhões de toneladas. No entanto, a



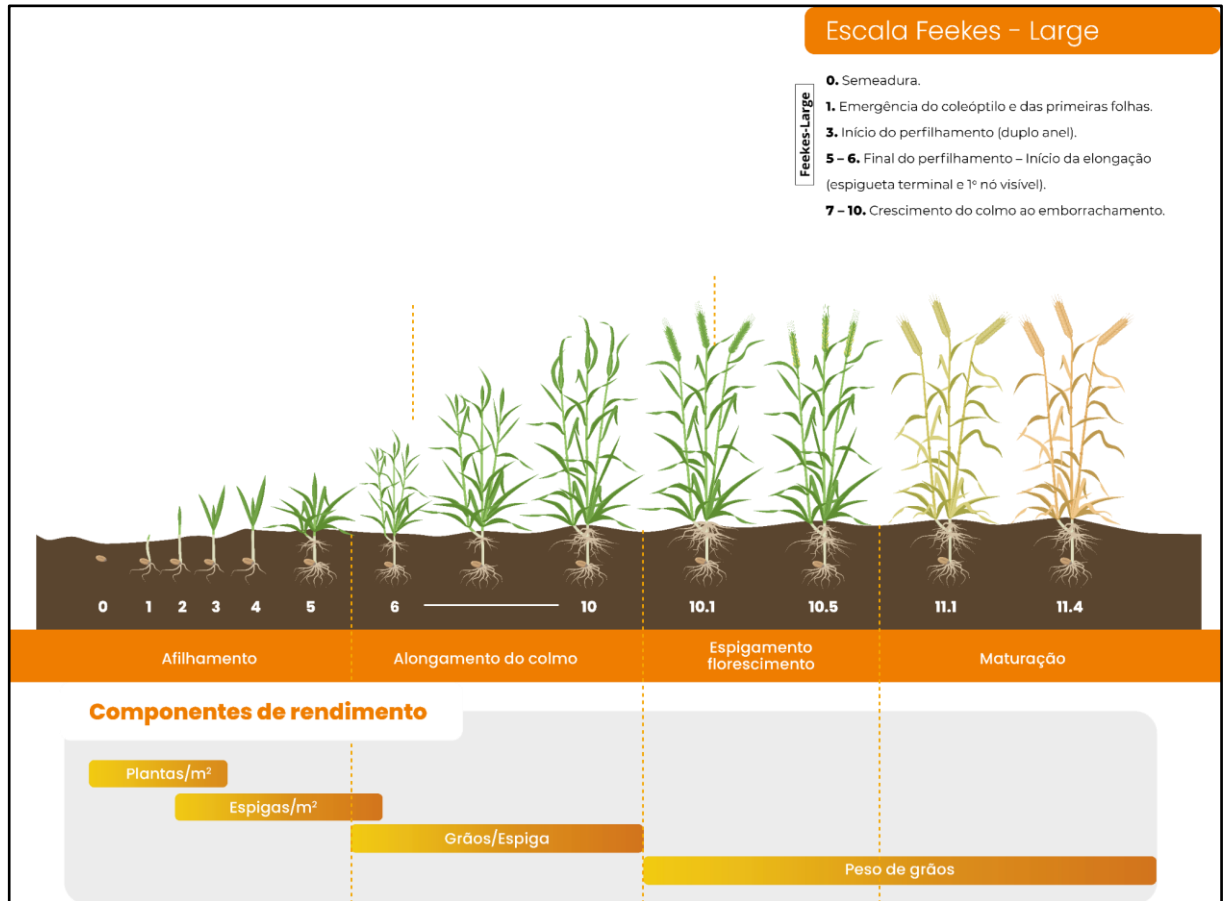
previsão para esse mesmo período no que se refere ao consumo interno será de 14,3 milhões de toneladas. Assim, estima-se que seja necessário importar uma grande quantidade do grão. Com isso, o Brasil continuará sendo um dos maiores importadores mundiais mesmo com potencial produtivo podendo chegar a mais de 3 toneladas por hectare (GASPARETO, 2022).

O cultivo intensivo de trigo teve um grande aumento na produção nacional da cultura, através de tecnologias de cultivo, como a resposta no rendimento quando acrescida com uma adubação de mais intensidade na cultura do trigo (FOURAR-BELAIFA *et al.*, 2011). O cultivo da cultura do trigo representa uma alternativa para safras no período de inverno, se destacando na região sul do país, onde proporciona um sistema agrícola com melhor sustentabilidade, beneficiando aplicações de insumos, entre outros aspectos da produção (TEDESCO *et al.*, 2004; PIRES *et al.*, 2016).

De acordo com Scheeren *et al.* (2015), o ciclo de desenvolvimento do trigo pode ser dividido em: plântula, afilhamento, alongamento, emborrachamento, espigamento, florescimento, grão em estado leitoso, grão em massa, grão em maturação fisiológica e grão maduro. Dessa forma, o conhecimento dos estádios de desenvolvimento das culturas é de grande importância, uma vez que permite definir de modo preciso as épocas ideais dos tratamentos culturais. Serão apresentadas duas escalas fenológicas utilizadas para a cultura do trigo, pois este detalhamento servirá para embasar de forma mais completa os possíveis usos de produtos que dependem exclusivamente do estágio fenológico.

A escala descrita por Feekes em 1940 e modificada por Large (1954) ainda é a mais utilizada na prática e no dia a dia de técnicos em campo, uma vez que especifica o estágio (fases de desenvolvimento) do trigo, de forma mais ampla e direta, conforme demonstrado na Figura 1.

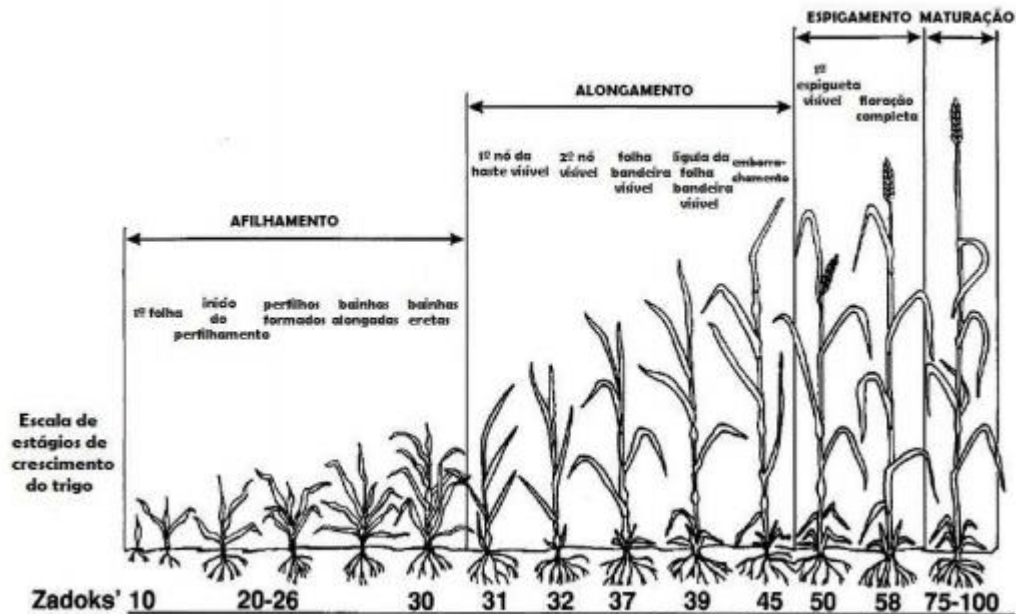
**Figura 1** - Representação dos estádios fenológicos do trigo, conforme a escala de Feekes (1940), modificada por Large (1954).



Fonte: BIOTRIGO GENÉTICA, 2023.

Por outro lado, Scheeren, Castro e Caierão (2015) afirmam que a escala de Zadoks *et al.* (1974) proporciona uma visão mais detalhada de cada estágio, pois está dividida em 10 etapas e, cada uma, em 10 sub etapas. Por isso, pelo seu detalhamento, é a mais indicada para trabalhos que exigem maior precisão, principalmente em pesquisas acadêmicas, como Rodrigues *et al.* (2006) e Stefen *et al.* (2014). A representação gráfica da escala de Zadoks *et al.* (1974) pode ser visualizada na Figura 2.

**Figura 2** - Representação dos estádios fenológicos do trigo, conforme a escala de Zadoks *et al.* (1974).



Fonte: Adaptado de Basden *et al.* (2022)

Na Figura 3 é apresentada, de forma detalhada, os estádios de desenvolvimento do trigo, segundo a escala de Zadoks *et al.* (1974).

**Figura 3** - Descrição detalhada dos estádios fenológicos da cultura do trigo segundo a escala de Zadoks *et al.* (1974).

Escala decimal de Zadoks			
0	Germinação	1	Crescimento da plântula
00	Semente seca	10	1ª folha fora do coleótilo
01	Início da embebição (absorção de água)	11	1ª folha desenrolada
02	-	12	2ª folha desenrolada
03	Embebição completa	13	3ª folha desenrolada
04	-	14	4ª folha desenrolada
05	Radícula (raiz) emergiu da cariopse (semente)	15	5ª folha desenrolada
06	-	16	6ª folha desenrolada
07	Coleótilo	17	7ª folha desenrolada
08	-	18	8ª folha desenrolada
09	Primeira folha visível	19	9ª folha desenrolada

2	Afilhamento	3	Alongamento do colmo
20	Apenas afilho principal	30	Pseudocaule (bainha das folhas)
21	Afilho principal mais 1 afilho	31	1º nó detectável
22	Afilho principal mais 2 afilhos	32	2º nó detectável
23	Afilho principal mais 3 afilhos	33	3º nó detectável
24	Afilho principal mais 4 afilhos	34	4º nó detectável
25	Afilho principal mais 5 afilhos	35	5º nó detectável
26	Afilho principal mais 6 afilhos	36	6º nó detectável
27	Afilho principal mais 7 afilhos	37	Folha bandeira visível
28	Afilho principal mais 8 afilhos	38	-
29	Afilho principal mais 8 ou mais afilhos	39	Lígula da folha bandeira visível
4	Emborrachamento	5	Espigamento
40	-	50	-
41	Bainha da folha bandeira estendendo-se	51	Primeiras espiguetas da espiga visíveis
42	-	52	-
43	Início do emborrachamento	53	1/4 da espiga visível
44	-	54	-
45	Emborrachamento	55	1/2 da espiga visível
46	-	56	-
47	Abertura da bainha da folha bandeira	57	3/4 da espiga visível
48	-	58	-
49	Primeiras aristas visíveis	59	Surgimento da espiga
6	Florescimento	7	Grão leitoso
60	-	70	-
61	Início do florescimento	71	Grão com água
62	-	72	-
63	-	73	Grão pouco leite
64	-	74	-
65	Metade do florescimento	75	Grão médio leite
66	-	76	-
67	-	77	Grão muito leite
68	-	78	-
69	Florescimento completo	79	-
8	Grão Pastoso	9	Maturação
80	-	90	-
81	-	91	Cariopse dura (difícil de dividir)
82	-	92	Cariopse rígida (não se consegue dividir)
83	Grão massa mole	93	Cariopse murchando
84	-	94	Mais madura palha seca
85	Grão massa média	95	Semente dormente
86	-	96	Germinação 50% viável
87	Grão massa dura	97	Sementes não dormentes
88	-	98	Dormência secundária induzida
89	-	99	Dormência secundária perdida

Fonte: Zadoks et al. (1974)

## 2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA A CULTURA DO TRIGO

Dentre os custos associados à produção de trigo, os fertilizantes utilizados durante o ciclo da cultura, representam em média, 25% do valor total, constituído principalmente pela adubação nitrogenada (CONAB, 2016). O manejo da adubação nitrogenada faz-se necessário em virtude dos solos, em geral, não suprirem a quantidade de nitrogênio (N) necessária para atender a demanda nos diversos estágios de desenvolvimento da planta (LOBO *et al.*, 2018).

A disponibilidade de N é um fator determinante no potencial rendimento da cultura de trigo visto que possui papel fundamental na síntese de proteínas, clorofila, coenzimas, fito hormônios, ácidos nucleicos e metabólitos secundários (MARSCHNER, 2012), além disso é o nutriente encontrado em maior concentração nos tecidos vegetativos e nos grãos (BONA *et al.*, 2016). Dessa forma, o nitrogênio é o elemento mineral que as plantas requerem em maiores quantidades, indispensável para a realização de todas as funções fisiológicas na planta em razão de ser constituinte de muitos componentes celulares vegetais, incluindo clorofila, aminoácidos, proteínas, coenzimas e ácidos nucleicos (TAIZ *et al.*, 2017).

A disponibilização de nitrogênio em doses adequadas pode elevar a eficiência no desenvolvimento da cultura do trigo, elevando a produtividade dos grãos por meio de mudanças favoráveis nos componentes de produção. Porém, o uso de doses de fertilizantes nitrogenados em excesso ou quantidades insuficientes associada a épocas de aplicação incorretas podem ocasionar reflexos negativos no metabolismo da planta diminuindo a qualidade tecnológica de grãos e fisiológicas das sementes (SANGOI *et al.*, 2007; PRANDO *et al.*, 2013). De modo geral, o N é absorvido pelas raízes das plantas, em sua maioria, nas formas de amônio e nitrato, e em menores quantidades na forma de N<sub>2</sub>, ureia e aminoácidos solúveis em água (MALAVOLTA, 2006).

O N é requerido conforme o estágio de desenvolvimento da cultura. Geralmente, a demanda de N pelas plantas é crescente, ao longo do estágio vegetativo até o reprodutivo, onde após atingir o ápice ocorre posterior declive, na fase de enchimento de grãos até a maturação fisiológica (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2001). Além disso, a disponibilidade de N está relacionada com a capacidade de maior perfilhamento e maior altura de plantas, o que conseqüentemente gera uma maior área foliar para absorção da radiação solar,

promovendo aumento no número de espiguetas e espigas resultando em um acréscimo no rendimento de grãos (FORNASIERI FILHO, 2008).

Demari *et al.* (2016) relatam que o manejo de adubação nitrogenada altera as características morfológicas e os componentes de rendimento na cultura do trigo. A deficiência deste nutriente provoca redução no crescimento e clorose, sobretudo, nas folhas mais velhas próximas à base da planta acarretando em perda de área foliar fotossinteticamente ativa e menor absorção de radiação solar (TAIZ *et al.*, 2017).

Para alcance de uma maior eficiência dos fertilizantes, alguns artifícios e tecnologias são utilizados na agricultura, como por exemplo a administração da forma de liberação dos mesmos no solo e arranjos que afetem diretamente na maximização de absorção (HAROLD, 2016). A utilização de ureia revestida com polímeros ou gel, também conhecida como fertilizante de liberação lenta ou controlada tem se mostrado uma alternativa viável para maximizar os ganhos através da adubação nitrogenada (CANTARELLA, 2007). Dessa forma, estes fertilizantes são revestidos, recobertos e/ou encapsulados com polímeros e inibidores, liberando, gradativamente, o N ao solo (VALDERRAMA *et al.*, 2009; MAGALHÃES 2009).

Ocorre que nos fertilizantes revestidos, além de se evitar a perda dos nutrientes por lixiviação, sua liberação pode ser ajustada ao momento mais próximo possível da absorção da cultura (HAROLD, 2016). Por este motivo, neste trabalho a fonte de nitrogênio utilizada será a ureia protegida, tendo em vista suas vantagens.

### 2.3 FORMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO

A utilização de altas doses de fertilizantes nitrogenados elevam os custos de produção tornando a cultura economicamente inviável, além de representar um risco sob o ponto de vista ambiental, pelo potencial de lixiviação de nitrato para os lençóis freáticos (SANGOI *et al.*, 2007). Tradicionalmente, as culturas anuais recebem, na semeadura, apenas uma fração da dose total do N de que necessitam, e o restante é aplicado, em cobertura, nas entrelinhas, nos períodos de maior exigência. Isto ocorre em razão de três fatores: baixa exigência inicial, possibilidade de perdas por lixiviação e elevado índice salino dos fertilizantes nitrogenados (TEIXEIRA FILHO *et al.*, 2010).

De acordo com o Manual de Calagem e Adubação para os Estados do RS e SC (SBCS, 2016), a recomendação de aplicação de N possui manejos que podem variar conforme a situação. Deve-se aplicar de 15 a 20 kg de N ha<sup>-1</sup> na linha de semeadura e o restante deverá ser aplicado a lanço como cobertura, entre os estádios de perfilhamento e alongamento do colmo, que correspondem a aproximadamente 30 a 45 dias após a emergência. Nas situações em que as doses forem muito elevadas, deve-se parcelar a adubação em duas aplicações no início dos estádios de perfilhamento e de alongamento, sendo denominadas de aplicações total e fracionada.

Mikoanski (2017) constatou que o fornecimento do N em cobertura além de elevar o rendimento, melhora a qualidade dos grãos, demonstrando assim a necessidade da aplicação do N para se melhorar a produção. Aliado a isto, Martin *et al.* (2021) em estudo avaliando os componentes de produtividade e características de crescimento e desenvolvimento da planta de trigo verificaram que a utilização de 45 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio no início do perfilhamento e no perfilhamento pleno, mais 10 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na antese incrementou a massa de plantas, massa de hectolitro e produtividade de grãos do trigo.

No entanto, um dos principais problemas observados com a adubação nitrogenada em cobertura se deve pelas elevadas perdas deste elemento para o ambiente, diminuindo a eficiência de utilização do N pelas culturas. A volatilização é a perda de nitrogênio na forma de amônia (NH<sub>3</sub>), que pode levar a uma baixa eficiência de utilização de fertilizantes nitrogenados (VIEIRA, 2017).

Como o uso da ureia na agricultura vem aumentando, estratégias para melhorar a sua eficiência, especialmente em áreas sob o sistema de plantio direto, estão sendo testadas (CIVARDI *et al.*, 2011). Dessa forma, as perdas de N por volatilização de NH<sub>3</sub> podem ser

controladas ou significativamente reduzidas se a ureia for incorporada ao solo, tanto por meios mecânicos como pela água de chuva ou de irrigação (CANTARELLA, 2007). Sendo assim, a difusão da ureia para o interior do solo reduz tais perdas pois a amônia reagirá com íons  $H^+$  presentes nos solos tipicamente ácidos, formando o amônio ( $NH_4^+$ ) que será nitrificado ou adsorvido pela CTC (SANGOI, *et al.*, 2003; CANTARELLA, 2007).

Há ampla repercussão na literatura sobre a incorporação de nitrogênio na cultura do milho, não havendo estudos sobre esta prática na cultura do trigo na região do Alto Jacuí. Pöttker e Wiethölter (2004) verificaram, na média de cinco anos de avaliação, que a incorporação do N ao solo aumentou o rendimento do milho em cerca de 5%, em relação à sua aplicação em cobertura sem incorporação, para as condições do Rio Grande do Sul. No entanto, não são encontrados estudos a respeito da incorporação do nitrogênio na cultura do trigo na região do Alto Jacuí.

#### 2.4 ACAMAMENTO

O termo acamamento de plantas refere-se a curvatura do caule em direção ao solo, na qual as plantas perdem sua posição vertical (CRUZ, 2002). Este fenômeno é causado pela massa de água acumulada nas espigas maduras, ventos, baixa resistência do colmo, entre outros fatores. Em cereais e outras culturas anuais graníferas, além de prejudicar o rendimento e a qualidade dos grãos, o acamamento dificulta a colheita mecanizada do grão (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Segundo Cruz (2002), quando os colmos apenas se inclinam, e não se dobram, o grão não sofre prejuízo, possibilitando o processo regular de amadurecimento. Entretanto, se os colmos dobram e quebram, ocorre ruptura dos tecidos e interrupção no movimento da seiva que não mais pode chegar à espiga, fazendo com que o trigo não conclua seu amadurecimento. As consequências são prejuízos, não só na qualidade, mas também na produtividade de grãos. Na colheita, as plantas acamadas não são recolhidas e as espigas de plantas acamadas permanecem no campo.

Berry *et al.* (2003) afirma que o acamamento ocorre predominantemente no período de dois meses antecedentes à colheita devido a interação de fatores como planta, vento, chuva e solo. Este autor ainda comenta que no trigo, o acamamento pode ocorrer por dois



mecanismos principais: pelo deslocamento da raiz dentro do solo ou pelo tombamento do caule, dependendo das circunstâncias particulares de cada cultivo.

Cunha *et al.* (2009) afirma que o trigo, a exemplo de outros cereais de inverno, também está sujeito ao acamamento causado por ventos intensos, maiores que  $40 \text{ km h}^{-1}$ , cujo dano é mais severo quando ocorre a partir da fase de floração.

Nas condições climáticas do Sul do Brasil, o acamamento é um dos fatores que pode limitar a produção de grãos de trigo de modo expressivo (CARVALHO, 1982), dependendo da intensidade e do estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre. O acamamento pode ser decorrente de alta competição por luz em função da elevada densidade de plantas, desbalanço de nutrientes através da suplementação excessiva de N, decréscimo da fotossíntese e redução na assimilação e translocação de carboidratos e minerais nas plantas. Estes fatores ainda podem contribuir para o aumento na intensidade de doenças (RODRIGUES *et al.*, 2003).

No período de maturidade fisiológica, as plantas de trigo acamadas acabam se tornando mais suscetíveis a doenças e germinação dos grãos da espiga. Além disso, a colheita é prejudicada, pois as espigas prostradas não são alcançadas pela barra de corte das colhedoras, resultando em perdas de colheita e conseqüentemente de produtividade. Ademais, a qualidade dos grãos colhidos diminui, acarretando em descontos no momento de entrega do produto às cerealistas, bem como a redução no valor de comercialização do trigo (RODRIGUES *et al.*, 2003; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Mesmo em um cultivo no qual se utiliza um cultivar de porte baixo, pode haver prejuízo com acamamento caso a cultura receba excessivas doses de nitrogênio ou a densidade de semeadura for elevada. Nestes casos, devido à necessidade de luz, as plantas aumentam a estatura e acamam (CRUZ, *et al.*, 2001).

Práticas de manejo como o arranjo de plantas, cultivares de porte baixo, adubação nitrogenada equilibrada e a aplicação de reguladores de crescimento podem influenciar o desenvolvimento da cultura, servindo como forma alternativa para se controlar ou minimizar as perdas por acamamento (MOTTER, 2007; FERNANDES, 2009). O uso de reguladores de crescimento no trigo visa reduzir o crescimento das plantas, podendo ainda atuar na regulação do nível de espessamento dos tecidos da base da mesma (RODRIGUES *et al.*, 2003).

## 2.5 REGULADOR DE CRESCIMENTO

Redutor de crescimento é a denominação utilizada, principalmente pela indústria agroquímica, para se referir a reguladores sintéticos de crescimento de plantas, aplicados exógenamente (DAVIES, 2007). Esses compostos sintéticos, quando utilizados, podem reduzir o crescimento longitudinal indesejável da parte aérea das plantas, sem diminuição da produtividade de grãos (RADEMACHER, 2000; RAJALA, 2003).

Davies (2007) afirma que os hormônios das plantas, ou fitormônios, são substâncias orgânicas, produzidas naturalmente pelas plantas, que influenciam os processos fisiológicos em baixas concentrações. Segundo este autor os processos influenciados consistem principalmente de crescimento, diferenciação e desenvolvimento, embora outros processos, como o movimento do estômato, também possam ser afetados.

Conforme Subrinho *et al.* (2020), quando bem equilibrados os hormônios podem ser utilizados como opção tecnológica para aumentar a produção das pastagens. Pelissari *et al.* (2012) afirmam ainda que o uso de hormônios reguladores de crescimento, buscam potencializar e aperfeiçoar o desenvolvimento das plantas na sua fase inicial.

Almeida *et al.* (2015) apontam cinco classes de hormônios vegetais como as de maior destaque: as auxinas (hormônios de crescimento), as giberelinas (reguladores de altura dos vegetais), as citocininas (reguladores da divisão celular), o etileno (hormônio gasoso) e o ácido abscísico (sinal de maturação da semente e age contra estresse) (TAIZ e ZEIGER, 2017).

Produtos pertencentes ao grupo químico das cicloexanodionas, conhecidos como reguladores de crescimento do tipo II, atuam inibindo a biossíntese de giberelinas, hormônio esse frequentemente associado à promoção do crescimento do caule de plantas e, com isso, interrompem também o alongamento celular (ERVIN; KOSKI, 2001). O Trinexapac-ethyl é um exemplo de regulador de crescimento que interfere na última etapa da rota metabólica da biossíntese das giberelinas (RAJALA, 2003).

Conforme Taiz *et al.* (2017), as giberelinas são hormônios que ocorrem de forma natural nas plantas e regulam diversos processos desde a germinação, crescimento e desenvolvimento, por meio da divisão e alongamento celular, até o desenvolvimento reprodutivo, atuando na floração e formação de sementes. Segundo Melo (2002), os principais efeitos deste hormônio estão relacionados a: crescimento do caule; indução da germinação de sementes; crescimento de frutos; indução da masculinidade em flores dioicas. Em algumas

culturas, para evitar o alongamento das plantas são utilizados inibidores da síntese de giberelinas. Em cereais, o aumento da altura de plantas pode favorecer o acamamento, dificultando a colheita mecanizada. Entrenós mais curtos reduzem a tendência ao acamamento, diminuindo prejuízos à produção (TAIZ; ZEIGER, 2004).

### 2.5.1 Trinexapac-ethyl

O Trinexapac-ethyl é um inibidor da biossíntese de giberelina aplicado via foliar, utilizado em gramados, que reduz seu crescimento, melhora a qualidade do gramado, tolerância a pouca luz e comprimento de raiz (BUNNELL; MCCARTY, 2004). Na cana-de-açúcar promove a redução da altura das plantas, do acamamento e aumento do rendimento de açúcar sem impacto negativo na qualidade do caldo, no conteúdo de fibras ou no peso da cana (RESENDE, 2001). Em cereais como trigo (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002; RODRIGUES *et al.*, 2003; ZAGONEL; FERNANDES, 2007) e cevada (AMABILLE *et al.*, 2004) promove redução da altura das plantas e do acamamento, podendo também promover a redução na severidade de manchas foliares e o aumento da produtividade.

O Trinexapac-ethyl atua nas plantas reduzindo a elongação celular no estágio vegetativo, interferindo no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN *et al.*, 2002; RAJALA, 2003) pela inibição da enzima 3 $\alpha$ -hidroxilase (NAKAYAMA *et al.*, 1990), reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA1) e assim, aumentando acentuadamente seu precursor biossintético imediato GA20 (DAVIES, 1987). A queda no nível do ácido giberélico ativo (GA1) é a provável causa da diminuição do crescimento das plantas (WEILER; ADAMS, 1991; RADEMACHER, 2000). O Trinexapac-ethyl também pode inibir parcialmente o transporte de elétrons na mitocôndria, diminuindo a respiração celular, indicando outro local potencial de ação para o produto (HECKMAN *et al.*, 2002). Porém, o Trinexapac-ethyl não interfere na biossíntese das demais giberelinas produzidas pelas plantas, ou seja, não promove a falta deste hormônio na planta, mas sim atua no balanço das mesmas (SHEPARD; DIPOLA, 2000).

O diâmetro do colmo é uma característica importante e que deve ser levada em consideração quando se está estudando acamamento de plantas, visto que a resistência ao acamamento é função direta do nível de espessamento dos tecidos da base da planta e inversamente proporcional à altura desta (RODRIGUES *et al.*, 2003).

Desta forma, além de reduzir a altura de plantas, o Trinexapac-ethyl também pode promover o aumento no diâmetro do colmo e aumento na espessura de suas paredes (SYNGENTA, 2003). O aumento do diâmetro do caule em plantas de trigo submetidas a doses de regulador de crescimento ocorre devido ao aumento no desenvolvimento das células do parênquima, com maior espessura do tecido esclerenquimático, localizado em posição subepidérmica, podendo resultar em maior lignificação da parede celular (LOZANO *et al.*, 2002).

Outro fator de destaque é que mesmo em cultivares de porte baixo e sem a ocorrência do acamamento o Trinexapac-ethyl promove aumento da produtividade (ZAGONEL, 2003). Lozano e Leaden (2002), avaliando o Trinexapac-ethyl em duas cultivares de trigo, observaram ganhos significativos de produtividade. Na ausência de acamamento, os autores correlacionam o ganho de produtividade com a mudança na arquitetura foliar causado pela aplicação do Trinexapac-ethyl.

Deve se ter um cuidado especial com a época de aplicação do regulador de crescimento, pois a redução da estatura das plantas está relacionada ao estágio de crescimento que ela se encontra no momento. Se a aplicação ocorrer em estágio anterior ao recomendado serão observados poucos efeitos sobre a altura das plantas (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Por outro lado, aplicações muito tardias reduzirão exageradamente o tamanho das plantas, podendo ainda retardar o espigamento, devido ao efeito ocorrer nos entre-nós superiores (RODRIGUES *et al.*, 2003). Penckowski *et al.* (2009), realizou a aplicação do produto após o terceiro nó e observou encurtamento acentuado do pedúnculo o que acarretou retenção da espiga dentro da folha bandeira, que repercutiu em problemas na antese e sobre a produtividade.

De acordo com Pires *et al.* (2005), o estágio correto para a aplicação do Trinexapac-ethyl é na fase compreendida entre o primeiro nó visível e o segundo nó perceptível, na dose de 100 a 125 g ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo. Nestas condições, segundo o autor, proporciona um encurtamento do colmo que, por sua vez, é uma característica almejada em sistemas de produção que fazem uso intensivo de adubação nitrogenada ou quando a cultivar tem como característica plantas de porte alto ou susceptíveis ao acamamento.

Contudo, Zagonel e Fernandes (2007) destacam que essa recomendação é ampla e não distinta em relação ao porte das cultivares, que podem responder de maneira diferencial em relação à dose do produto. Da mesma forma, Penckowski e Fernandes (2010), recomendam que as aplicações de reguladores de crescimento não devem ser calendarizadas,

pois o estágio ideal de aplicação pode variar em até 22 dias, dependendo da cultivar, região e clima.

Além dos cuidados com a observação da época correta, deve-se ficar atento às condições favoráveis de ambiente, do estado nutricional das plantas e quanto aos aspectos fitossanitários da cultura. Tomando as devidas precauções, o uso de reguladores de crescimento na cultura do trigo vem mostrando perspectivas de aumento de rendimento da cultura em função de menores índices de acamamento e da garantia da colheita de um produto de qualidade. Entretanto, o Trinexapac-ethyl tem seu efeito minimizado em condições de deficiência hídrica (RODRIGUES *et al.*, 2003). Isso ocorre devido a condição de déficit hídrico promover a limitação de expansão na área foliar, reduzindo de forma natural a estatura de plantas (SANTOS;CARLESSO, 1998)

Para a cultura do trigo, o Trinexapac-ethyl têm apresentado bons resultados na redução da altura das plantas e de perdas por acamamento (ESPINDULA *et al.*, 2010). Zagonel & Fernandes (2007) constataram que o Trinexapac-ethyl além da reduzir o acamamento, também promoveu aumento de produtividade, causado pela melhor distribuição dos fotoassimilados para os grãos, já que a área foliar e altura de plantas diminuíram acentuadamente, alterando a arquitetura da planta.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi desenvolvido no ano de 2022 no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Ibirubá, conforme demonstra a Figura 4. A área está situada no planalto médio do Rio Grande do Sul, com latitude de 28°39'11.64" S e longitude de 53°6'48.14" O.

O solo é classificado como sendo Latossolo Vermelho, apresentando um perfil profundo, bem drenado, coloração vermelha escuro, com altos teores de argila e predominância de argilominerais 1:1 e óxi-hidróxidos de ferro e alumínio (EMBRAPA, 2006; MONTAGNER, 2011). Conforme a classificação de Moreno (1961), o clima da região é temperado úmido com verão quente (Cfa). O manejo da área nos últimos anos tem sido feito com rotação de culturas, sendo semeada aveia preta para cobertura do solo no período de inverno e soja como principal cultura de verão. A cada dois anos é realizada a semeadura de milho no local.

**Figura 4** - Área experimental para condução do experimento



Fonte: Google Earth, 2022

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema trifatorial 4x3x2 com 4 repetições, constituindo-se de 24 tratamentos e, totalizando 96 unidades experimentais. As parcelas apresentaram dimensões de 8 m de comprimento x 3,4 m de largura com corredores de 2 m a cada duas parcelas, configurando ao experimento uma área total de 2611,2 m<sup>2</sup>.

O cultivar de trigo escolhido foi a TBIO Ponteiro, o qual faz parte do portfólio da empresa Biotrigo Genética, por ser amplamente conhecida e cultivada na região. De acordo com as informações da empresa acerca das características agronômicas, esta cultivar é caracterizada pelo ciclo médio-tardio, maturação média e resistência moderada ao acamamento e à debulha. Além disso, é considerada relativamente resistente às principais doenças da cultura do trigo, como brusone, ferrugem da folha e oídio. É classificado como Trigo Pão, de coloração vermelha, estabilidade de 18 minutos e força de glúten de 332 w (BIOTRIGO GENÉTICA, 2023).

Os tratamentos constituíram-se de diferentes formas de aplicação e doses de nitrogênio na cultura do trigo, aliados ao uso ou não de regulador de crescimento. Dessa forma, a aplicação da adubação nitrogenada foi realizada de maneira incorporada ao solo e em cobertura, sendo estas as formas de aplicação. A incorporação da ureia foi realizada imediatamente antes da semeadura, correspondendo à dose total utilizada na cultura. Com relação às aplicações em cobertura, estas foram feitas em dose total (dose integral no início do perfilhamento da cultura) e em doses fracionadas (50% no início e 50% após o perfilhamento da cultura).

A fonte de nitrogênio escolhida foi a uréia protegida e as doses pré definidas de nitrogênio foram de 0 (testemunha), 45, 67,5 e 90 kg ha<sup>-1</sup>, semelhantes aos trabalhos de Filho *et al.* (2010) e Nunes *et al.* (2011). Dessa forma, convertendo-se os teores de N em ureia tem-se as seguintes doses: 0, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, uma vez que a ureia possui 45% de N.

O regulador de crescimento foi aplicado nas unidades experimentais correspondentes, quando as plantas estavam com o primeiro nó visível e o segundo nó perceptível. O produto utilizado foi o Trinexapac-Ethyl, de nome comercial Moddus<sup>®</sup>, na dose de 100 g i.a ha<sup>-1</sup> (400 ml ha<sup>-1</sup>).

### 3.3 MANEJOS PRÉ-SEMEADURA

Antes da implantação do experimento, visando a diagnose da fertilidade química da área, foi realizada a amostragem de solo no dia 12 de maio de 2022. Para isso, foram coletadas 10 (dez) subamostras na camada de 0-10 cm, sendo, em seguida, homogeneizadas para a retirada uma amostra com cerca de um quilograma (1 kg) para análise de solo e posterior interpretação e recomendação da necessidade de calagem e adubação.

Realizou-se, também, o monitoramento e acompanhamento da área, a fim de verificar a necessidade de manejos, como controle de plantas daninhas e pragas. Constatou-se um considerável fluxo de emergência de azevém (*Lolium multiflorum*) e aveia (*Avena* spp.), bem como a presença de plantas de buva (*Conyza* spp.) no local. Observou-se, também, algumas pragas no local, como percevejos. Desta forma, optou-se pelo controle químico no dia 25 de maio. Os produtos, princípios ativos, concentração e doses utilizadas na dessecação pré-semeadura estão sendo apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Produtos fitossanitários utilizados no manejo de pré-semeadura da cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Princípio ativo	Nome comercial	Concentração	Dose de p.c./ha*
Cletodim	Poquer <sup>®</sup>	240 g L <sup>-1</sup>	0,5 L
Óleo mineral	Assist <sup>®</sup>	782 g L <sup>-1</sup>	0,3 L
Saflufenacil + Mistura de metilnaftalenossulfo nato de sódio	Heat <sup>®</sup>	70 g kg <sup>-1</sup> + 10 g kg <sup>-1</sup>	0,07 kg
Lambda-Cialotrina	Kaiso 250 CS	250 g L <sup>-1</sup>	0,1 L

\*p.c./ha: produto comercial por hectare.

O produto Poquer foi utilizado para o controle de folhas estreitas (monocotiledôneas), por ter especificidade para este grupo de plantas. O Heat foi utilizado com foco no controle de folhas largas (dicotiledôneas) e o Kaiso inseticida. Cabe destacar que esta e as demais aplicações foram realizadas com um pulverizador costal elétrico da marca Kawashima em um volume de calda de 116 L ha<sup>-1</sup>.



### 3.4 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

Para a implantação deste experimento, utilizou-se o conjunto de semeadora e trator do IFRS - Campus Ibirubá. Este era compreendido por uma semeadora adubadora de fluxo contínuo da marca Vence Tudo<sup>®</sup> modelo Pampeana 20000, de 20 linhas, com 0,17 m de espaçamento entre linhas e um trator da marca Valtra, modelo BM 110.

A adubação de base com os nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) foi estimada segundo o laudo da análise química de solo feita na área, que pode ser visualizado no Apêndice A. A interpretação dos resultados e a recomendação das doses foi baseada no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016).

A correção de acidez não se fez necessária, uma vez que o pH, saturação de bases e de alumínio estavam dentro dos valores adequados. A recomendação de adubação foi baseada na expectativa de rendimento da cultura do trigo de 6 Mg ha<sup>-1</sup>. Sabe-se que essa expectativa é bastante superior à média estadual da safra anterior (2021), a qual foi de em torno de 3 Mg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2021). Porém, levou-se em consideração nesta escolha o elevado potencial produtivo do cultivar utilizado e o rigoroso manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, bem como a perspectiva de condições climáticas favoráveis ao trigo.

Tendo em vista otimizar o processo de implantação do experimento, a regulagem da semeadora foi realizada previamente aos manejos de incorporação de ureia e semeadura do trigo. Após a obtenção das doses estipuladas, a regulagem era anotada para ser utilizada no momento de implantação do experimento.

A incorporação do fertilizante nitrogenado no solo foi realizada previamente à semeadura do trigo. Assim, a semeadora foi abastecida somente com ureia protegida e realizou-se o deslocamento na área incorporando este fertilizante nas unidades experimentais destinadas a receber o tratamento. A variação nas doses a serem aplicadas foi feita através da parada do conjunto trator e semeadora e o ajuste na relação de engrenagens motora e motriz que controlam o fluxo de adubo da máquina.

A ureia foi incorporada no mesmo sentido da semeadura, porém em maior profundidade para evitar um possível efeito salino do fertilizante ou mesmo danos à semente, conforme alerta Silva (2022). Desta forma, a ureia foi depositada a uma profundidade em torno de 6 cm da superfície do solo. Após a execução da incorporação da ureia, realizou-se a

limpeza da semeadora, retirando a sobra do fertilizante nitrogenado e deixando-a pronta para a próxima etapa, que seria semeadura.

Para a semeadura do trigo, a semeadora foi abastecida com adubo e com as sementes do trigo, para que depositasse 280 kg de adubo NPK 16-16-16 e 330 plantas por m<sup>2</sup> (em torno de 130 kg ha<sup>-1</sup>). Cabe destacar que a adubação foi definida com base na análise de solo e a densidade de semeadura com a indicação técnica do obtentor. A operação de semeadura ocorreu de forma uniforme em toda área e bordaduras do experimento, não havendo variação nem de população de plantas nem doses de adubo NPK. Cabe destacar que as operações de incorporação de ureia e semeadura do trigo foram realizadas respeitando o limite de velocidade do conjunto, operando na faixa de 4 km h<sup>-1</sup>.

Com objetivo de evitar a germinação de um fluxo de azevém na área, logo após a semeadura do trigo, realizou-se a aplicação de um herbicida pré-emergente com o princípio ativo Piroxasulfona. Também foi adicionado à mistura um herbicida pós-emergente, à base de Glifosato, com intuito de controlar plantas daninhas que haviam germinado após a dessecação em pré-semeadura. Cabe destacar que foram tomadas as devidas precauções e seguidas as recomendações da bula para não prejudicar a germinação das plântulas de trigo. Os produtos, princípios ativos, concentração e doses estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2-** Herbicidas pré e pós-emergentes aplicados após a semeadura da cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Princípio ativo	Nome comercial	Concentração	Dose de p.c./ha**
Piroxasulfona	Yamato <sup>®</sup> SC	500 g L <sup>-1</sup>	0,15 L
Glifosato	Zapp WG 720	720 g kg <sup>-1</sup>	2 kg
Metil Éster de Soja	Mees <sup>™</sup>	824,3 g L <sup>-1</sup>	0,3 L

\*p.c./ha: produto comercial por hectare.

### 3.5 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Após estabelecimento da cultura do trigo, realizou-se manejos de nitrogênio e controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Os manejos foram baseados nas informações técnicas propostas pela 14<sup>a</sup> Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (2022) e

serão detalhados a seguir.

Após a semeadura e emergência das plântulas de trigo, observou-se que, concomitantemente à cultura, começaram a se desenvolver algumas plantas daninhas, principalmente o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). Também foi constatada a incidência de insetos pragas, como grilos e formigas que estavam atacando as plântulas, tendo potencial de causar redução no estande de plantas. Visando controlar plantas daninhas e insetos, vinte dias após a emergência da cultura foi realizado o controle químico, sendo produtos, princípio ativo, concentração e doses descritos na Tabela 3.

**Tabela 3** - Produtos fitossanitários utilizados para controle de plantas daninhas e insetos vinte dias após a emergência de plântulas, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Princípio ativo	Nome comercial	Concentração	Dose de p.c./ha*
Iodosulfurom Metílico + Hidrocarboneto aromático	Hussar®	50 g kg <sup>-1</sup> + 150 g kg	120 g
Fipronil	Fipronil Nortox	250 g L <sup>-1</sup>	50 mL

\*p.c./ha: produto comercial por hectare.

As aplicações de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo foram realizadas de forma total e fracionada. A forma de aplicação total compreende uma única aplicação de 100% da dose de N no início do perfilhamento do trigo. A forma de aplicação fracionada foi dividida em duas aplicações de 50% da dose de N, uma no início do perfilhamento e outra no início da alongação do caule.

Dessa forma, a primeira aplicação de N em cobertura foi realizada no início do perfilhamento, entre os estádios 20 e 21 na escala de Zadoks *et al.* (1974). Segundo Storck (2021), este estágio é conhecido como duplo-anel, no qual ocorre a definição do número de espigas por m<sup>2</sup>, e verifica-se alta exigência de N pela planta.

A segunda aplicação de N, na forma de aplicação fracionada, foi realizada 16 dias após a primeira aplicação, e as plantas de trigo se encontravam entre os estádios 30 e 31 na escala de Zadoks *et al.* (1974). Esta etapa de desenvolvimento da cultura condiz com o início da alongação, pois é o período em que o trigo define o tamanho da espiga e o número de espiguetas, componentes diretos de produtividade (STORCK, 2021).

Cabe destacar que as aplicações em cobertura de nitrogênio foram realizadas de forma

manual, sem auxílio de equipamentos mecânicos, buscando distribuir o fertilizante de forma homogênea em toda a unidade experimental. Além disso, para a tomada de decisão do momento de aplicação, levou-se em consideração, além do estágio de desenvolvimento das plantas, a meteorologia, a fim de que, após a fertilização, ocorresse precipitação pluviométrica.

Em torno de cinco dias após a segunda fertilização nitrogenada, realizou-se o controle químico, através de fungicidas e inseticidas. Tomou-se a decisão de aplicação em virtude do aparecimento de doenças, como mancha amarela, e insetos como pulgão e percevejos. Os produtos, princípio ativo, concentração e doses utilizados estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4** - Fungicidas e inseticidas utilizados na primeira aplicação na cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

<b>Princípio ativo</b>	<b>Nome comercial</b>	<b>Concentração</b>	<b>Dose de p.c./ha*</b>
Epoxiconazol + Cresoxim-metílico	Brio®	125 g L <sup>-1</sup> + 125 g L <sup>-1</sup>	0,8 L
Piraclostrobina + Epoxiconazol	Abacus® HC	260 g L <sup>-1</sup> + 160 g L <sup>-1</sup>	0,4 L
Imidacloprido + Bifentrina	Galil SC	250 g L <sup>-1</sup> + 50 g L <sup>-1</sup>	0,2 L
Lambda-cialotrina + Clorantraniliprole	Ampligo®	50 g L <sup>-1</sup> + 100 g L <sup>-1</sup>	0,2 L

\*p.c./ha: produto comercial por hectare.

Dois dias após a primeira aplicação de fungicidas e inseticidas, realizou-se a aplicação do regulador de crescimento Moddus, sendo que o princípio ativo, concentração e dose estão descritos na Tabela 5. Neste momento, as plantas de trigo se encontravam entre os estádios 31 e 32 na escala de Zadoks *et al.* (1974), condizentes com o primeiro nós visível e o segundo perceptível. Este é o momento ideal de se realizar aplicação, uma vez que o produto reduz o porte da cultura, através do encurtamento dos entrenos basais, sem interferir na produtividade da cultura (PIRES *et al.* 2005).

**Tabela 5** - Regulador de crescimento aplicado na cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Princípio ativo	Nome comercial	Concentração	Dose de p.c./ha*
Trinexapaque-etílico	Moddus <sup>®</sup>	250 g L <sup>-1</sup>	400 mL ha <sup>-1</sup>

\*p.c./ha: produto comercial por hectare.

Após a aplicação do regulador de crescimento, as atividades desenvolvidas na área experimental centraram-se nas avaliações da cultura do trigo e no controle químico de pragas e doenças. Esta última foi realizada de forma calendarizada, considerando-se também as condições climáticas. Assim, o intervalo entre aplicações variou de 15 a 19 dias, tendo em vista o controle de patógenos e evitar quaisquer danos que pudessem interferir ou comprometer os resultados deste trabalho de pesquisa.

Desta forma, a segunda aplicação de fungicida e inseticida ocorreu 18 dias após a primeira aplicação, sendo que os produtos, princípio ativo, concentração e dose estão descritos na Tabela 6.

**Tabela 6** - Fungicidas e inseticidas utilizados na segunda aplicação na cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Princípio ativo	Nome comercial	Concentração	Dose de p.c./ha*
Epoxiconazol + Cresoxim-metílico	Brio <sup>®</sup>	125 g L <sup>-1</sup> + 125 g L <sup>-1</sup>	0,8 L
Piraclostrobina + Epoxiconazol	Abacus <sup>®</sup> HC	260 g L <sup>-1</sup> + 160 g L <sup>-1</sup>	0,4 L
Teflubenzurom	Nomolt <sup>®</sup> 150	150 g L <sup>-1</sup>	0,2 L
Tiametoxam + Lambda-cialotrina	Engeo pleno <sup>TM</sup> s	141 g L <sup>-1</sup> + 106 g L <sup>-1</sup>	0,3 L

\*p.c./ha: produto comercial por hectare.

Para a terceira aplicação foram utilizados os fungicidas e inseticidas descritos na Tabela 7. Cabe destacar que este manejo fitossanitário foi realizado 19 dias após a segunda aplicação.

**Tabela 7** - Fungicidas e inseticidas utilizados na terceira aplicação na cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Princípio ativo	Nome comercial	Concentração	Dose de p.c./ha*
Bixafem + Protioconazol + Trifloxistrobina	Fox® XPro	125 g L <sup>-1</sup> + 175 g L <sup>-1</sup> + 150 g L <sup>-1</sup>	0,5 L
Éster metílico de óleo de soja	Aureo®	720 g L <sup>-1</sup>	0,15 L
Teflubenzurom	Nomolt® 150	150 g L <sup>-1</sup>	0,2 L
Tiametoxam + Lambda-cialotrina	Engeo pleno™ s	141 g L <sup>-1</sup> + 106 g L <sup>-1</sup>	0,3 L

\*p.c./ha: produto comercial por hectare.

Para a quarta e última aplicação foram utilizados os fungicidas e inseticidas descritos na Tabela 8. Cabe destacar que este manejo fitossanitário foi realizado 15 dias após a terceira aplicação.

**Tabela 8** - Fungicidas e inseticidas utilizados na quarta aplicação na cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Princípio ativo	Nome comercial	Concentração	Dose de p.c./ha*
Piraclostrobina + Metconazol	Opera® Ultra	130 g L <sup>-1</sup> + 80 g L <sup>-1</sup>	0,75 L
Imidacloprido + Beta-Ciflutrina	Connect®	100 g L <sup>-1</sup> + 12,5 g L <sup>-1</sup>	0,5 L

\*p.c./ha: produto comercial por hectare.

### 3.6 COLHEITA

A colheita das unidades experimentais se deu no dia 10 de novembro, 153 dias após a semeadura. Esta foi realizada de forma manual através do corte das plantas de trigo, com auxílio de uma foicinha metálica, sendo o material colhido depositado e armazenado em sacos de ráfia para posterior trilha. Foram colhidas 10 linhas centrais de 3 metros de comprimento, totalizando uma área de 5,1 m<sup>2</sup>.

Após a colheita, as amostras foram levadas para serem trilhadas na empresa Biotrigo Genética, na cidade de Passo Fundo. Além da trilha, realizaram-se as análises de estimativas de produtividade, peso hectolitro, umidade, proteína e massa de mil grãos, as quais serão descritas a seguir. Cabe destacar que o restante das análises foram realizadas no Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá.

### 3.7 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS AVALIADAS

#### 3.7.1 Estande de plantas

Esta avaliação foi realizada dezesseis dias após a emergência das plântulas, enquanto as mesmas estavam se desenvolvendo, seguindo a metodologia utilizada por Mortari (2021). Dessa forma, foi utilizada uma trena métrica a fim de realizar a contagem das plantas emergidas ao longo de um metro linear nas quatro linhas centrais de cada parcela. Os dados obtidos serão expostos em número de plantas emergidas por metro quadrado.

#### 3.7.2 Diâmetro do colmo

A quantificação da espessura do colmo foi realizada por meio do uso de um paquímetro digital, conforme sugere a metodologia de Mumbach (2015). Para esta avaliação, foi mensurado o diâmetro do colmo próximo a metade do local entre o primeiro e o segundo entrenó da planta, sendo escolhidas, de forma aleatória, 20 plantas por parcela. A quantificação ocorreu quando as plantas estavam em maturação fisiológica. Os dados serão expressos em milímetro (mm).

#### 3.7.3 Comprimento do primeiro entrenó

Para realização dessa avaliação seguiu-se a metodologia de Mumbach (2015), realizando a seleção de 20 plantas aleatórias em cada parcela no estágio de maturação fisiológica. Dessa forma, foi realizada a mensuração da distância do primeiro ao segundo nó, com auxílio de uma régua. Os dados serão expressos em centímetros (cm).

### **3.7.4 Estatura de plantas**

A avaliação da estatura de plantas foi realizada por meio da escolha de vinte (20) plantas aleatórias dentro da área útil de cada parcela. Dessa forma, com auxílio de uma trena métrica, foi mensurada a altura, que compreende a medida desde a base das plantas até a inserção da folha bandeira. Vale ressaltar que esta avaliação foi realizada quando a cultura do trigo estava em maturação fisiológica, no estágio 92 na escala de Zadoks *et al.* (1974). Os resultados serão expressos em centímetros (cm), baseando-se na metodologia utilizada por Mortari (2021), com algumas adaptações quanto ao número de plantas avaliadas por parcela.

### **3.7.5 Índice de acamamento**

Para a determinação do índice de acamamento foi utilizada a metodologia proposta por Arf *et al.* (2001), obtida através de observações visuais na fase de maturação das plantas e atribuição de notas que variam de 0 a 5, conforme o percentual de plantas acamadas. A escala de notas utilizada apresenta os valores de 0 (sem acamamento), 1 (até 5%), 2 (5 a 25%), 3 (25 a 50%), 4 (50 a 75%) e 5 (75 a 100%).

### **3.7.6 Número de perfilhos produtivos por planta**

Para esta avaliação foram selecionadas, de forma aleatória, vinte (20) plantas dentro da área útil de cada parcela e realizou-se a contagem dos perfilhos produtivos de cada uma, e, após, calculou-se o valor médio entre as mesmas. Vale ressaltar que esta avaliação foi feita quando a cultura do trigo se encontrava no estágio de maturação fisiológica, entre os estágios 92 e 93, segundo a escala de Zadoks *et al.* (1974). Os resultados serão expressos em número de perfilhos produtivos por planta, baseando-se na metodologia utilizada por Mortari (2021), com algumas modificações, aumentando o número de plantas coletadas por parcela.

### **3.7.7 Número de espigas por metro quadrado**

A contagem do número de espigas por metro quadrado foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Camponogara *et al.* (2016). Desta forma, foram contadas as espigas presentes em um metro quadrado (1m<sup>2</sup>) dentro da área útil da parcela. Esta avaliação foi



realizada no estágio de maturação fisiológica da cultura, entre os estádios 92 e 93, segundo a escala de Zadoks *et al.* (1974).

### **3.7.8 Número de grãos por espiga**

Para esta avaliação, foram coletados e contabilizados os grãos presentes em 20 espigas aleatórias na área útil de cada parcela. Esta metodologia baseou-se naquela proposta por Kerber *et al.* (2010), com algumas modificações.

### **3.7.9 Massa de mil grãos**

A avaliação da massa de mil grãos foi realizada no Laboratório de Análises da empresa Biotrigo Genética, seguindo as metodologias da própria empresa. Foi utilizado um contador automatizado denominado Data Counter S25, com precisão de 99,9% conforme informações técnicas da Data Technologies (2023). Uma amostra contendo no mínimo 1000 grãos é colocada no contador, e através de um sistema de vibração os grãos passam um a um por um sensor, sendo realizada a contagem. Este equipamento é conectado a um computador, e os dados gerados por ele são imediatamente registrados. Os resultados serão expressos em gramas (g).

### **3.7.10 Peso hectolitro**

A determinação do peso hectolitro foi realizada no Laboratório de Análises da empresa Biotrigo Genética, seguindo as metodologias da própria empresa. Para isso, foi utilizado um equipamento analisador de grãos denominado Infratec<sup>TM</sup> da marca Foss, que possui internamente um reservatório com conjunto de balanças. São utilizadas 500g de amostra, e o equipamento subdivide essa quantidade em 10 subamostras e determina o PH, unindo todos os resultados das subamostras para gerar o resultado final de PH, expressos em quilogramas por hectolitro (kg hl<sup>-1</sup>).

### 3.7.11 Teor de proteína

A determinação do teor de proteína foi também realizada no Laboratório de Análises da empresa Biotrigo Genética, seguindo as metodologias da própria empresa. Para isso, utilizou-se um equipamento analisador de grãos denominado Infratec<sup>TM</sup> da marca Foss. Neste equipamento a amostra é interceptada por um feixe de luz que, através do espectro eletromagnético, consegue extrair o teor de proteína existente nos grãos. Cabe destacar que os resultados serão expressos em percentual.

### 3.7.12 Produtividade de grãos

Para avaliação da produtividade, foram colhidas, manualmente com auxílio de foices, as plantas de 5,1 m<sup>2</sup> de cada parcela, baseando-se na metodologia proposta por Mortari (2021), com algumas modificações. Após a colheita foi realizada a trilha das amostras, limpeza, correção de umidade a 13% e a quantificação do peso, extrapolando para kg ha<sup>-1</sup>.

## 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados obtidos através da avaliação dos caracteres agronômicos foram submetidos à análise estatística através do software Sisvar<sup>®</sup>. Foram gerados os quadros de análise de variância para verificar a significância dos resultados. Posteriormente, para os tratamentos qualitativos, foi realizada a comparação de médias pelo Teste de Scott-Knott a 5% probabilidade de erro, sendo os resultados apresentados em tabelas. Para os tratamentos quantitativos realizou-se a análise de regressão, sendo os resultados apresentados na forma de gráficos.

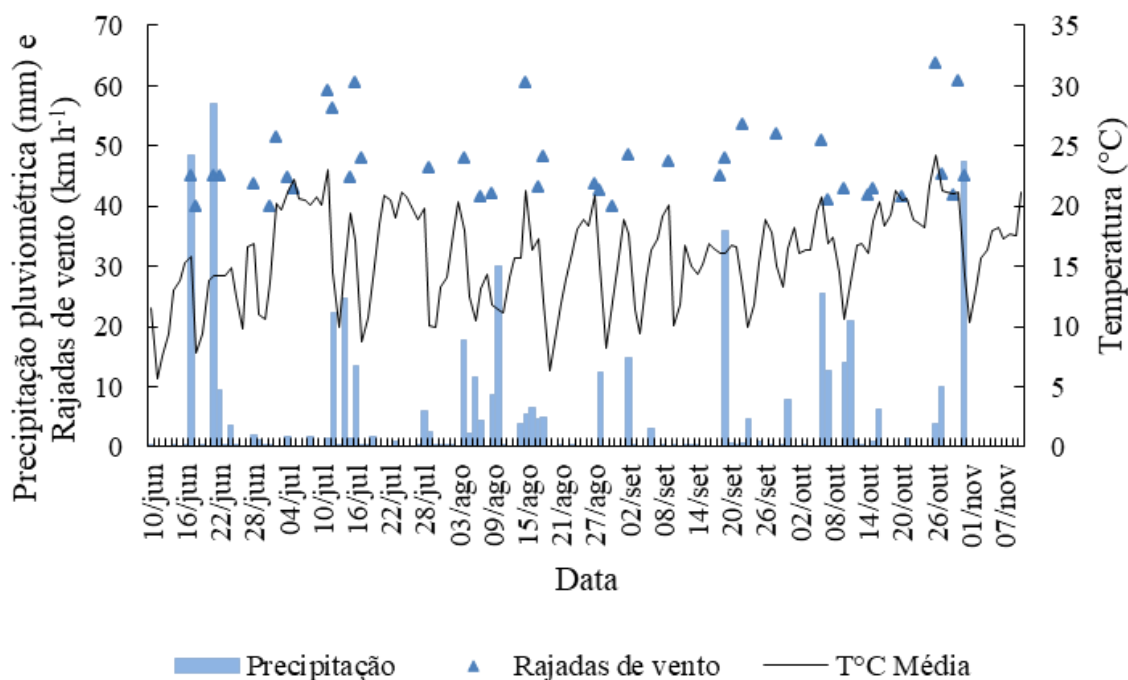
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas, em sua maioria, foram favoráveis para um adequado crescimento, desenvolvimento e produção da cultura do trigo. Doorenbos e Kassam (1979) afirmam que a demanda hídrica da cultura do trigo varia de 450 a 600 mm, dependendo do clima e da duração do ciclo. Desta forma, durante o ciclo da cultura, de junho a novembro, foram registrados 531,6 mm de chuva, suprimindo a necessidade hídrica da cultura. Foram acumulados 120 mm de chuva ao longo de quinze dias após a implantação do experimento. Logo após a primeira e a segunda aplicação de nitrogênio (N) em cobertura ocorreram precipitações pluviométricas, aumentando a eficiência da adubação nitrogenada.

As temperaturas mínima e máxima foram satisfatórias para o correto desenvolvimento das plantas de trigo, situando-se entre 10 a 22°C. Segundo Mota (1989), as temperaturas ideais variam de 15 a 25° C dependendo do estágio fenológico em que a cultura se encontra.

Foram registradas algumas rajadas de vento ao longo do ciclo da cultura que ultrapassaram os 40 km h<sup>-1</sup>, condição essa que pode favorecer o acamamento das plantas de trigo quando associada a precipitação pluviométrica. Contudo foram eventos isoladas e que influenciaram pouco essa variável. Os dados meteorológicos estão expressos na Figura 5 e foram obtidos através da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) situada em área próxima à realização do experimento, dentro do IFRS Campus Ibirubá.

**Figura 5** - Dados meteorológicos de precipitação pluviométrica, rajadas de vento e temperatura média, do período de 10 de junho a 10 de novembro de 2022, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

De maneira geral, e conforme será detalhado nos próximos itens deste capítulo, grande parte dos caracteres agrônômicos avaliados sofreram influência dos tratamentos aplicados, sendo alguns influenciados pela forma de aplicação de nitrogênio, doses do nutriente ou o uso de regulador de crescimento. Houveram algumas interações entre regulador de crescimento e formas de aplicação de nitrogênio ou doses de N, porém, não foi observada nenhuma interação entre todas as fontes de variação.

#### 4.1 ESTANDE DE PLANTAS

A distribuição espacial de plantas, bem como a população de plantas por área interfere diretamente na arquitetura e morfologia das plantas e conseqüentemente na produtividade (HÖRBE, 2015). O correto ajuste da densidade de semeadura pode permitir o maior aproveitamento da radiação incidente, maior competição com plantas daninhas (inter-

específica), menor competição entre as plantas de trigo (intra-específica) e melhor aproveitamento da adubação utilizada (MUNDSTOCK, 1999).

O estande de plantas, estatisticamente, não sofreu influência de formas de aplicação de nitrogênio e nem de doses do nutriente. Também não foram registradas interações do uso do regulador de crescimento, uma vez que no momento da avaliação, o Trinexapac-ethyl ainda não havia sido utilizado. A população de plantas por metro quadrado pode ser visualizada na Tabela 9.

**Tabela 9** - Número de plantas por metro quadrado, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

<b>Com regulador de crescimento</b>				
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Formas de aplicação de N</b>			<b>Média</b>
	<b>Incorporado</b>	<b>Total</b>	<b>Fracionado</b>	
<b>0</b>	277,59 <sup>ns*</sup>	276,12	281,65	278,41
<b>45,00</b>	283,47	276,82	277,24	279,18
<b>67,50</b>	266,53	277,94	290,82	279,41
<b>90,00</b>	261,77	295,59	286,41	281,24
<b>Média</b>	272,35	281,65	284,77	
<b>Sem regulador de crescimento</b>				
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Formas de aplicação de N</b>			<b>Média</b>
	<b>Incorporado</b>	<b>Total</b>	<b>Fracionado</b>	
<b>0</b>	261,41	265,82	277,59	268,26
<b>45,00</b>	294,47	257,71	256,24	269,47
<b>67,50</b>	275,35	262,53	268,00	268,65
<b>90,00</b>	287,12	283,82	287,12	286,06
<b>Média</b>	279,59	267,47	272,24	

\*ns: Não significativo para testes de média a 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 7,36%.

Penckowski, Zagonel e Fernandes (2010), avaliando a qualidade industrial do trigo em função do Trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio, também não obtiveram diferenças significativas no estande de plantas, corroborando com os dados do presente experimento. Da

mesma forma, Penckowski (2006) não observou diferença significativa quanto ao estande de plantas, ao trabalhar com diferentes doses de nitrogênio na cultura do trigo.

Estes resultados, contudo, diferem dos obtidos por Foloni *et al.* (2014), o qual também estudou formas e doses de nitrogênio para a cultura do trigo. Nesta circunstância, os autores observaram que a incorporação de ureia a partir de 80 kg ha<sup>-1</sup> ocasionou redução do estande de plantas. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de que a ureia, quando aplicada na instalação da lavoura, pode gerar elevadas quantidades do gás tóxico NH<sub>3</sub> no volume de solo próximo às sementes, com forte potencial de dano (GRANT; BAILEY, 1999; KARAMANOS *et al.*, 2003).

De modo geral, é possível verificar na Tabela 9 que, o estande de plantas acabou situando-se ligeiramente abaixo do recomendado para o cultivar Ponteiro, o qual é de 300 a 330 plantas/m<sup>2</sup>. Cabe destacar que, no cálculo da densidade de semeadura foi acrescido 15% a mais de sementes, tendo em vista adequar o potencial de germinação e vigor, bem como possíveis falhas. Acredita-se que o elevado acumulado de precipitação (Figura 5) que ocorreu poucos dias após a semeadura pode ter interferido no estande de plantas, prejudicando-o.

Apesar desta intercorrência acredita-se que a produtividade não foi afetada. Segundo Fioreze e Rodrigues (2012), isso é possível devido à plasticidade no comportamento produtivo do trigo, através da alteração do número de espigas por planta ou mesmo da relação entre os componentes individuais de espigas, como número e massa de grãos, os quais variam em maior ou menor intensidade. Estes, portanto, são responsáveis pela manutenção do potencial produtivo nas mais diversas condições de cultivo

## 4.2 DIÂMETRO DE COLMO

O diâmetro do colmo é uma característica importante e possui relação com o acamamento de plantas (RODRIGUES *et al.*, 2003). No presente trabalho foram observadas diferenças estatísticas significativas para a forma de aplicação de nitrogênio e para interação desta com o uso de regulador de crescimento. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10** - Diâmetro do colmo de plantas de trigo, em milímetros, em função da interação entre uso de regulador de crescimento e formas de aplicação de nitrogênio, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Formas de aplicação de N	Uso de regulador de crescimento		Média
	Com	Sem	
<b>Incorporado</b>	3,47aA*	3,58aA	3,52a
<b>Total</b>	3,49aA	3,57aA	3,53a
<b>Fracionado</b>	3,47aA	3,38bA	3,43b
<b>Média</b>	3,48A	3,51A	

\*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (CV): 4,57%.

Para o diâmetro de colmo, é possível observar que as formas de aplicação de nitrogênio total e incorporado foram os tratamentos que resultaram em maiores valores, não diferindo estatisticamente entre si. A forma fracionada, contudo, difere dos demais tratamentos apresentando menor diâmetro de colmo.

Ecco *et al.* (2020), estudando a adubação nitrogenada em cobertura em diferentes estádios fenológicos da cultura do trigo na região oeste do Paraná obteve resultados distintos. No estudo, os autores obtiveram o maior diâmetro de colmo quando a aplicação de nitrogênio foi realizada no estágio de alongamento do colmo, sendo o oposto obtido neste experimento.

O uso do regulador de crescimento não alterou o diâmetro do colmo das plantas de trigo para a cultivar TBio Ponteiro neste experimento. Contudo, a empresa fabricante e detentora do Trinexapac-ethyl afirma que além de reduzir altura de plantas o regulador também promove aumento no diâmetro do colmo e aumento na espessura de suas paredes (SYNGENTA, 2003). Admite-se que com a utilização de outra cultivar e em outra condição ambiental poderia ser observada significância para os resultados de diâmetro de colmo.

Apesar disso, trabalhos realizados por Zagonel *et al.* (2002), Penckowski (2006), Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009) e Martins (2012), também não demonstraram influência do regulador de crescimento sobre o diâmetro do colmo, corroborando com os dados obtidos na presente pesquisa.

### 4.3 COMPRIMENTO DO PRIMEIRO ENTRENÓ

A aplicação de regulador de crescimento, segundo Pires *et al.* (2005), se dá quando as plantas de trigo se encontram com o primeiro nó visível e o segundo nó perceptível, ocasionando a redução do comprimento dos entrenós (ZAGONEL, VENÂNCIO; KUNZ, 2002). Contudo, neste trabalho, não foram observadas influências significativas das formas de aplicação e doses de nitrogênio e do uso de regulador de crescimento para o comprimento do primeiro entrenó. Os resultados estão expressos na Tabela 11.

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com Nardino *et al.* (2013). Desta forma, os autores, estudaram a resposta de cultivares de trigo a doses de nitrogênio e à aplicação de regulador de crescimento, e, da mesma forma, não observaram efeito deste produto sobre o comprimento do primeiro e do segundo nó.

Apesar de não ser observado encurtamento no primeiro entrenó da planta de trigo, a estatura de plantas (item 6.4) foi menor quando aplicado o regulador de crescimento. Desta forma, infere-se que a diminuição da altura se deu a partir do encurtamento dos entrenós superiores da planta, assim como observado por Zagonel, Venâncio e Kunz (2002) e Rodrigues *et al.* (2003).



**Tabela 11** - Comprimento do 1º entrenó de plantas de trigo, em centímetro, mediante ao uso de regulador de crescimento sob diferentes formas de aplicação e doses de nitrogênio, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

<b>Com regulador de crescimento</b>				
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Formas de aplicação de N</b>			<b>Média</b>
	<b>Incorporado</b>	<b>Total</b>	<b>Fracionado</b>	
<b>0</b>	14,17 <sup>ns*</sup>	12,75	14,04	13,65
<b>45,00</b>	13,92	13,73	13,61	13,75
<b>67,50</b>	13,36	12,84	13,02	13,07
<b>90,00</b>	13,84	13,49	13,50	13,61
<b>Média</b>	13,82	13,20	13,54	
<b>Sem regulador de crescimento</b>				
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Formas de aplicação de N</b>			<b>Média</b>
	<b>Incorporado</b>	<b>Total</b>	<b>Fracionado</b>	
<b>0</b>	13,90	12,69	12,69	13,09
<b>45,00</b>	13,29	13,17	13,36	13,27
<b>67,50</b>	13,33	13,70	13,50	13,51
<b>90,00</b>	13,16	13,90	14,15	13,74
<b>Média</b>	13,42	13,36	13,42	

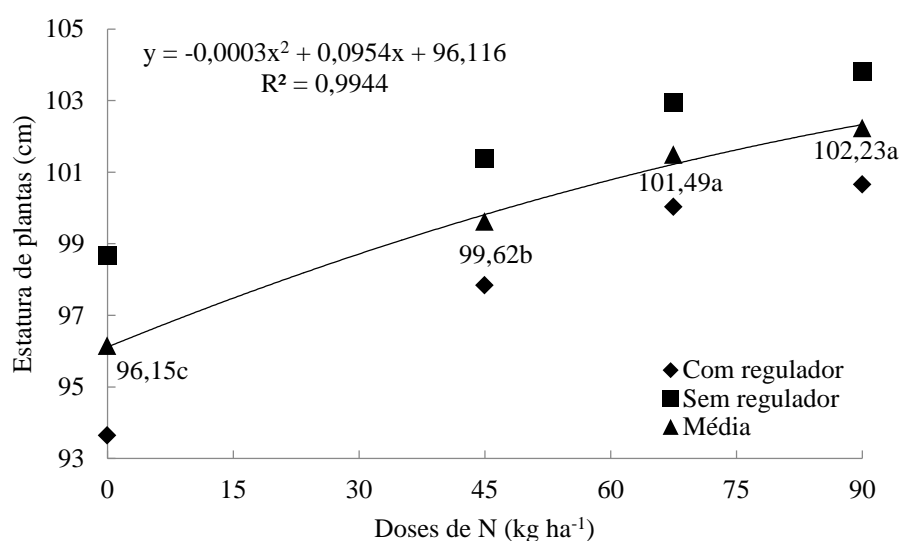
\*ns: Não significativo para testes de média a 5% de significância. Coeficiente de variação (CV): 6,47%

#### 4.4 ESTATURA DE PLANTAS

A altura das plantas está ligada diretamente ao acamamento e pode ser afetada pela dose de nitrogênio, entre outros fatores. É, portanto, uma característica que pode ser modificada pelo uso de reguladores de crescimento (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Desta forma, verificou-se diferença estatística para doses de nitrogênio e uso de regulador de crescimento, não havendo interações entre os mesmos. Os resultados da altura de plantas em função da dose de N podem ser observados na Figura 6.

Com relação às doses de N, a altura foi acrescida à medida em que se aumentou o suprimento de N até 67,5 kg ha<sup>-1</sup>, onde não houve diferença estatística para dose de 90 kg ha<sup>-1</sup>, apesar de ser numericamente maior. Resultados semelhantes também foram obtidos por Zagonel *et al.* (2002) e Mumbach (2015), os quais obtiveram em suas pesquisas maior estatura de plantas para as doses mais elevadas de nitrogênio.

**Figura 6** - Efeito de diferentes doses de nitrogênio e do uso de regulador de crescimento sobre a estatura de plantas de trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.



\*Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 2,60%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

A Tabela 12 representa a estatura de plantas mediante ao uso de regulador de crescimento.

**Tabela 12** - Estatura de plantas de trigo em função do uso de regulador de crescimento, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Uso de regulador de crescimento	
Com	98,04b*
Sem	101,70a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 2,60%.

Quanto ao uso de regulador de crescimento, percebe-se que seu uso foi efetivo, uma vez que reduziu o porte das plantas de trigo, deixando-as com a altura inferior às que não receberam o produto. Schwerz *et al.* (2012) ao estudar o uso de regulador de crescimento na cultura de trigo sob diferentes densidades de semeadura, observou que as plantas que receberam o Trinexapac-ethyl acabam reduzindo sua altura, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho. Resultados semelhantes foram obtidos por Chavarria *et al.* (2015), os quais observaram que as plantas de trigo de dois cultivares que foram tratadas com regulador de crescimento tiveram uma redução significativa de altura.

Verificando-se a Figura 6 é possível perceber que independente do uso ou não do regulador de crescimento, a altura de plantas é elevada à medida em que se faz maior aporte de N. Contudo, quando se utiliza Trinexapac-ethyl, o incremento de altura se mantém inferior ao não uso do regulador de crescimento.

Da mesma forma, Marco Júnior, Correa e Nakai (2013), Costa *et al.* (2018) e Silva (2022) testaram o efeito do regulador de crescimento e observaram redução na altura de plantas quando o mesmo era utilizado. Assim, a redução da altura de plantas aparece como uma das vantagens mais importantes do Trinexapac-ethyl, e sua interação com a dose de nitrogênio permite o uso de doses maiores de nitrogênio, mantendo as plantas com altura inferior àquela observada na ausência do produto (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002).

#### 4.5 ÍNDICE DE ACAMAMENTO

O acamamento está entre os fatores que mais podem limitar a produtividade do trigo e comprometer a qualidade de grãos. O mesmo está diretamente relacionado, dentre outros, à adubação nitrogenada, tornando-se mais intenso à medida em que se aumenta a disponibilidade deste nutriente (SILVA, 2022). Para o presente experimento foi observada diferença estatística significativa para doses de N e uso de regulador de crescimento. Além disso, houve interação entre o uso de regulador de crescimento e as formas de aplicação de N (Tabela 13).

**Tabela 13** - Índice de acamamento na cultura do trigo em função da interação uso de regulador de crescimento e formas de aplicação de nitrogênio, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Formas de aplicação de N	Uso de regulador de crescimento		Média
	Com	Sem	
<b>Incorporado</b>	0,44 Ba*	1,19 Aa	0,81 a
<b>Total</b>	0,44 Ba	1,06 Aa	0,76 a
<b>Fracionado</b>	0,75Aa	0,69Aa	0,72 a
<b>Média</b>	0,54 B	0,98A	

\*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 92,04%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

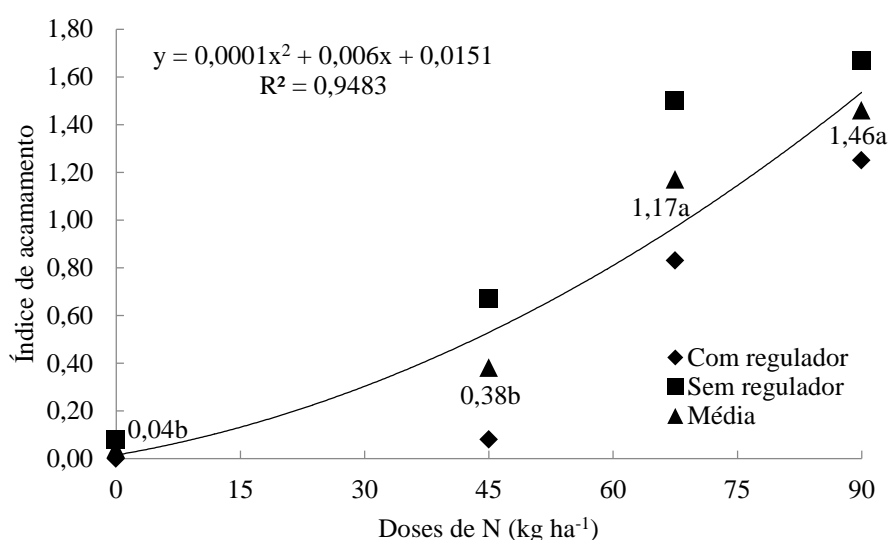
O acamamento, de modo geral, se manteve a índices reduzidos, não ultrapassando 5% das plantas acamadas na parcela. Isso pode ser justificado pelos eventos isolados de rajadas de vento acima de  $40 \text{ km h}^{-1}$  associados a precipitação pluviométrica, além de a cultivar ser moderadamente resistente ao acamamento (BIOTRIGO, 2023). Entretanto, vale destacar que os tratamentos que não receberam a aplicação do Trinexapac-ethyl apresentaram índices de acamamento 55% mais elevados que os tratamentos com o uso do produto.

Os resultados obtidos corroboram com os encontrados por Mumbach (2015), o qual também observou redução no índice de acamamento quando as plantas de trigo foram submetidas a aplicação de Trinexapac-ethyl. Resultados semelhantes também foram obtidos por Lozano e Leaden (2001), Rodrigues *et al.* (2003), Adegas (2006), Fernandes (2009), Schwerz *et al.* (2012) e Hawerth *et al.* (2015). É possível inferir que o menor índice de acamamento nos tratamentos que receberam a aplicação do regulador de crescimento seja decorrente da menor altura das plantas, uma vez que, segundo Zagonel e Fernandes (2007), há uma correlação entre estes fatores.

Quanto às formas de aplicação de nitrogênio, percebe-se que há um menor índice de acamamento no tratamento incorporado e total se comparado ao fracionamento da dose de N, quando tratados com regulador de crescimento. Isso pode ser atribuído ao parcelamento da fertilização nitrogenada, uma vez que a segunda aplicação de N coincidiu com o início da alongação das plantas de trigo. A disponibilidade de nitrogênio pode ter favorecido o crescimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2017), tornando-a mais suscetível ao acamamento.

Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009) afirmam que o aumento da dose de N aumenta o teor do nutriente na planta e promove maior acamamento, porém não há efeito nos componentes de produção e na produtividade. Este fato pode ser observado neste estudo, uma vez que nos tratamentos com as doses mais elevadas de nitrogênio o acamamento também foi maior, como pode ser visualizado na Figura 7.

**Figura 7** - Efeito de diferentes doses de nitrogênio e do uso de regulador de crescimento sobre o acamamento de plantas de trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.



\*Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 92,04%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

O índice de acamamento se elevou à medida em que a suplementação nitrogenada foi aumentada, até 67,5 kg ha<sup>-1</sup>, não diferindo da dose 90 kg ha<sup>-1</sup>, apesar de numericamente superior. Assim, independente do uso de regulador de crescimento, o acamamento é acentuado conforme maior aporte de nitrogênio para cultura. É importante mencionar que com o uso de regulador as plantas tendem a acamar menos. Fernandes e Tejo (2021) afirmam que altas doses de nitrogênio favorecem o acamamento, resultante de caracteres intrínsecos ao genótipo, às particularidades de cada solo, às condições climáticas e aos manejos culturais empregados.

Trevizan, Gregoleti e Hoffmann (2015) estudaram os efeitos do Trinexapac-ethyl sobre a cultura do trigo e perceberam a redução no acamamento de plantas com o uso do regulador de crescimento, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho. Da

mesma forma, Silva (2022) realizou uma revisão bibliográfica e concluiu que o Trinexapac-ethyl reduz a altura de plantas e o acamamento, podendo melhorar a arquitetura foliar.

Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009) avaliaram o uso de nitrogênio e regulador de crescimento em trigo de alta produtividade e concluíram que o aumento da dose de nitrogênio aumentou o teor do nutriente na planta e causou maior acamamento, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho. Resultados semelhantes foram obtidos por Faria (2020), no qual, naquela situação, o autor verificou que a adubação com a maior dose de N ocasionou efeitos negativos na cultura do trigo, como o maior acamamento de plantas.

Pode-se perceber que houve uma correlação entre altura de plantas e o índice de acamamento, uma vez que doses maiores de N promoveram maior crescimento em estatura do trigo e em consequência maior acamamento. Da mesma forma, o uso de regulador de crescimento promoveu redução da altura das plantas e em consequência o índice de acamamento se manteve inferior aos tratamentos que não receberam a aplicação do Trinexapac-ethyl.

#### 4.6 NÚMERO DE PERFILHOS PRODUTIVOS POR PLANTA

Aspectos fisiológicos e morfológicos da planta como o desenvolvimento de folhas, emissão de perfilhos e a capacidade fotossintética, podem ser afetados negativamente pela deficiência de N nas poáceas (NEUMANN *et al.*, 2009). O nitrogênio insuficiente resulta em cor verde mais clara, perfilhamento reduzido e perturbação da divisão normal do crescimento celular, e uma diminuição na taxa e extensão da síntese de proteínas (SILVA *et al.*, 2015).

Para o número de perfilhos produtivos por planta, não foram observadas diferenças estatísticas e interações entre os tratamentos avaliados. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 14.

**Tabela 14** - Número de perfilhos produtivos por planta de trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

<b>Com regulador de crescimento</b>				
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Formas de aplicação de N</b>			<b>Média</b>
	<b>Incorporado</b>	<b>Total</b>	<b>Fracionado</b>	
<b>0</b>	1,10ns*	1,10	1,10	1,10
<b>45,00</b>	1,35	1,48	1,48	1,43
<b>67,50</b>	1,63	1,50	1,45	1,53
<b>90,00</b>	1,65	1,48	1,53	1,55
<b>Média</b>	1,43	1,39	1,39	
<b>Sem regulador de crescimento</b>				
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Formas de aplicação de N</b>			<b>Média</b>
	<b>Incorporado</b>	<b>Total</b>	<b>Fracionado</b>	
<b>0</b>	1,25	1,30	0,95	1,17
<b>45,00</b>	1,68	1,15	1,15	1,33
<b>67,50</b>	1,53	1,35	1,18	1,35
<b>90,0</b>	1,40	1,58	1,43	1,47
<b>Média</b>	1,46	1,34	1,18	

\*ns: Não significativo para testes de média a 5% de significância. Coeficiente de variação (CV): 35,88%.

Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009) estudaram manejos nitrogenados e uso de regulador de crescimento na cultura do trigo e avaliaram o número de perfilhos por planta. Os autores não encontraram diferenças estatísticas significativas, corroborando com o presente estudo. Entretanto, Martin *et al.* (2021) observou maior número de perfilhos nas doses mais elevadas de nitrogênio, assim como Nunes *et al.* (2011) e Pietro-Souza *et al.* (2013).

Sartori (2019) avaliou o desempenho do parcelamento de nitrogênio na cultura do trigo e seus efeitos nos componentes de rendimento e qualidade fisiológica de sementes produzidas em terras baixas. Em sua pesquisa, não observou diferenças estatísticas significativas, quanto ao número de colmos férteis, quando toda a dose de nitrogênio foi

aplicada no estágio de perfilhamento ou parcelada, assemelhando-se com o obtido neste trabalho.

Em se tratando do uso do regulador de crescimento, o presente trabalho corrobora com Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009) e Martins (2012), os quais também não observaram efeitos do Trinexapac-ethyl sobre o número de perfilhos por planta.

#### 4.7 NÚMERO DE ESPIGAS POR METRO QUADRADO

O número de espigas por metro quadrado faz parte dos componentes de rendimento da cultura do trigo e pode ser afetado por vários fatores, como estado nutricional do solo e das plantas e densidades de semeadura (FIOREZE; RODRIGUES, 2014). Para o número de espigas por metro quadrado houveram diferenças estatísticas para as doses de nitrogênio e uso de regulador de crescimento, além da interação dos mesmos (Tabela 15).

**Tabela 15** - Efeito das formas de aplicação de nitrogênio, do uso do regulador de crescimento e doses de N sobre o número de espigas por metro quadrado para a cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

<b>Forma de aplicação de N</b>			
	Incorporado		502,77ns*
	Total		491,41
	Fracionado		485,47
<b>Doses de N (kg/ha)</b>	<b>Uso de regulador de crescimento</b>		<b>Média</b>
	<b>Com</b>	<b>Sem</b>	
<b>0</b>	394,12 bA**	408,71 cA	401,41 c
<b>45,00</b>	531,24 aA	488,35 bB	509,77 b
<b>67,50</b>	540,82 aA	506,65 bB	523,71 b
<b>90,00</b>	541,06 aA	534,82 aA	537,94 a
<b>Média</b>	501,82 A	484,68 B	

\*ns: Não significativo para testes de média a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 7,23%.



Diante dos resultados apresentados na Tabela 15, com relação à influência do uso do regulador de crescimento sobre o número de espigas por metro quadrado, percebe-se influência positiva do Trinexapac-ethyl. O número de espigas por metro quadrado foi acrescido, em média, em torno de 3,5% quando se fez o uso de regulador de crescimento, corroborando com os dados de Marco Júnior, Correa e Nakai (2013) e Marchese *et al.* (2016).

Zagonel *et al.* (2002) também avaliou o uso de regulador de crescimento sobre a cultura do trigo, obtendo resultados semelhantes. O autor justificou os ganhos em número de espigas por metro quadrado como resultado da redução de altura de plantas, deixando as mesmas mais compactas, com melhor direcionamento dos fotoassimilados para a produção de grãos e atributos da produtividade.

Neste mesmo trabalho Zagonel *et al.* (2002) testou diferentes doses de N e percebeu que a medida em que este nutriente foi fornecido em maior quantidade, o número de espigas por metro quadrado também foi aumentado, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho. Pesquisas realizadas por Teixeira Filho *et al.* (2007), Teixeira Filho *et al.* (2010) e Ludwig *et al.* (2022) também demonstraram resultados similares.

Para a interação entre doses de N e uso de regulador de crescimento, foi observado que a aplicação de Trinexapac-ethyl sobre a testemunha resultou em menor número de espigas por metro quadrado. Para as demais doses de N não foram observadas diferenças para o uso do produto. Desta forma, não é recomendada a utilização de regulador de crescimento a suplementação com nitrogênio não é realizada. Quando não se utilizou o Trinexapac-ethyl, o número de espigas por metro quadrado foi maior à medida em que se aumentou a suplementação nitrogenada.

#### 4.8 NÚMERO DE GRÃOS POR ESPIGA

O número de grãos por espiga foi afetado, estatisticamente, pelas doses e formas de aplicação de nitrogênio, bem como pelo uso do regulador de crescimento. Todavia, não foram observadas interações significativas entre as fontes de variação. Os resultados obtidos para número de grãos por espiga podem ser observados na Tabela 16.

**Tabela 16** - Efeito de formas de aplicação e doses de nitrogênio e uso de regulador de crescimento sobre o número de grãos por espiga para a cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Fonte de variação	Nº Grãos/espiga
<b>Forma de aplicação de N</b>	
<b>Incorporado</b>	38,14 <sup>a*</sup>
<b>Total</b>	34,22b
<b>Fracionado</b>	35,64b
<b>Dose de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	
<b>0</b>	33,81b
<b>45,00</b>	35,55b
<b>67,50</b>	36,60a
<b>90,00</b>	38,03a
<b>Uso de regulador de crescimento</b>	
<b>Com</b>	35,10b
<b>Sem</b>	36,90a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 9,71%.

A incorporação da ureia promoveu aumento no número de grãos por espiga, diferindo estatisticamente da aplicação superficial de nitrogênio. Resultados semelhantes foram encontrados por Theago *et al.* (2014), que também obteve maior número de grãos por espiga quando a ureia foi aplicada na semeadura da cultura do trigo. Entretanto, Teixeira-Filho *et al.* (2010) testaram o desempenho da aplicação de nitrogênio na semeadura e em cobertura e não verificaram diferenças entre as formas de aplicação. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva *et al.* (2008).

O número de grãos por espiga foi favorecido pelo aumento nas doses de nitrogênio até 67,5 kg ha<sup>-1</sup>, a qual estatisticamente se assemelhou com o tratamento de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, embora numericamente superior. Este resultado de aumento no número de grãos por espiga à medida em que se aumentam as doses de nitrogênio, corroboram com Frizzone *et al.* (1996) e Coelho *et al.* (1998). Todavia, Ecco *et al.* (2020) não observaram efeito significativo de diferentes doses de nitrogênio para esta variável.

O uso do regulador de crescimento promoveu a redução de 5% no número de grãos por espiga, corroborando com os resultados obtidos por Pagliosa *et al.* (2013). Os autores, ao estudarem diferentes doses de Trinexapac-ethyl em trigo, obtiveram maior número de grãos por espiga nas testemunhas sem regulador de crescimento, diminuindo a partir do uso e intensificando-se nas maiores doses. Em sua pesquisa, Nardino *et al.* (2013) não observou diferenças estatísticas para o uso de regulador de crescimento, enquanto Zagonel, Venancio e Kunz (2002) verificaram efeitos positivos do Trinexapac-ethyl sobre o número de grãos por espiga.

Diante do exposto, é possível verificar que os trabalhos na literatura acerca do uso do regulador de crescimento e sua influência no número de grãos por espiga são controversos, evidenciando a necessidade de repetição do presente experimento em outra safra.

#### 4.9 MASSA DE MIL GRÃOS

A massa de mil grãos foi afetada pela forma de aplicação de nitrogênio e pelo uso do regulador de crescimento. A forma de aplicação de nitrogênio incorporado propiciou a maior massa de mil grãos de trigo, diferindo-se estatisticamente das aplicações total e fracionada. A análise estatística pode ser visualizada na Tabela 17.

**Tabela 17** - Efeito de formas de aplicação de nitrogênio e do uso de regulador de crescimento sobre a massa de mil grãos, em gramas, para a cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Fonte de variação	Massa de mil grãos (g)
<b>Forma de aplicação de N</b>	
<b>Incorporado</b>	38,91a*
<b>Total</b>	38,39b
<b>Fracionado</b>	38,35b
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	
<b>0</b>	38,66ns**
<b>45,00</b>	38,39
<b>67,50</b>	38,67
<b>90,00</b>	38,61
<b>Uso de regulador de crescimento</b>	
<b>Com</b>	38,05b
<b>Sem</b>	39,12a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 2,09%.

\*\*ns: Não significativo para testes de média a 5% de significância.

Teixeira-Filho *et al.* (2010) e Theago *et al.* (2014) pesquisaram doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto no ano de 2006 e 2008, respectivamente. Os autores verificaram aumento no peso de cem grãos quando fizeram a aplicação de nitrogênio no momento da semeadura do trigo, corroborando com o obtido no presente trabalho.

Frank & Bauer (1996) afirmam que no período compreendido entre a fase de emergência das plântulas e a diferenciação do primórdio floral, a falta de N pode reduzir a massa de mil grãos. Desta forma, acredita-se que o melhor desempenho do N incorporado pode ter ocorrido em função da disponibilidade precoce de nitrogênio às plantas desde a emergência, aumentando a massa de mil grãos.

O uso do regulador de crescimento afetou negativamente o peso de mil grãos, diminuindo, em média, 1 grama ou 2,7% se comparada aos tratamentos que não receberam aplicação do produto. Zagonel *et al.* (2002) também estudaram regulador de crescimento na cultura do trigo e verificaram efeito negativo sobre o peso de mil grãos quando se fez uso do Trinexapac-ethyl.

Da mesma forma, Fernandes (2009) pesquisando populações de plantas e regulador de crescimento na cultura do trigo, observou diferença estatística com menor MMG para o uso de Trinexapac-ethyl somente para um cultivar, não havendo diferença para demais, evidenciando a resposta diferente de acordo com o genótipo.

#### 4.10 PESO HECTOLITRO

O peso hectolitro sofreu influência apenas das doses de N e foi superior ao exigido para comércio do trigo para todas as doses utilizadas. O PH deve ser no mínimo de 65 kg hl<sup>-1</sup> para o comércio (GUARIENTI, 1993) e superior a 78 para ser utilizado para panificação sendo classificado como Tipo 1, conforme preconizado pela legislação vigente (BROCA, 2021). A Tabela 18 demonstra os resultados obtidos quanto à variável PH.

**Tabela 18** - Efeito de doses de nitrogênio no peso hectolitro para a cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Peso do hectolitro (kg hl <sup>-1</sup> )
0	83,49b*
45,00	84,01a
67,50	83,96a
90,00	84,00a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 0,40%.

Estatisticamente, somente a testemunha sem aplicação de N apresentou-se inferior, sendo as demais equivalentes. Guarienti, Wiethôlter e Miranda (1991) estudaram diferentes doses de nitrogênio em cobertura no trigo e não verificaram influências no peso hectolitro das amostras, assim como Ohse e Antunes (2022). Nardino *et al.* (2013) observaram tendência de aumento no PH à medida em que se aumentou o aporte do Nitrogênio.

Schneider (2022) e Chagas *et al* (2022) concluíram, em suas pesquisas, que o PH foi afetado negativamente pelo aumento nas doses de N. Essa redução do peso hectolitro com o aumento de doses de N corrobora com as respostas encontradas por outros autores (PRANDO *et al.*, 2012; TRINDADE *et al.*, 2006). Isso poderia ser decorrente da maior competição pelos fotoassimilados produzidos, visto que aumento na adubação nitrogenada pode resultar em maior número de espigas por metro quadrado, como foi observado no estudo de Costa *et al.* (2018).

Diante do exposto, é possível verificar que os trabalhos na literatura acerca de diferentes doses de nitrogênio e sua influência no peso hectolitro são controversos, evidenciando a necessidade de repetição do presente experimento em outra safra agrícola.

#### 4.11 TEOR DE PROTEÍNA

Para o teor de proteína as formas de aplicação e doses de nitrogênio se mostraram diferentes estatisticamente, não ocorrendo diferenças significativas do uso de regulador de crescimento. A Tabela 19 demonstra o teor de proteína sob as diferentes formas de aplicação e doses de N.

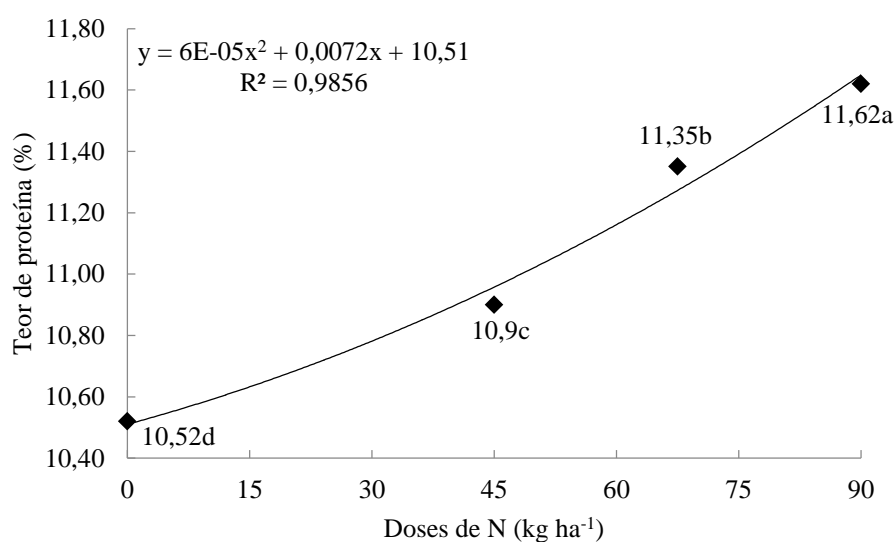
**Tabela 19** - Efeito de formas de aplicação N sobre o teor de proteína em grãos trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

Fonte de variação	Teor de proteína (%)
<b>Forma de aplicação de N</b>	
<b>Incorporado</b>	10,78b*
<b>Total</b>	11,25a
<b>Fracionado</b>	11,26a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 3,89%.

Para as formas de aplicação de nitrogênio, a incorporação da ureia proporcionou uma redução de 4,2% no teor de proteína dos grãos se comparada às formas total e a fracionada. Para a pesquisa de Sangoi *et al.* (2007) não houve efeito significativo das diferentes épocas de aplicação em cobertura de nitrogênio sobre o teor de proteína nos grãos. Já para as doses de N, os resultados do teor de proteína podem ser observados na Figura 8.

**Figura 8** - Gráfico do efeito de diferentes doses de nitrogênio sobre o teor de proteína de grãos de trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.



\*Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 3,89%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O teor de proteína nos grãos aumentou à medida em que as doses de nitrogênio também se elevaram, corroborando com os resultados obtidos por Folchini *et al.* (2022) e Bazzo *et al.* (2020), que ao avaliarem doses de 0 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, concluíram que a maior dose aumentou o teor de proteína. Da mesma forma, Pinnow *et al.* (2013), afirma que as doses de 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N afetam positivamente o teor de proteína no grão.

O aumento na concentração de N nos grãos ocorre devido à maior disponibilidade do nutriente no solo e maior absorção e translocação do elemento pela planta (ESPINDULA *et al.*, 2010). Assim, o N que é absorvido a partir da emissão da inflorescência tem sua principal contribuição no incremento do teor de proteína do grão (LAMOTHE, 2006; RODRIGUES *et al.*, 2010).

#### 4.12 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS

A produção de grãos de trigo é resultante da interação de um conjunto de fatores, como o potencial genético do cultivar, práticas de manejo e condições ambientais, que influenciam no potencial de produção. A produtividade da cultura do trigo é obtida por três componentes principais: número de espigas por unidade de área, número de grãos por espiga e massa média de grãos, e esses componentes, até certo limite, variam independentemente um do outro (BOSCHINI, 2010).

As formas de aplicação e doses de nitrogênio influenciaram a produtividade de grãos de trigo. Além disso, não foram observadas interações entre os fatores, bem como diferenças significativas para o uso do regulador de crescimento (Tabela 20).



**Tabela 20** - Efeito de formas de aplicação e doses de nitrogênio e do uso de regulador de crescimento sobre a produtividade da cultura do trigo, IFRS - Campus Ibirubá, 2022.

<b>Fonte de variação</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Forma de aplicação de N</b>	
<b>Incorporado</b>	4831,94b*
<b>Total</b>	5125,41a
<b>Fracionado</b>	4988,53a
<b>Dose de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	
<b>0</b>	4143,46b
<b>45,00</b>	5159,58a
<b>67,50</b>	5270,54a
<b>90,00</b>	5354,25a
<b>Uso de regulador de crescimento</b>	
<b>Com</b>	4962,52ns**
<b>Sem</b>	5001,40

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Coeficiente de Variação (C.V.): 8,13%.

\*\* ns: Não significativo para testes de média a 5% de significância.

A incorporação de N no solo promoveu a redução de 3,14% e 5,73% da produtividade de grãos em comparação aos tratamentos fracionado e total, respectivamente, não corroborando com os resultados obtidos por Ferreira (2021). O autor, trabalhando com o manejo da fertilidade do solo e da planta no estado do Paraná, concluiu que a fertilização nitrogenada realizada exclusivamente na semeadura do trigo foi capaz de suprir as necessidades de nitrogênio da cultura.

Em se tratando de doses de N, foram encontradas diferenças estatísticas significativas apenas para a testemunha (0 kg ha<sup>-1</sup>), a qual representou a menor produtividade. As demais doses, 45, 67,5 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N tiveram desempenho similar. Resultados semelhantes foram obtidos por Schneider (2022), o qual testou doses de 18,25; 36; 76; e 116 kg ha<sup>-1</sup> de N em Erechim, e não verificou diferenças significativas sobre a produtividade de grãos.

Bazzo *et al.* (2021) testou doses de 0, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados na semeadura ou em cobertura e seus efeitos sobre componentes de rendimento na cultura do trigo, em Londrina/PR. Como resultado, o autor não verificou diferenças significativas na produtividade para doses de nitrogênio testadas.

Costa *et al.* (2018), ao avaliar diferentes doses de N em cobertura e o efeito do Trinexapac-ethyl no trigo, e verificaram que o regulador de crescimento altera os componentes morfológicos do trigo, porém não altera os componentes produtivos e a produtividade de grãos. Os trabalhos de Cappellari (2011) e Hilgemberg (2010), também não obtiveram efeito do regulador de crescimento sobre a produtividade de grãos, corroborando com os resultados do presente experimento.

Entretanto, Cauduro *et al.* (2018) avaliou a produtividade e qualidade industrial de trigo sob duas doses de nitrogênio (90 e 117 kg ha<sup>-1</sup>) e uso de regulador de crescimento para duas cultivares, em Passo Fundo/RS. Para ambas as cultivares, o autor verificou elevação na produtividade tanto com o aumento nas doses de nitrogênio como com o uso do Trinexapac-ethyl. De modo geral, houve um incremento de 9,86% e 1,22%, para a dose de 90 Kg ha<sup>-1</sup> de N e 117 Kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

Diante do exposto, é possível verificar que os trabalhos na literatura de doses e formas de aplicação de nitrogênio, bem como o uso de regulador de crescimento e sua influência na produtividade de grãos são controversos, evidenciando a necessidade de repetição do presente experimento em outra safra.

#### 4.13 RECOMENDAÇÕES E SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante do exposto, recomenda-se que este experimento seja repetido em outra safra agrícola a fim de avaliar as condições em anos distintos, aumentando, assim, a confiabilidade dos resultados. Sugere-se que em trabalhos futuros sejam testados outros cultivares de diferentes ciclos, a fim de verificar o comportamento das diferentes doses e formas de aplicação de N, aliadas ao uso de regulador de crescimento, nos caracteres agrônômicos da cultura do trigo.

Também, é necessário que sejam testadas diferentes doses de Trinexapac-ethyl e épocas de aplicação, visando obter diferentes estratégias de manejos e soluções para o meio agrícola, sob diferentes cultivares e em distintas condições ambientais. A análise da

viabilidade econômica dos manejos é um gargalo que precisa ser estudada e quantificada, a fim de sanar interrogações de produtores e técnicos quanto ao custo benefício das práticas de manejo.

## 5 CONCLUSÕES

O uso do regulador de crescimento ocasionou redução da estatura de plantas e conseqüentemente houve menor índice de acamamento.

Quanto aos componentes de rendimento, somente o número de espigas por metro quadrado sofreu influência positiva do uso de regulador de crescimento. Em contrapartida, o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos foram superiores quando não se fez uso de Trinexapac-ethyl. Além disso, o uso de regulador de crescimento não influenciou a produtividade de grãos nas condições deste experimento.

As formas de aplicação de nitrogênio influenciaram o diâmetro do colmo, número de grãos por espiga, massa de mil grãos, teor de proteína e produtividade de grãos. A forma de aplicação de nitrogênio incorporada não diferiu das demais aplicações superficiais para a maioria das características analisadas.

As doses de nitrogênio influenciaram a estatura de plantas, índice de acamamento, número de espigas por metro quadrado, número de grãos por espiga, peso hectolitro, teor de proteína e produtividade. A maioria dos caracteres agronômicos avaliados foram favorecidos pelas doses mais elevadas de nitrogênio.

O estande de plantas, comprimento do primeiro entrenó e o número de perfilhos produtivos por planta não sofreram interferência dos tratamentos utilizados.

## 6 REFERÊNCIAS

ADEGAS, F. S. Efeito do regulador de crescimento trinexapac-ethyl em cultivares de trigo, semeados sob diferentes densidades In: **Congresso Brasileiro da Ciência das plantas daninhas**, 25., 2006, Brasília. Resumos. Brasília: SBCPD/UNB/Embrapa Cerrado. 2006, 204 p.

ALMEIDA, E. M.; DIJKSTRA, D.; RIBEIRO, F. M.; RIOS, A. D. F. O uso de reguladores de crescimento vegetal em plantas forrageiras. **Nutritime Revista Eletrônica**, Viçosa, v. 12, n. 5, p. 4302-4308, 2015. Disponível em: <[https://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/330\\_-\\_4302-4308\\_-\\_NRE\\_12-5\\_set-out\\_2015.pdf](https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/330_-_4302-4308_-_NRE_12-5_set-out_2015.pdf)>. Acesso em: 16 de julho de 2022.

AMABILLE, R. F.; MINELLA, E.; VALENTE, C. M. W.; SERRA, D. D. de. Efeito do Regulador de Crescimento Trinexapac-Etil em Cevada Cervejeira Irrigada em Áreas de Cerrado do Distrito Federal. Platina: Embrapa Cerrados, 2004. 14 p. (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 120).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS DO TRIGO (ABITRIGO). **Cartilha do agricultor: Micotoxinas no trigo**. 2018.

BERRY, P.M.; SPINK, J.H.; GAY, A.P.; CRAIGON, J. A comparison of root and stem lodging risks among winter wheat cultivars. **Journal of Agricultural Science**, v. 141, p. 191-202. 2003.

BAZZO, J. H. B.; GARCIA, E. B.; MARINHO, J. de L.; GOMES, D.; SILVA, S. R.; ZUCARELI, C. Vigor de sementes e adubação nitrogenada na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.30, n.1, p.39-50, 2021.

BAZZO, J. H. B.; SAPUCAY, M. J. L. da C.; FRANZONI, I.; ZUCARELI, C. Adubação nitrogenada de cobertura via solo e foliar na produtividade e composição mineral de grãos de trigo. **Rev. Terra & Cult.**, Londrina, v. 36, n. 70, jan./jun. 2020.

BIOTRIGO. **Catálogo de cultivares**. 2023. Disponível em: <<https://biotrigo.com.br/cultivares/tbio-ponteiro/>>. Acesso em: 16 de maio de 2023.

BONA, F. D.; MORI, C.; WIETHÖLTER, S. Manejo nutricional da cultura do trigo. Informações Agronômicas. **International Plant Nutrition Institute**, n. 154, 2016.

BOSCHINI, A.P. M. Produtividade e qualidade de grãos de trigo influenciados por nitrogênio e Lâminas de água no distrito Federal. **Dissertação de Mestrado**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília/DF. 2010. 54 p.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.2, p.317-323, 2001.

BROCA, A. Estudo da qualidade do trigo e da farinha de trigo destinada a panificação em um moinho no sul do Brasil. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul/PR. 2020. 33 p.

BUNNELL, B.T.; MCCARTY, L.B. **Sunlight requirements for ultradwarf bermudagrass greens**. Golf Course Management, v. 72, n. 8, p. 92-96, 2004.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R.F. *et al.* (Eds.). Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, p. 375-470. 2007.

CAPPELLARI, I. Genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) submetidos a aplicação de trinexapacetyl em diferentes densidades de semeadura. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí/RS. 2011. 40 p.

CAUDURO, T.; ZOLDAN, S. M.; TURRA, C.; REMOR, M.; BEDIN, A.; GUTKOSKI, L. C. **Produtividade e qualidade industrial de trigo sob doses de nitrogênio e regulador de crescimento**. 12ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de trigo e triticale, Passo Fundo, RS. 2018.

CHAGAS, J. H.; ALBRECHT, J. C.; PIRES, J. L. F.; SOBRINHO, J. S.; FRONZA, V. Densidade de semeadura e nitrogênio no trigo BRS 404 em sistema sequeiro em Planaltina - DF. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v.5, n.1, p.1439-1444, jan./mar. 2022.

CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. e-ISSN 1983-4063 **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 52-59, jan./mar. 2011. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/pat/a/WJv68h4hGqXTg3w4zsNGXqd/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em 30 de junho de 2022.

CHAVARRIA, G.; ROSA, W. P.; HOFFMANN, L.; DURIGON, M. R. Regulador de crescimento em plantas de trigo: reflexos sobre o desenvolvimento vegetativo, rendimento e qualidade de grãos. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 62, n.6, p. 583-588, nov-dez, 2015.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.555-561, 1998.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v.9 – Safra 2021/2022, n.5- Quarto levantamento. Brasília, DF, p. 101. 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v.9 – Safra 2022/2023, n.5- Nono levantamento. Brasília, DF,. 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Compêndio de Estudos Conab**. Companhia Nacional de Abastecimento, v. 1, Brasília, 2016.

COSTA, C. H. M.; VILELA, J. R. G.; SOUSA, A. L. S.; PAZ, R. B. O.; MOURA, B. F. S. **Adubação nitrogenada e uso de regulador de crescimento na produção de trigo de sequeiro**. Colloquium Agrariae, v. 14, n.4, Out-Dez. 2018, p. 01-09. DOI: 10.5747/ca.2018.v14.n4.a243

CRUZ, P.C. Genética do acamamento em trigo (*Triticum aestivum* L.) e a identificação do caráter para seleção. 2002, 107 p. **Tese de Doutorado** - Pós graduação em genética e biologia molecular. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002

CRUZ, P.J; CARVALHO, F.I.F; CAETANO, V.R.C; SILVA, S.A; KUREK, A.J; BARBIERI, R.L. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Revista Ciência Rural**. v.31, n.5, 2001.

CUNHA, G. R. da; PIRES, J. L. F; DALMAGO, G. A.; CAIERÃO, E.; PASINATO, A. **Trigo**. In: MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009. p. 279-293.

DAVIES, P.J. **Introduction: The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions**. In.: DAVIES, P.J. (Ed.) Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!. 3. ed. Dordrecht: Springer, 2007. p. 1-6.

DAVIES, P.J. **The plant hormones: their nature, occurrence, and functions**. In: DAVIES, P.J.(Ed.). Plant hormones and their role in plant growth and development. Netherlands: Kluwer Academic, 1987. p. 1-23.

DEMARI, G. H. *et al.* Cama de aves como alternativa para adubação nitrogenada em trigo. **Rev. Cultivando o Saber**, V. 9, n 2, p.98-115.Abril/Jun, 2016.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).

ECCO, M.;BEDULLI, D. L.; LOPES, A. B.; RICHART, A.; KIELING, P. Adubação nitrogenada em cobertura em diferentes estádios fenológicos da cultura do trigo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.10, p.9-16, Março, 2020.

ERVIN, E. H.; KOSKI, A. J. **Trinexapac-ethyl increases Kentucky bluegrass leaf cell density and chlorophyll concentration**. Hortscience, v. 36, n. 4, p. 787-789, 2001.

ESPINDULA, M. C.; CAMPANHARO, M.; ROCHA, V. S.; MONNERAT, P. H.; FAVARATO, L. F. Composição mineral de grãos de trigo submetidos a doses de sulfato de amônio e trinexapac-etil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S.l.], v. 40, n. 4, p. 513-520, 2010.

FARIA, L. P. Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de trigo cultivado com doses de nitrogênio e de trinexapac-ethyl. **Dissertação de mestrado**. Universidade estadual do norte do paraná. Bandeirantes/PR. 2020. 64 p.

FERNANDES, C. H. dos S.; TEJO, D. P. Estudo sobre os impactos da adoção de métodos de adubação nitrogenada no desenvolvimento do trigo. **Rev. Terra & Cult.**, Londrina, v. 37, n. 73, jul./dez. 2021.

FERNANDES, E. C. População de plantas e regulador de crescimento afetando a produtividade de cultivares de trigo. **Dissertação de mestrado**. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa/PR. 2009. 100 p.

FERREIRA, L. A. R. Manejo da fertilização nitrogenada e do inibidor de urease nbpt na cultura do trigo. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes/PR. 2021. 123 p.

FIGUEIREDO, S. L.; RODRIGUES, J. D. Perfilamento do trigo em função da aplicação de regulador vegetal. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** Recife, v.7, suppl., p.750-755, 2012.

FOLCHINI, J. A.; SILVEIRA, D. C.; SCHAEFFER, A. H.; FONTANELI, R. S.; BONDAN, C. **Doses de nitrogênio na produção de pré-secado e grãos de trigo duplo propósito para nutrição animal**. Research, Society and Development, v. 11, n. 14, e219111436335, 2022.

FOLONI, J. S. S.; BASSOI, M. C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de.; CASTRO, C. de. **Fontes e doses de nitrogênio na adubação de semeadura do trigo no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Soja, ISSN: 2178-1680 ; n.8).

FOURAR-BELAIFA, R.; FLEURAT-LESSARD, F.; BOUZNAD, Z. A. **Systematic approach to qualitative changes in the stored-wheat ecosystem**: prediction of deterioration risks in unsafe storage conditions in relation to relative humidity level, infestation by *Sitophilus oryzae* (L.), and wheat variety. Journal of Stored Products Research, v.47, p.48-61, 2011.

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.

FRIZZONE, J. A.; MELLO JÚNIOR, 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.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo**. Jaboticabal: Funep, 2008, 338 p.

GASPARETO, R. N. Inoculação com bactérias promotoras de crescimento associado a doses de nitrogênio na nutrição e desempenho agrônomico de trigo no cerrado. **Tese (doutorado)**. Universidade Estadual Paulista - Campus de Ilha Solteira. Ilha Solteira/SP 60 p. 2022.



GOMES JÚNIOR, F.G.; LIMA, E. R.; LEAL, A. J. F.; MATOS, F. A.; SÁ, M. E.; HAGA, K. **I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada.** Acta Scientiarum Agronomy, 27:455-459. 2005.

GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; BRITO, C. H. DE.; MORAES, D. F. DE.; LOPES, M. T. G. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo em milho tropical. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.45, n.2, p.140-145, fev. 2010.

GRANT, C.A.; BAILEY, L.D. Effect of seed-placed urea fertilizer and N-(nbutyl) thiophosphoric triamide (NBPT) on emergence and grain yield of barley. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 79, p. 491-496, 1999.

GUARIENTI, E.M. **Qualidade industrial de trigo.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. 27p.

GUARIENTI, E.M.; WIETHÔLTER, S.; MIRANDA, M.Z. **Efeito de doses de nitrogênio, aplicadas em cobertura, na qualidade de trigo.** XVIII Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo. 1991.

HAWERROTH, M. C. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.50, n.2, p.115-125, fev. 2015 DOI: 10.1590/S0100-204X2015000200003.

HECKMAN, N.L.; ELTHON, T.E.; HORST, G.L.; GAUSSOIN, E.E. **Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria.** Crop Science, v. 42, p. 423- 427, 2002.

HILGEMBERG, P. Densidades de semeadura e reguladores de crescimento afetando o trigo. **Dissertação de Mestrado.** Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa/PR. 2010. 100 f.

HÖRBE, T. A. N. Distribuição espacial de plantas em fileira e sua relação com a produtividade do milho. **Tese de Doutorado.** Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2015/RS. 66 p.

KARAMANOS, R.E.; HARAPIAK, J. T.; FLORE, N.A; STONEHOUSE, T.B. Use of N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (NBPT) to increase safety of seed-placed urea. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, p. 105-116, 2004.

KERBER, T. L.; MÜLLER, A. L.; KOVALESKI, S.; VICARI, M. B.; BAZZAN, E.; SANTI, A.; DALMAGO, G. A.; PIRES, J. L. F.; CUNHA, G. R. da. **Avaliação de componentes do rendimento de trigo conduzido sob diferentes níveis de manejo.** VI Mostra de Iniciação Científica da Embrapa Trigo Resumos. EMBRAPA. Embrapa trigo. Passo Fundo, 2010.

KLEIN, C. L. Produtividade de grãos de cultivares de trigo recomendadas para o cultivo no Rio Grande Do Sul. **Trabalho de Conclusão de Curso.** Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI. Ijuí/RS. 2018. 33p.

LAMOTHE, A. G. **Trigo: calidad vs. rendimiento**. In: Jornada Técnica de Cultivos de Invierno, Montevideo. Montevideo: CIMMYT/INIA, 2006. p. 207-246. (Serie de Actividades de Difusión, 444). 2006.

LOBO, T. F.; FILHO, H. G.; BULL, L. T.; SOUZA, F. L. P de. **Manejos de nitrogênio e do lodo de esgoto na cultura do trigo**. Colloquium Agrariae, v. 14, n. 1, p. 58-66, 2018.

LOZANO, C.M.; LEADEN, M.I.; COLABELLI, M.N. **Efecto de trinexapac ethyl sobre la morfología del tallo en dos cultivares de trigo**. In: Congreso Nacional de Trigo, 5 e Simpósio Nacional de Cereales de Siembra otoño invernal, 3. Argentina, Inta, 2002. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/5/morfoldel talloleaden.htm>>. Acesso em: 16 de julho de 2022.

LOZANO, C.M.; LEADEN, M.I. **Efecto de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento y altura en dos cultivares de trigo**. In: Congreso Nacional de Trigo, 5 e Simpósio Nacional de cereales de siembra otoño invernal, 3. Argentina, Inta, 2002. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/5/leaden.htm>>. Acesso em: 22 de julho de 2022.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.  
SCOLARI, D.; LOBATO, E.; MAGALHÃES, J. **Um estudo econômico sobre fósforo e calcáreo em solos de cerrado do Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 17, n. 4, p. 505-511, 1982.

MAMANN Â. T. W. *et al.* Nitrogen efficiency in wheat yield through the biopolymer hydrogel. **Rev bras eng agríc ambient**. 2017Oct;21(10):697–702.

MARCHESE, J. A.; SUCHORONCZEK, A.; CIVIEIRO, J. C.; ASCARI, C. L.; FEDRIG, K. Efeito do trinexapac-etil associado a adubação nitrogenada elevada e parcelada na produtividade do trigo cultivar BRS-220. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v.9, n.1, p.105-111, 2016.

MARCO JUNIOR, J. de; CORREA, D.; NAKAI, E. H. **Efeito do regulador de crescimento trinexapac-ethyl na produtividade de trigo**. Acta Iguazu, Cascavel, v.2, n.1, p. 14-19, 2013.

MAROLLI, A; SILVA, J. A. G.; SAWICKI, S.; BINELO, M. O.; SCREMIN, A. H.; REGINATTO, D.C.; DORNELLES, E. F.; LAMBRECHT, D. M. **A simulação da biomassa de aveia por elementos climáticos, nitrogênio e regulador de crescimento**. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.70, n.2, p.535-544, 2018

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. Ed. New York: Academic Press, 2012. 651 p.

MARTINS, L. M. Épocas de aplicação de regulador de crescimento e de sombreamento artificial afetando cultivares de trigo. **Dissertação de mestrado** - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa/PR, 2012. 49 p.

MARTIN, T. N.; CORRÊA, A. R.; FERREIRA, M. M.; ARISMENDI, G. de A.; LANZARIN, M. M. **Nitrogênio em cobertura, tratamento de semente e aplicação foliar no trigo**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.18 n.36; p. 253 2021.

MELO, N. F. **Hormônios e Reguladores de Crescimento Vegetal**. EMBRAPA. Petrolina. 2002. Disponível em <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Hormonios-e- Reguladores-de-Crescimento-Vegetal%20(2).pdf>. Acesso em: 16 de julho de 2022.

MIKOANSKI, W. M. Aplicação de fertilizante foliar na cultura do trigo associado ou não ao nitrogênio. **Trabalho de conclusão de curso** (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia. Erechim/RS. 2017. Disponível em <<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/810/1/MIKOANSKI.PDF>>. Acesso em 13 de novembro de 2021.

MOTA, F. S. da. **Agrometeorologia do trigo no Brasil**. Campinas, SP: Sociedade de Agrometeorologia, 1989. 122 p.

MOTTER, L. Influência da adubação nitrogenada e de Etil-Trinexapac no crescimento e produtividade de trigo. 2007, 49.p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** - Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE, Paraná.

MUMBACH, J. C. L. Uso de regulador de crescimento na cultura de trigo e seus efeitos sob diferentes doses de nitrogênio. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS. Cerro Largo/RS. 2015. 38 p.

MUNDSTOCK, C.M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: ed. Autor, 1999. 228 p.

NARDINO, M. *et al.* **Resposta de cultivares de trigo a doses de nitrogênio e à aplicação de redutor de crescimento**. Current Agricultural Science and Technology 19 (2013) 73-81.

NAKAYAMA, K.; KAMIAY, Y.; KOBAYASHI, M.; ABE, H.; SAKURAI A. **Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell-free systems derived from immature seeds**. Plant Cell Physiology, v.31, p. 1183-1190, 1990.

NEUMANN, M.; OLIVEIRA, M. R.; SPADA, C. A.; FIGUEIRA, D. N.; POCZYNEK, M. **Componentes de rendimento e produção da planta de cevada em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura**. Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia, Guarapuava, v. 2, n. 3. 2009.

NUNES, A. da S.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; MOTA, L. H. de S.; **Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, out./dez. 2011.

OHSE, S.; ANTUNES, J. C. G. Índice relativo de clorofila e componentes da produção do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Thêma et Scientia** –Vol. 12, no 2, jul/dez 2022.

PAGLIOSA, E.E.; BENIN, G.; BIEZUS, E.; BECHE, E.; SILVA, C.L.; MARCHESE, J.A.; MARTIN, T.N. Trinexapac-ethyl e adubação nitrogenada na cultura do trigo. **Rev. Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 623-630, 2013.

PEDERSEN, M. K.; BURTON, J. D.; COBLE, H. D. **Effect of cyclanilide, ethephon, auxin transport inhibitors, and temperature on whole plant defoliation**. *Crop Science*, 46:1666-1672. 2006.

PELLISSARI, G. *et al.* **Hormônios reguladores de crescimento e seus efeitos sobre os parâmetros morfológicos de gramíneas forrageiras**. Trabalho de Pesquisa desenvolvido na Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen-RS, 2012.

PELTONEN, J. **Ear developmental stage used for timing supplemental nitrogen application to spring wheat**. *Crop Science*, 32:1029-1033. 1992.

PENCKOWSKI, L.H. Efeitos do trinexapac-ethyl e do nitrogênio na produtividade da cultura de trigo. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa/PR, 2006. 84 p.

PENCKOWSKI, L.H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Qualidade industrial do trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1492-1499, nov./dez., 2010.

PENCKOWSKI, L.H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. **Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade**. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.31, n.3, p.473-479, 2009.

PIETRO-SOUZA, W.; BOMFIM-SILVA, E. M.; SCHLICHTING, A. F.; SILVA, M. de S. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.6, p.575-580, 2013.

PINNOW, C.; BENIN, G.; VIOLA, R.; SILVA, C. L. da.; GUTKOSKI, L. C.; CASSOL, L. C. **Qualidade industrial do trigo em resposta à adubação verde e doses de nitrogênio**. *Bragantia*, Campinas, v. 72, n. 1, p.20-28, 2013.

PIRES, J. L. F.; LIMA, M. I. P. M.; VOSS, M.; SCHEEREN, P. L.; WIETHÖLTER, S.; CUNHA, G. R.; IGNACZAK, L. C.; CAIERÃO, E. **Avaliação de cultivares de trigo em sistema de manejo tradicional e otimizado**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 19 p. (Documentos Online, n. 54).

PIRES, J. L. F. *et al.* **Estratégias de sucessão trigo/aveia preta-soja para sistemas de produção de grãos no Planalto Médio do Rio Grande do Sul**. Passo Fundo, Embrapa circular técnica, p.23, 2016.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. **Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1015-1020, 2004. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ct/a/CJjNNGXsXWVCVHQwTmJPz5p/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 30 de junho de 2022.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; BASSOI, M. C.; OLIVEIRA, F. A. **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.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, A. J. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 43, p.34-41, 2013.

RADEMACHER, W. **Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways**. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, v.51, p. 501-531, 2000.

RAJALA, A. **Plant growth regulators to manipulate cereal growth in Northern growing conditions**. 53 p. 2003. Dissertation (Academic) – Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Helsinki, 2003.

RESENDE, P.A.P.; SOARES, J.E.; HUDETZ, M. **Moddus, a plant growth regulator and management tool for sugarcane production in Brasil**. Inter. Sugar. J., v. 103, p. 2-6, 2001

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; TEIXEIRA, M. C. C. **Potencial de rendimento de grãos**. In: RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C. Bases ecofisiológicas para manutenção da qualidade do trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 47- 63. 2010.

RODRIGUES, O.; DIDONETE, A. D.; TEIXEIRA, C.C.M.; ROMAM, S. E. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: EMBRAPA, 2003. (Circular Técnica n 14).

RODRIGUES, O.; MARCHESI, J. A.; VARGAS, L.; VELLOSO, J. A. O.; RODRIGUES, de C. S. Efeito da aplicação de herbicida hormonal em diferentes estádios de desenvolvimento de trigo (*Triticum aestivum* l. cvs. embrapa 16 e br 23). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo – RS, N.º 1, p. 19 - 29, 2006.

SANGOI, L.; BERNIS, A. C.; DE ALMEIDA, M. L.; ZANIN, C. G.; SCHWEITZER, C. Características agrônômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, v.37, n.6, 2007.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998

SARTORI, D. B. S. Parcelamento de nitrogênio na cultura do trigo e seus efeitos nos componentes de rendimento e qualidade fisiológica de sementes produzidas em terras baixas. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Federal do Pampa, Itaquí/RS. 2019. 66 p.

SCHEEREN, P. L.; DE CASTRO, R. L.; CAIERÃO, E. **Botânica, morfologia e descrição fenotípica**. Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE), 2015.

SCHNEIDER, J. R. Interferência de doses de nitrogênio e aplicação de fungicida na severidade de mancha amarela e produtividade em trigo. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Federal Fronteira Sul, Chapecó/SC. 2022. 39 p.

SCUDELER, F.; RAETANO, C. G.; ARAUJO, D.; BAUER, F. C. **Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais**. *Bragantia*, 63:129-139. 2004.

SHEPARD, D.; DIPAOLA, J.M. **Regulate growth and improve turf quality**. *Golf Course Management*, v. 68, n. 3, p. 56-59, 2000.

SILVA, J.; ARENHARD, E.; KRÜGER, C.; LUCCHESI, O.; METZ, M.; MAROLLI, A. A expressão dos componentes de produtividade do trigo pela classe tecnológica e aproveitamento do nitrogênio. *Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v.19, n.1, p.27-33, 2015.

SILVA, M. D. Efeitos do trinexapac-ethyl sobre o crescimento e produtividade da cultura do trigo. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Federal de Santa Maria. Frederico Westphalen/RS, 2022.

SILVA, P. Z. B. Adubação potássica em diferentes doses e formas de aplicação: efeitos na emergência e vigor da soja. **Trabalho de Conclusão de Curso**, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2022.

SILVA, S. A. da; ARF, O.; BUZETTI, S.; SILVA, M. G. da. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo em sistema plantio direto no cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2717-2722, 2008.

STEFEN, D. L. V. *et al.* Adubação nitrogenada associada ao emprego de reguladores de crescimento em trigo cv. Mirante. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. Lages, v.13, n.1, p.30-39, 2014.

STORCK, A. **Ureia no Trigo: por que e quando aplicar nitrogênio?** 2021. Disponível em: <<https://www.3tentos.com.br/triblog/post/52#:~:text=Recomenda%2Dse%20que%20a%20primeira,e%20o%20n%C3%BAmero%20de%20espiguetas.>>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

SUBRINHO, C. R.; SILVEIRA JUNIOR, O.; SANTOS, M. O.; SOUTO, G. D.; SANTOS, L. J. B. **Uso de reguladores de crescimento vegetal no capim BRS zuri**. In: jornada de iniciação científica e extensão, 11., 2020, Tocantins. Jornada científica. Tocantins: Jice, 2020. p. 1-8. Disponível em: <<https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/11jice/paper/viewFile/10080/4634>>. Acesso em 16 de julho de 2022.

SCHWERZ, L.; DELLAI, A.; KOPPE, E.; NARDINO, M.; SILVA, V. R. da. **Uso de regulador de crescimento na cultura de trigo (*Triticum aestivum* L.) sob diferentes densidades de semeadura**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. - 2012

SYNGENTA. **“Moddus, Regulador de Crescimento” – No se rinde fortalece El rendimiento de su trigo**. Boletim técnico. Chile, 2003.

TAIZ L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Tradução SANTAREM, E.R. Porto Alegre; ARTMED, 2004. 710p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, p.888, 2017.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 400, 2004.

TEIXEIRA-FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo irrigados por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 29, n. 3, p. 421-425, 2007.

TEIXEIRA-FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O. BENETT, C. G.S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

THEAGO, E. Q.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M; MEGDA, M. M.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:1826-1835, 2014.

TOMASINI, R. G. A.; AMBROSI, I. **Aspectos econômicos da cultura de trigo**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 15, n. 2, p. 59-84, maio/ ago. 1998. Disponível em: <<http://www.atlas.sct.embrapa.br/pdf/cct/v15/cc15n204.pdf>>. Acesso em: 03 de julho de 2022.

TREVIZAN, K.; GREGOLETI, E.; HOFFMANN, A. F. **Trinexapac-ethyl diminui o acamamento e aumenta produtividade do cultivar de trigo Tbio pioneiro**. RAMVI, Getúlio Vargas, v. 02, n. 03, jan./ jul. 2015. ISSN 2358-2243.

TRINDADE, M. G.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B.; CÃNOVAS, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 24-29, 2006.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 163 p.: il. color. ISBN 978-85-7035-780-9. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1090589>>. Acesso em 16 de julho de 2022.

WEILER, E.W., ADAMS, R. **Studies on the action of the new growth retardant CGA 163'935**. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS. Proceedings. Switzerland: Ciba Geigy, 1991. p.1133-1138.

ZAGONEL, J. *et al.* Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.25-29, 2002.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.

ZAGONEL, J. **Efeitos do trinexapac-ethyl e de doses de nitrogênio em características agronômicas e na produtividade do trigo**. In: Reunião da Comissão Centro Sul, v. 18, p. 204-207, 2003.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; KUNZ, R.P. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidade de plantas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n.1, p. 25-29, 2002.

ZANQUETA, R.; FURLANI JUNIOR, E.; PANTANO, A. C.; SOUZA, R. A. R. **Modos de aplicação de regulador de crescimento com diferentes densidades de plantas em cultivares de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.)**. Acta Scientiarum Agronomy, 26:97-105. 2004.



## APÊNDICE A - LAUDO DE ANÁLISE QUÍMICA



LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SOLOS  
VINCULADO A REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL DOS ESTADOS DO RS E SC  
**ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO**

Nome: BRUNA DALCIN PIMENTA  
Município: Ibirubá  
Estado:  
Localidade: AREA EXPERIMENTAL  
CPF/CNPJ: 01241501017

Remetente: BRUNA DALCIN PIMENTA  
Data de recebimento: 12/05/2022  
Data de expedição: 24/05/2022  
Registro: 5522 Completa

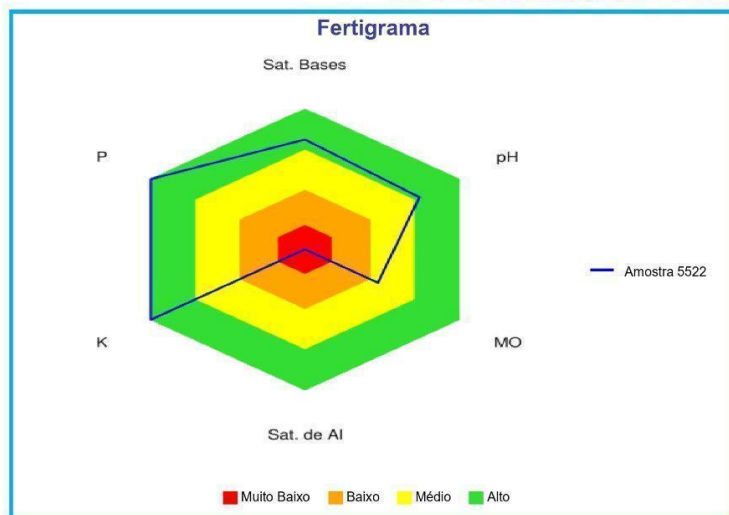
Amostra N°	Área ha	Matricula da Área	Prof.	Gleba	Argila %	pH H <sub>2</sub> O	Índice SMP	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	M.O. %	Altroc. cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
IFRS CAMPUS IBIRUBA	-	-	0-10 cm	-	47	6,2	6,7	60,9	226	2,9	0,0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P, K, Zn e Cu determinados pelo método Mehlich - I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn, e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; S-SO<sub>4</sub> extraídos com CaHPO<sub>4</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> de P; 0,1 mol L<sup>-1</sup>; B extraído com água quente.

Amostra N°	Catroc. cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mgtroc. cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H + Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	CTC cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	% SAT da CTC		S mg dm <sup>-3</sup>	Zn mg dm <sup>-3</sup>	Cu mg dm <sup>-3</sup>	B mg dm <sup>-3</sup>	Mn mg dm <sup>-3</sup>	Fe g dm <sup>-3</sup>
					BASES	Al						
IFRS CAMPUS IBIRUBA	7,7	2,9	2,0	13,2	84,7	0,0	11,9	4,9	5,1	0,8	17	nd
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CTC a pH 7,0. UNIDADES: % = massa/volume; mg dm<sup>-3</sup> = ppm (peso/volume); cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup> = meq 100<sup>-1</sup>ml

Consulte um Engenheiro Agrônomo para obter as Recomendações de Adubação e Calagem.  
CCGL Tec - Tecnologia com Rentabilidade



Assinatura digital

65-35-8F-DF-5F-C0-92-54-AF-18-D2-0B-92-E6-CF-B0

Para autenticar, acesse [www.cogl.com.br/tec/solos](http://www.cogl.com.br/tec/solos), em "Autenticar" informe a sequência acima.

Aline Pegoraro da Rosa  
Química Responsável  
CRQ 05101733  
CFQ 118.134

Responsável pelo Laboratório de Análises