

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

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO TRIGO SUBMETIDO A DOSES
DE REGULADOR DE CRESCIMENTO E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

ANTONIO MATEUS ECKSTEIN

Ibirubá, março de 2022

ANTONIO MATEUS ECKSTEIN

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO TRIGO SUBMETIDO A DOSES
DE REGULADOR DE CRESCIMENTO E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado junto ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, *Campus* Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Rodrigo Luiz Ludwig

Coorientador: Prof. Marcos Paulo Ludwig

Ibirubá, março de 2022

RESUMO

O trigo (*Triticum aestivum*) representa a segunda maior produção de grãos do mundo, com grande importância na alimentação humana e animal. Desta forma, a busca por maiores rendimentos perpassa por diversos tratamentos culturais, principalmente em relação à adubação nitrogenada, que necessita ter dose ajustada pois pode causar acamamento em plantas. O uso de redutor de crescimento pode ser uma opção para que se tenha uma melhor arquitetura de plantas e uma maior resistência ao acamamento. O objetivo do estudo foi avaliar o desempenho agrônomo da cultura do trigo, submetido a diferentes doses de nitrogênio e de regulador de crescimento. Para isto, conduziu-se um experimento a campo no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, campus Ibirubá, no ano de 2020. O delineamento experimental adotado foi o Delineamento de Blocos Casualizados (DBC) com cinco repetições por tratamento envolvendo um modelo bifatorial (4 x 4) com os fatores, doses de regulador de crescimento (0, 300, 400 e 500 mL.ha⁻¹); e doses de nitrogênio em cobertura (0; 50; 100 e 150 kg.ha⁻¹). A cultivar de trigo utilizada foi a TBIO Sossego. As variáveis avaliadas foram, número de plantas emergidas, estatura de plantas, espigamento, índice de área foliar, porcentagem de acamamento, produtividade, peso hectolítrico, massa de mil grãos e avaliação econômica. Os dados foram submetidos a análises estatísticas pelo software Sisvar. Concluiu-se que o redutor de crescimento (trinexapaque-etílico) não apresentou diferença significativa para as variáveis analisadas. O produto não se mostrou vantajoso, ainda que, mostrou diferença significativa nas variáveis estatura de plantas aos 90 e 105 D.A.S (Dias Após a Semeadura), porém, não resultou em efeito positivo na produtividade e rentabilidade. Quanto à utilização de nitrogênio, houve um acréscimo em produtividade e no número de espigas por m² à medida que se elevou a dose aplicada. A dosagem de 50 kg.ha⁻¹ de nitrogênio se mostrou a mais rentável neste experimento.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*; Nitrogênio; trinexapaque-etílico; Rentabilidade.

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum*) represents the second largest grain production in the world, with great importance in human and animal nutrition. In this way, the search for higher yields involves several cultural practices, especially in relation to nitrogen fertilization, which needs to have an adjusted dose as it can cause lodging in plants. The use of growth reducer can be an option to have better plant architecture and greater resistance to lodging. The objective of the study was to evaluate the agronomic performance of the wheat crop, submitted to different doses of nitrogen and growth regulator. For this, a field experiment was conducted at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Sul, Ibirubá campus, in 2020. The experimental design adopted was the Randomized Block Design (DBC) with five replications per treatment involving a bifactorial model (4 x 4) with factors, growth regulator doses (0, 300, 400 and 500 mL.ha⁻¹); and nitrogen coverage rates (0; 50; 100 and 150 kg.ha⁻¹). The wheat cultivar used was TBIO Sossego. The variables evaluated were number of emerged plants, plant height, head setting, leaf area index, lodging percentage, productivity, hectoliter weight, thousand-grain mass and economic evaluation. The data were submitted to statistical analysis by the Sisvar software. It was concluded that the growth reducer (trinexapaque-ethyl) showed no significant difference for the analyzed variables. The product was not advantageous, although it showed a significant difference in the plant height variables at 90 and 105 D.A.S (Days After Sowing), however, it did not result in a positive effect on productivity and profitability. Regarding the use of nitrogen, there was an increase in productivity and in the number of ears per m² as the applied dose increased. The dosage of 50 kg.ha⁻¹ of nitrogen proved to be the most profitable in this experiment.

Keywords: *Triticum aestivum*; Nitrogen; trinexapaque-ethyl; Profitability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Escala dos estádios de desenvolvimento da planta de trigo. Escala de Feekes e Large.	11
Figura 2: Localização do experimento no IFRS - Campus Ibirubá.....	17
Figura 3: Temperatura média do ar (°C) e precipitação (mm) ocorridos durante o ciclo da cultura do trigo safra 2020 no município de Ibirubá-RS.	18
Figura 4: Croqui experimento.	19
Figura 5: Semeadura do experimento.....	20
Figura 6: Medidas usadas para dosar o fertilizante nitrogenado para aplicação em cobertura.	20
Figura 7: Aplicação do redutor de crescimento.	21
Figura 8: Estádio fenológico que foi realizada avaliação de emergência.	22
Figura 9: Medição estatura das plantas.	22
Figura 10: Realização contagem das espigas.	23
Figura 11: Determinação do comprimento e largura das folhas.	24
Figura 12: Observação visual das condições de acamamento.....	25
Figura 13: Área da parcela colhida para avaliação de produtividade, peso hectolitro e massa de mil grãos.	25
Figura 14: Trilhadora tratorizada utilizada para trilhar e limpar amostra de grãos.....	26
Figura 15: Equipamentos utilizados para determinação da massa da amostra e aferição da umidade.	26
Figura 16: A- Determinação do peso do hectolitro; B- Tabela de conversão utilizada.	27
Figura 17: Contagem de oito repetições de 100 grãos.	27
Figura 18: Produtividade de trigo nas diferentes doses de nitrogênio.	33
Figura 19: Rentabilidade do trigo em relação as doses de nitrogênio.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Índice de área foliar, espigas por metro quadrado e porcentagem de acamamento, em diferentes dosagens de redutor e de crescimento e de nitrogênio na cultura do trigo. Ibirubá, 2022.	30
Tabela 2: Estatura das plantas, aos 60, 75, 90 e 105 Dias Após a Semeadura em diferentes dosagens de redutor de crescimento e nitrogênio na cultura do trigo. Ibirubá, 2022.	32
Tabela 3: Produtividade, Peso Hectolitro e Massa de Mil Grãos, em diferentes dosagens de redutor de crescimento e nitrogênio na cultura do trigo. Ibirubá, 2022.	35
Tabela 4: Rentabilidade sobre a utilização de redutor de crescimento e fertilizantes nitrogenados. Ibirubá, 2022.	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REVISÃO DE LITERATURA	8
	2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA.....	8
	2.2 MORFOLOGIA E FENOLOGIA DA PLANTA DE TRIGO	10
	2.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	11
	2.4 ACAMAMENTO DO TRIGO	13
	2.5 REGULADOR DE CRESCIMENTO	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
	3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	16
	3.2 TRATAMENTOS E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	18
	3.3 VARIÁVEIS AVALIADAS	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5	CONCLUSÕES	37
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

Originário da Mesopotâmia, o trigo (*Triticum aestivum*), pertencente a família Poaceae, é o segundo cereal mais cultivado no mundo, ficando atrás apenas do milho. Os primeiros registros revelam que uma espécie, considerada o ancestral do trigo, era cultivada na Síria, Jordânia, Turquia e Iraque há 8.000 anos. O cereal teve grande importância nas civilizações egípcia e mesopotâmica (DANTAS, 2016). Sua grande demanda está relacionada as diferentes possibilidades de utilização, sendo base para alimentação humana na forma de farinha, de massas, de pães e outros. Para a alimentação animal também tem sua importância, pois é utilizado em várias dietas de bovinos, suínos, aves entre outros.

No inverno o trigo é uma das principais culturas implantadas no mundo, servindo de fonte de renda para diversas famílias. Também ao ponto de vista agrônomo, o trigo pode ter grande importância referente a busca por melhores características culturais das áreas, pois como por exemplo, possui raiz fasciculada que auxilia na manutenção dos macro e microporos, que respectivamente correspondem ao transporte de água e ar nas superfícies inferiores trazendo melhores características físicas para o solo. Ainda, protege o solo através da palhada, resguardando-o contra a perda de umidade provocada pelo sol e pelos ventos, contra a erosão, e também contribuindo para redução de plantas daninhas e de doenças severas (TRECENZI, 2012).

Dentre toda a tecnologia recomendada pela pesquisa, em continuidade a todas as etapas que compõem o sistema de produção dos cereais de inverno, destaca-se a adubação nitrogenada. Esta técnica é recomendada em função do teor de matéria orgânica dos solos e de outros fatores como expectativa de produção, cultivo anterior, entre outros (PERUZZO, 2015). O nitrogênio é o nutriente mineral normalmente absorvido em maiores quantidades pelas plantas. Ele faz parte de muitas moléculas importantes para a estrutura e a fisiologia vegetal, como aminoácidos, proteínas e enzimas, entre outras. Seu papel é insubstituível na produção agrícola (NPV, 2020). O trigo exporta cerca de 29 kg de N por tonelada de grão produzida (RAIJ et. al. 1996).

Para se obter alta produtividade deve se escolher uma cultivar com alto potencial bem como, proporcionar a ela adequado fornecimento de nutrientes, dentre eles, a correta quantidade de adubação nitrogenada. Pequenas doses de N limitam a produção, em contrapartida altas doses podem resultar em acamamento do trigo, o que resulta em queda de produtividade,

dificulta a colheita e gasto desnecessário com a compra de adubo nitrogenado (FILHO et. al., 2010).

Com o passar do tempo as cultivares de trigo sofreram melhoras significativas em relação as suas características genéticas. O lançamento de cultivares modernas de trigo, com alto potencial de produtividade, está ligado a um maior uso de insumos, entre os quais a adubação nitrogenada.

O acamamento se constitui na queda ou arqueamento das plantas em virtude da flexão do caule e/ou má ancoragem propiciada pelas raízes (JUNIOR, 2018), podendo ser um dos fatores que mais limita a maximização da produção de grãos de trigo. Os efeitos negativos do acamamento na produtividade são decorrentes do decréscimo da fotossíntese, da redução na assimilação e translocação de carboidratos e minerais, do aumento da intensidade de doenças, da redução na eficiência da colheita e ainda da redução do peso hectolitro (PH), tendo em vista que o valor pago ao produtor rural está diretamente associado a esta variante. (SCHWERZ et. al., 2012).

O aumento das precipitações no inverno, em conjunto a genética da cultivar, altas densidades de semeaduras, altas doses de nitrogênio são alguns dos fatores que podem levar a planta a desenvolver um maior porte e se apresentar sensível ao acamamento. Para possibilitar o adensamento e até mesmo maior aporte de nitrogênio ao sistema uma alternativa é a utilização de reguladores (redutores) de crescimento (SCHWERZ et. al., 2012), com a finalidade de reduzir o crescimento das plantas e fortalecer entrenós, minimizando assim, os riscos de acamamento (RODRIGUES et al., 2003), e conseqüentemente, as perdas de produtividade e qualidade dos grãos de trigo.

Através destas informações, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico da cultura do trigo, submetido a diferentes doses de nitrogênio e de regulador de crescimento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA

Em nível mundial a safra 2020/21 apresentou uma produção de 774,74 milhões de toneladas em uma área de 224,6 milhões de hectares. Para a safra 2021/22 espera se que sejam produzidos 775,87 milhões de toneladas. (USDA, 2021).

No Brasil, a área semeada de trigo na safra 2020/21 foi de 2,69 milhões de hectares, com produtividade média de 3.031 Kg.ha⁻¹ e produção de 8,15 milhões de toneladas. Para a safra 2021/22 a área semeada foi de 2,7 milhões de hectares, com produtividade de 2.644 kg.ha⁻¹ e produção de 7,7 milhões de toneladas (CONAB, 2022).

No Rio Grande do Sul na safra atual (2021) foram cultivados 1,17 milhões de hectares de trigo, o qual obteve uma produção em torno de 3,4 milhões de toneladas e produtividade média de 2.800 kg.ha⁻¹ (CANAL RURAL, 2021).

O trigo é a principal cultura de inverno no Brasil, sendo cultivada em rotação com a soja, prática bastante utilizada pelos maiores estados produtores. A região Sul destaca-se como a maior produtora de trigo no país, sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor, seguido do Paraná, representando, juntos, 87% da produção nacional (CONAB, 2021).

Para a alimentação humana, é fonte de carboidratos, proteínas, gordura, fibra, cálcio, ferro, ácido fólico. É um dos principais fornecedores de energia para o nosso dia a dia, atua na prevenção de diversas doenças e fornece vitaminas e minerais essenciais para o bom funcionamento do organismo (ABITRIGO, 2017). Quanto a alimentação animal, nesta cultura destaca-se o farelo do trigo, que pode ser atribuído a dietas animais e associado ao farelo de milho ou soja, mesmo não possuindo parâmetros nutricionais equivalentes, tem uma boa matéria bruta e também uma boa palatabilidade.

O cultivo de trigo no inverno, indiscutivelmente, contribui para a conservação do solo. A monocultura da soja tem deixado o solo descoberto após a colheita, já que, diferente do milho, a soja não produz grande quantidade de palha e esta é de rápida decomposição. O sistema plantio direto necessita de diversificação de espécies de plantas, que tenham raízes capazes de romper o adensamento do solo e promover a formação de palhada com maior durabilidade do que a soja. A cobertura do solo com culturas de inverno é fundamental para aumentar a quantidade e diversificar a fonte desta palhada, contribuindo para evitar a erosão, a lixiviação de nutrientes por enxurradas e o controle de plantas daninhas (EMBRAPA, 2017).

Um exemplo importante de ganho indireto com o trigo é o papel dessa cultura em um sistema integrado de controle de buva em soja. A combinação do efeito supressor do trigo com o uso de herbicidas no inverno aumenta a eficiência no controle de buva com benefícios bem conhecidos à cultura em sucessão no verão (ANTUNES, 2017).

Vargas (2007) pode explicar essa relação “A rotação de mecanismos herbicidas é importante para se evitar a seleção de biótipos resistentes aos mecanismos alternativos. O agricultor deve adotar um sistema de rotação de herbicidas de forma que os produtos com mesmo mecanismo de ação não sejam aplicados na mesma área mais do que duas vezes

seguidas. Quanto maior for o número de mecanismos empregados, menor será a probabilidade de seleção de biótipos resistentes. Para aumentar o número de mecanismos disponíveis, uma estratégia é cultivar diferentes tipos de culturas na área”.

2.2 MORFOLOGIA E FENOLOGIA DA PLANTA DE TRIGO

A estrutura morfológica da planta de trigo é semelhante aos demais cereais de inverno que tenham a finalidade de produção de grão. A planta de trigo é dividida em raízes, colmo, folhas e inflorescência. O sistema radicular é fasciculado, mas também pode apresentar crescimento de raízes adventícias. As folhas, que se desenvolvem após a emissão do coleótilo, são compostas por bainha, lâmina, lígula, e por um par de aurículas. O caule é do tipo colmo, geralmente oco, cilíndrico e apresenta de 4 a 7 entrenós. A inflorescência é do tipo espiga sendo formada de várias espiguetas, que contém os grãos. Estes, são pequenos, secos e indeiscentes, do tipo cariopse. Na fase de enchimento de grãos, os nutrientes estocados no colmo e nas folhas são muito importantes, pois são translocados até a espiga, contribuindo para o enchimento do grão (SHEEREN et al., 2006).

De acordo com a escala proposta por Feekes (1940) e modificada por Large (1954), conforme a Figura 1, os estádios de desenvolvimento da planta de trigo são divididos em: 1- Afilhamento, que vai da planta recém emergida ao pseudocaule completamente desenvolvido; 2- Alongamento do colmo, que compreende do primeiro nó do colmo visível até o completo desenvolvimento da bainha da folha bandeira mas que ainda não apresenta as espigas visíveis; 3- Espigamento/florescimento, a partir das primeiras espigas visíveis até o final do florescimento com os grãos no estágio aquoso; 4- Maturação, que consiste no grão no estágio leitoso até a maturação de colheita (LARGE, 1954).

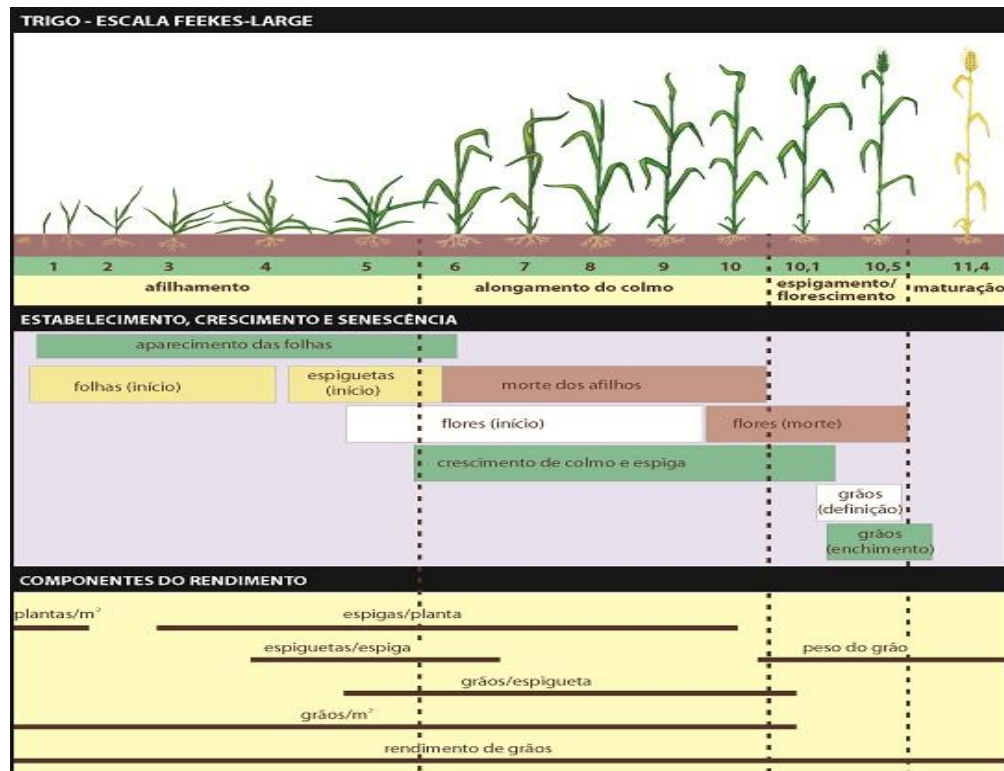


Figura 1: Escala dos estádios de desenvolvimento da planta de trigo. Escala de Feekes e Large.

Fonte: Bona; Morri; Wiethölter, 2016.

Os componentes de rendimento da cultura de trigo são o número de plantas por m^2 , espigas por planta, espiguetas por espiga, peso do grão, grãos por espiguetas, grãos por m^2 e o rendimento de grãos. O número de plantas por m^2 é definido até o estágio 1 da escala de Feekes e Large, as espigas por planta do estágio 3 ao 10, o peso do grão do estágio 10 ao 11,4, os grãos por espiguetas do estágio 4 ao 10,1, os grãos por m^2 do estágio 1 ao 10,1, e o rendimento de grãos do estágio 1 ao 11,4 da escala de Feekes e Large (VESOHOSKI et. al. 2011).

2.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA

O nitrogênio é, provavelmente, o segundo maior fator limitante da produção agrícola, perdendo apenas para a deficiência hídrica. As Poáceas, como o trigo, apresentam em sua constituição cerca de 2,9 % de N na planta inteira e 2 % nos grãos, por não se beneficiarem da fixação biológica de nitrogênio, na mesma proporção que outras plantas como as Fabaceae, precisam obter praticamente todo o N do solo e dos fertilizantes. Por isso, é necessário estabelecer a relação entre o N disponível no solo e o aplicado, via fertilizantes, com o rendimento de grãos (ESPINDOLA, et. al. 2010).

O nitrogênio é absorvido na forma de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), ambas as formas podem ser absorvidas e utilizadas pelas plantas de trigo (SBCS, 2004). A maior parte da absorção de N pelas plantas de trigo se dá entre o período do alongamento do colmo e o espigamento, atingindo acúmulo máximo na antese, que ocorre próximo a 100 dias. A absorção de N continua ocorrendo a partir desse estágio, mas também ocorre perda de N através da exsudação de compostos nitrogenados pelas raízes, pela senescência e queda de folhas. A extração de N por tonelada de grãos é de cerca de 20 a 25 Kg (WIETHÖLTER, 2011).

A fonte de nitrogênio mais utilizada é a ureia, produzida a partir da reação de amônia e gás carbônico, em altas temperaturas e pressão, com um catalisador, necessitando de um alto custo energético (CHAGAS, 2007). A ureia é bastante concentrada (45% de N) e tem menor custo por unidade de produto, mas apresenta algumas desvantagens como alta higroscopicidade (SILVA et al., 2012), volatilização na forma de amônia (NH_3) e perdas por lixiviação na forma de nitrato (NO_3), podendo causar a contaminação do ambiente, principalmente se o nitrato atinge as fontes de água (CIVARDI et al., 2011).

Os cereais de inverno cultivados no Sul do Brasil geralmente apresentam resposta à aplicação de N. Isso decorre do suprimento insuficiente de N dos solos para atender a demanda dessas plantas. O manejo da adubação nitrogenada merece destaque em função da utilização de pequenas doses quando do plantio e de doses maiores deste elemento em cobertura entre 20 a 45 dias após a emergência dos cereais. Isto se deve à mobilidade deste nutriente no solo, ao contrário dos demais macro nutrientes, que são aplicados integralmente no plantio, na fórmula de adubo (PERUZZO, 2015).

O fornecimento de N no trigo ocorre da emergência até a emissão da sétima folha. No início desse período o nitrogênio é necessário para aumentar o número de espiguetas por espiga, e em seguida, o número de grãos por espigas, já nos estádios finais o N é crítico para definir o número de colmos por área, e ainda que tenha pouco efeito sobre a produção de afilhos pode incrementar a sobrevivência dos filhos já emitidos (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2001).

Silva (2008) testando diferentes momentos e fracionamentos do nitrogênio quando aplicado integralmente 30 dias após emergência, e fracionando 1/3 na semeadura e 2/3 30 dias da semeadura, observou produtividade de 2.295 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e 2.148 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente, sendo estas melhores em relação a testemunha que apresentou valor de 1.568 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

A despeito dos seus muitos benefícios, segundo Espindula (2010), com o aumento das doses de nitrogênio principalmente quando estas chegam próximo ou ultrapassam 100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ocorre um crescimento muito acentuado nas plantas, conseqüentemente um aumento

significativo no nível de acamamento de 10 % até 30 %, um decréscimo na massa de mil grãos e por fim uma queda de produtividade (NPV, 2020). Este resultado é reflexo da Lei dos Incrementos Decrescentes: “Ao se adicionar doses crescentes de um nutriente, o maior incremento em produção é obtido com a primeira dose. Com aplicações sucessivas do nutriente, os incrementos de produção são cada vez menores”. A Lei dos Incrementos Decrescentes dita que o aumento da produção com aplicação de fertilizantes e corretivos não é linear (REHAGRO, 2016). Ainda, na produção agrícola e na qualidade dos alimentos, pode trazer consequências preocupantes se for mal manejado. Quando o N se perde do solo por lixiviação, volatilização ou se transfere para os corpos d’água, por exemplo, há prejuízo econômico para o agricultor e prejuízo para o ambiente, pois o N, quando em excesso na bacia hidrográfica, pode ter potencial poluidor (NPV, 2020).

No trigo, o nitrogênio tem estreita relação com o potencial produtivo, ou seja, está comprovado pela pesquisa que o investimento em adubação nitrogenada pode resultar em maior rendimento de grãos (ANTUNES, 2014). Para se obter alta produtividade deve se escolher uma cultivar com alto potencial, bem como a correta quantidade de adubação nitrogenada. Pequenas doses de N limitam a produção, em contrapartida altas doses podem resultar em acamamento do trigo, o que resulta em queda de produtividade, dificulta a colheita e gasto desnecessário com a compra de adubo nitrogenado (TEIXEIRA FILHO et. al., 2010).

2.4 ACAMAMENTO DO TRIGO

O uso de altas doses de nitrogênio pode resultar em acamamento das plantas, que segundo Cruz, (2000) para a triticultura se caracteriza como um acidente pelo qual a planta de trigo perde sua posição naturalmente vertical, inclina-se e cai sobre o solo, ocasionando redução no rendimento e na qualidade dos grãos. Ainda, pode-se ressaltar que não exclusivamente o fator de adubação pode afetar a morfologia de uma lavoura de trigo, mas também precipitações, aumento de densidade de semeadura, época de semeadura, e o vento.

A adubação com nitrogênio (N) na cultura do trigo é determinante para a obtenção de altas produtividades. Além disso, a conhecida relação do N com a altura de plantas e o acamamento (ZAGONEL & FERNANDES, 2007), sugere considerar também na definição da dose de N a ser aplicada, a estatura e a suscetibilidade dos cultivares ao acamamento.

Verifica-se que nos últimos anos as condições climáticas favoreceram os cultivos de inverno, principalmente, pois segundo Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA, 2020) o

histórico de chuvas do Rio Grande do Sul aponta maiores precipitações no início do cultivo dessas culturas, conseqüentemente obtêm-se um aumento de produção ano após ano, porém estes aumentos podem acarretar no acamamento. Ainda, quando esta ocorre entre meio e final de ciclo, a peso da espiga aumenta, fazendo com que a planta fique mais suscetível ao acamamento.

O genótipo de trigo utilizado é um dos fatores importantes para o acamamento, principalmente se ele é de porte alto, ou seja, quando mede próximo ou superior a 1,2 m na época de maturação. A densidade de semeadura, bem como a época de semeadura podem interferir no grau de acamamento das cultivares (CRUZ, 2002). Semeaduras precoces, que estendem o período vegetativo da cultura, podem refletir em aumento na estatura da planta e, por consequência, no acamamento (AZEVEDO et. al., 2010). Outro fator relevante é o vento, segundo a EMBRAPA (2019), o trigo está sujeito ao acamamento quando este ultrapassa 40 km h⁻¹, com danos mais severos quando ocorre a partir da floração.

O acamamento é um dos fatores que mais limita a maximização da produção de grãos de trigo. Os efeitos negativos do acamamento na produtividade são decorrentes do decréscimo da fotossíntese, da redução na assimilação e translocação de carboidratos e minerais, do suplemento excessivo de nitrogênio, do aumento da intensidade de doenças e, finalmente, da redução na eficiência da colheita (WIERSMA et. al. 1996). Essa perda de potencial de rendimento de grãos pode ser significativa, dependendo da intensidade e do estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre o acamamento, sendo a antese (maturação da flor) o estágio mais sensível, visto que, pode interferir diretamente no peso da espiga (AZEVEDO et. al., 2010).

Como alternativas para o produtor minimizar os riscos de ocasionar o acamamento, estão, implantar culturas resistentes ou de porte baixo, adubação adequada conforme a análise de solo, respeitar a época de semeadura de cada cultivar. Contudo, tal prática na maioria das situações, implica maiores riscos, uma vez que algumas cultivares disponíveis são ou devido as condições impostas se tornam suscetíveis ao acamamento (AZEVEDO et. al., 2010).

Como ressaltado anteriormente, no estado do Rio Grande do Sul, as precipitações aumentam em certas estações do ano, resultando em plantas de grande porte, dependendo das condições de cultivo e de ambiente, apresentavam sensibilidade ao acamamento. Para possibilitar a utilização de maiores aportes de nitrogênio, um maior número de plantas por metro quadrado, ou para que se tenha uma prevenção a futuras intempéries climáticas, que podem trazer malefícios a cultura, temos como alternativa a utilização de redutores de crescimento (SCHWERZ et. al., 2012).

2.5 REGULADOR DE CRESCIMENTO

Os reguladores de crescimentos são os compostos químicos aplicados exogenamente que regulam o alongamento da haste com a inibição da biossíntese das giberelinas ou liberação do etileno (RAJALA, 2001). As giberelinas são compostos vegetais, também chamados de fitohormônios, que estimulam a divisão celular e ou a alongação celular (PALEG, 1965 citado por FLOSS, 2004). Os efeitos mais notáveis das giberelinas aparecem no crescimento, especialmente no alongamento do caule (FLOSS, 2004).

Os reguladores de crescimento atuam como sinalizadores químicos na regulação do crescimento de plantas. Normalmente ligam-se a receptores na planta e desencadeiam um série de mudanças celulares, as quais podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos. Os reguladores que reduzem a estatura são normalmente antagonistas às giberelinas e agem modificando o metabolismo destas (TREAHRNE et al.,1995, citado por TEIXEIRA; RODRIGUES, 2003).

O trinexapaque-etílico é um redutor de crescimento utilizado em cereais de inverno e que promove redução acentuada no comprimento do caule, com redução da altura de plantas evitando o acamamento. Este redutor atua no balanço de giberelinas, reduzindo drasticamente o GA1 (Ácido Giberélico) ao mesmo tempo em que aumenta seu precursor imediato GA20 (Enzima oxidase) (DAVIES, 1987). A queda no nível do ácido giberélico ativo GA1 é a provável causa da inibição do crescimento das plantas (WEILER; ADAMS, 1991). O redutor é absorvido pelas folhas e translocado até os nós do colmo das plantas atuando no balanço das giberelinas e afetando a alongação dos entre-nós (KERBER; LEYPOLD; SEILER, 1989).

Em experimento realizado na Argentina visando à avaliação do uso de reguladores de crescimento em modelos de alta produtividade no cultivo do trigo, foram observados efeitos de diferentes reguladores aplicados em diferentes estádios de crescimento. As plantas tratadas com trinexapaque-etílico (dose cheia e sequencial) apresentaram encurtamento dos entre-nós provocando redução de altura. Foi observado diminuição da área foliar, sem diminuir a atividade fotossintética. As aplicações nos estádios de 1 à 3 nós provocam mudanças na densidade de espigas, promovendo o desenvolvimento dos perfilhos e aumento da produção. Os tratamentos com regulador no início da alongação do colmo provocam mudanças na sua anatomia aumentando o diâmetro e espessura da parede celular. (LOZANO; LEADEN, 2001).

No Brasil, o trinexapaque-etílico foi avaliado por Zagonel et al. (2002), que realizaram experimento visando avaliar doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o cultivar de trigo OR 1 de porte baixo. O produto promoveu

redução substancial da estatura das plantas, pela diminuição dos quatro entre-nós, sem, entretanto afetar o diâmetro do caule e a massa das plantas secas. A aplicação do trinexapaque-etílico resultou em plantas com entre-nós mais curtos; aumento do número de espigas por metro e da produtividade. Com o aumento da dose de nitrogênio ocorreu o aumento da estatura das plantas, do número de espigas por metro e da produtividade. Com o aumento da densidade de plantas o diâmetro do caule, a massa seca das plantas e o número de grãos por espiga diminuíram e o número de espigas por metro e o peso de mil grãos aumentaram, mas não afetaram a produtividade.

O efeito do redutor de crescimento depende de vários fatores, como dose e época de aplicação, época de semeadura, condições do ambiente, estado nutricional e fitossanitário da cultura. Além desses fatores, o risco de acamamento associado a boas perspectivas de rendimento de grãos da cultura, deve orientar a decisão de se aplicar o produto (RODRIGUES et al., 2003, citado por PENCKWOSKI 2006).

Para o produto ter êxito no seu propósito, deve ser aplicado quando a cultura do trigo estiver com o 1° nó visível, e o 2° nó perceptível, além de seguir as recomendações de dosagens, que seriam entre 200 a 500 mL.ha⁻¹, assim como destacam CHAVARRIA et al. (2015) e MARTINS et al. (2014) que encontraram bons resultados para a utilização do regulador de crescimento trinexapaque-etílico quando aplicado no perfilhamento do trigo, contudo, os melhores resultados foram observados quando a aplicação do regulador ocorreu entre o 1° e 2° nó perceptível, sendo que, obteve-se um decréscimo de 6 cm no comprimento do pedúnculo e até 18 cm na altura das plantas, destacando a importância do momento da aplicação para maximizar a eficiência do produto.

Ainda, vale salientar que o redutor de crescimento tem um custo elevado por hectare para o produtor, em vista disso, deve-se fazer um levantamento se sua aplicação é vantajosa em relação às possíveis perdas ocasionadas pelo acamamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado na área didática e experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), campus Ibirubá - RS, conforme a Figura 2, com coordenadas geográficas 28°39'03'' S e 53°06'22'' O e 435 metros de elevação. O solo é

classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, conforme Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA 2018).



Figura 2: Localização do experimento no IFRS - Campus Ibirubá.

Fonte: Google Earth.

Segundo a classificação climática de Köppen a área de estudo localiza-se em uma região de clima do tipo “Cfa”, subtropical úmido, tendo como características climáticas principais a temperatura média de 19°C e precipitação média anual de 1826 mm (MORENO, 1961). De acordo com os dados da estação experimental do INMET (Instituto nacional de meteorologia) localizada no IFRS Campus Ibirubá, que estão apresentados na figura 3.

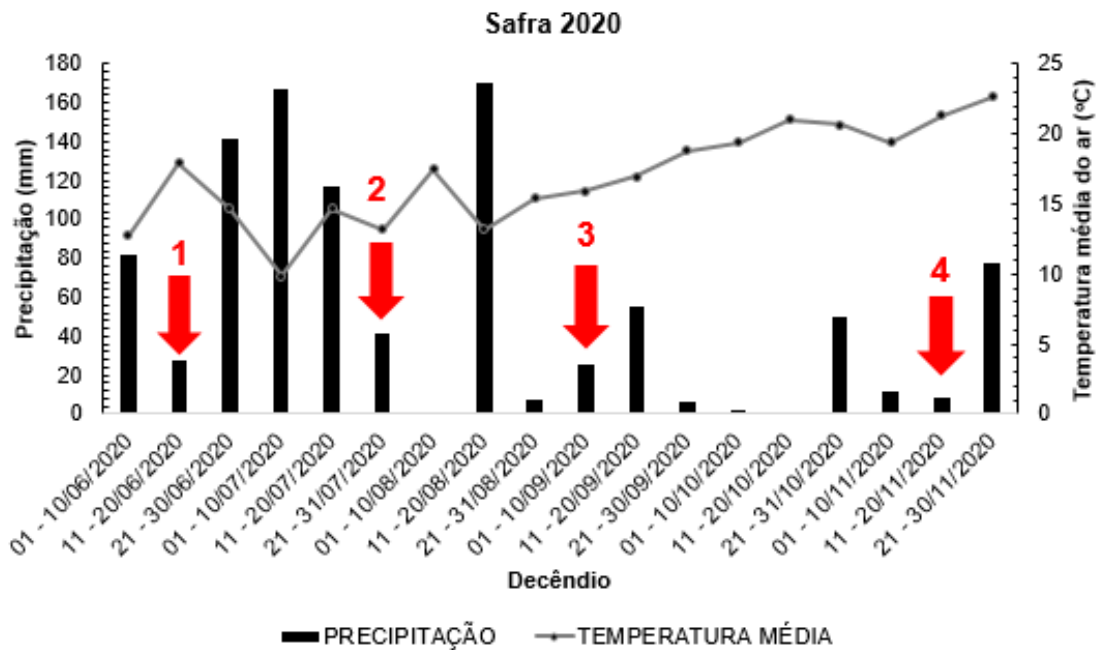


Figura 3: Temperatura média do ar (°C) e precipitação (mm) ocorridos durante o ciclo da cultura do trigo safra 2020 no município de Ibirubá-RS.

Legenda: (1) = Semeadura dia 20 de junho de 2020, (2) = 1ª aplicação de N dia 29 de julho de 2020; (3) = 2ª aplicação de N dia 02 de setembro de 2020; (4) = Colheita dia 12 de novembro de 2020.

Fonte: Estação experimental do INMET localizada em Ibirubá.

Durante o período de semeadura até a colheita do experimento ocorreu uma precipitação de 798,8 mm de chuva e a temperatura média foi de 15,5°C. Segundo Westphalem (1983) a necessidade hídrica mínima para a cultura do trigo é de 312 mm.

3.2 TRATAMENTOS E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O delineamento experimental usado foi o Delineamento de Blocos Casualizados (DBC) com cinco repetições por tratamento envolvendo um modelo bifatorial (4 x 4) com os fatores, doses de regulador de crescimento (0, 300, 400 e 500 mL.ha⁻¹); e doses de nitrogênio em cobertura (0; 50; 100 e 150 kg.ha⁻¹). A cultivar de trigo utilizada foi a TBIO Sossego, classificado como trigo pão, possui ciclo médio, altura média, alto nível de resistência a doenças, e um comportamento moderadamente suscetível ao acamamento (BioTrigo, 2018). A população final utilizada foi de 330 plantas m⁻².

As unidades experimentais eram constituídas por 9 fileiras/linhas de 3 m de comprimento, com espaçamento de 0,17 m entre fileiras, totalizando uma área de 4,59 m², conforme a Figura 4.

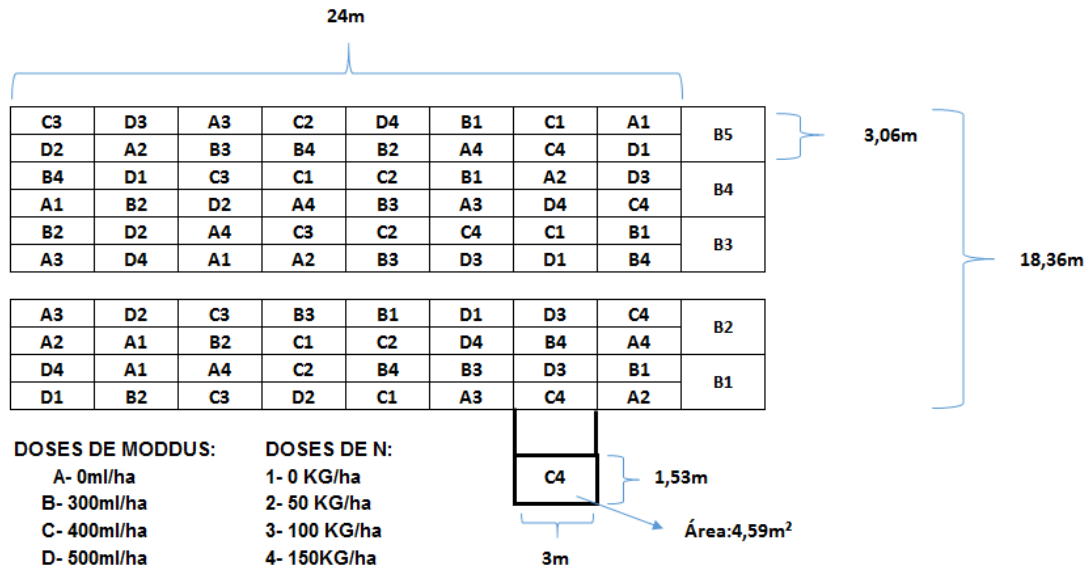


Figura 4: Croqui experimento.

Fonte: O autor, 2020.

O sistema de cultivo utilizado foi a semeadura direta, realizando-se mobilização do solo apenas na linha de semeadura. A amostragem do solo para posterior análise foi realizada no cultivo anterior, que foi com a cultura da soja, safra 2019/2020. Assim, o trigo foi considerado como segundo cultivo para fins de recomendação de adubação. A análise de solo apresentou os seguintes valores para os atributos: Argila: 55%; Classe Textural: 2; pH em água: 5,8; Índice SMP: 6; Potássio: 130 mg.dm⁻³, Fósforo: 35 mg.dm⁻³ e M.O.: 3,7%. A expectativa de rendimento foi de 4,5 Mg.ha⁻¹ e conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) a quantidade de adubação recomendada foi de 300 Kg.ha⁻¹ de fertilizante NPK da fórmula 5-20-20 e não houve necessidade de calagem. A dose de N recomendada seria de 15 kg.ha⁻¹ na base e 55 kg.ha⁻¹ em cobertura, dividido em duas aplicações, porém não foi seguida esta recomendação, visto que, foram buscadas produções superiores.

No dia 19 de maio, com objetivo de eliminar as plantas daninhas da área e evitar competição com a cultura a ser implantada realizou-se a dessecção utilizando os herbicidas Cletodim na dose de 0,450 L.ha⁻¹ de p.c., 2,4-D na dose de 1,5 L.ha⁻¹ de p.c. e 0,5 L.ha⁻¹ óleo mineral.

A semeadura ocorreu dia 20 de junho de 2020, de forma mecanizada (figura 5), com a distribuição uniforme das sementes no sulco de semeadura, a uma profundidade de aproximadamente dois cm.



Figura 5: Semeadura do experimento.

Fonte: O autor, 2020.

A adubação nitrogenada de cobertura foi dividida em duas aplicações seguindo as dosagens de (0, 50, 100 e 150 kg/ha⁻¹), sendo a primeira no início do afilhamento (aproximadamente 40 DAS) e a segunda no início do alongamento do colmo (aproximadamente 70 DAS), correspondendo aos estádios 2 e 6 da escala de Feekes-Large, respectivamente. O fertilizante utilizado foi a ureia (45 % de Nitrogênio) e a aplicação realizada de forma manual, em superfície, conforme a figura 6.



Figura 6: Medidas usadas para dosar o fertilizante nitrogenado para aplicação em cobertura.

Fonte: O autor, 2020.

Para os tratamentos com redutor de crescimento, estes foram realizados na elongação da cultura, com primeiro nó visível e o segundo nó perceptível, nas dosagens de 0, 300, 400 e 500 mL.ha⁻¹ de trinexapaque-etílico, utilizando o produto comercial Moddus, e realizando a aplicação com um pulverizador costal manual (figura 7).



Figura 7: Aplicação do redutor de crescimento.

Fonte: O autor, 2020.

Os demais tratamentos culturais, como manejo de plantas daninhas, doenças e pragas foram realizados conforme as Informações técnicas para trigo e triticale (EMBRAPA 2018), quando necessário.

3.3 VARIÁVEIS AVALIADAS

Para poder determinar o efeito do uso do redutor de crescimento juntamente com a adubação nitrogenada, as seguintes variáveis foram avaliadas:

- Emergência: Após a emergência (estádio 1 da escala de Feekes-Large), foram contabilizadas as plantas emergidas em dois metros lineares de cada unidade experimental para estimar o stand inicial de plantas presentes na área (Figura 8).



Figura 8: Estádio fenológico que foi realizada avaliação de emergência.

Fonte: O autor, 2020.

- Estatura das plantas: Foram determinadas as estaturas de 3 plantas aleatórias por parcela, iniciou-se no dia da aplicação do redutor (64 dias após a semeadura), e posteriormente realizada quinzenalmente até a cultura entrar na senescência (Figura 9).



Figura 9: Medição estatura das plantas.

Fonte: O autor, 2020.

- Espigamento: Para estimar o número de espigas por metro quadrado, realizou-se a contagem das espigas de dois metros lineares de cada unidade experimental (figura 10), quando a cultura apresentava todas as espigas fora das bainhas (estádio 10.5 da escala de Feekes-Large).



Figura 10: Realização contagem das espigas.

Fonte: O autor, 2020.

-Índice de área foliar (IAF): Inicialmente foram contabilizadas as plantas em 0,5 m lineares de cada parcela, posteriormente avaliadas três plantas inteiras, onde foi medido o comprimento e a largura de cada folha (figura 11), e aplicou-se a seguinte equação (ZHANG, 2012):

$$AF: C \times L \times 0,75$$

Onde:

AF: Área foliar;

C: Comprimento de cada folha;

L: Largura de cada folha.

Em seguida, somou-se as áreas das folhas de cada planta, e realizou-se a média entre as três plantas amostradas.

Para determinar o IAF utilizou-se a seguinte equação (ZHANG, 2012):

$$IAF = N * M / A$$

Onde:

N = número de plantas contabilizadas em 0,5 metros lineares;

M = Área foliar média de uma planta;

A = Área do ponto amostral – 0,5m x 0,17m



Figura 11: Determinação do comprimento e largura das folhas.

Fonte: O autor, 2020.

- Porcentagem de acamamento: No estágio final da cultura (estádio 10.5 da escala de Feekes-Large), realizou-se a avaliação visual de cada unidade experimental (figura 12), conforme metodologia proposta por Carvalho et al (2013) onde foram atribuídas notas de 1 a 5, onde (1 = todas as plantas eretas, 2 = algumas plantas inclinadas ou ligeiramente acamadas, 3 = todas as plantas moderadamente inclinadas ou 25 a 50% acamadas, 4 = todas as plantas severamente inclinadas ou 50 a 80% acamadas e 5 = todas as plantas acamadas).



Figura 12: Observação visual das condições de acamamento.

Fonte: O autor, 2020.

- Produtividade: Após a maturação da cultura realizou-se a colheita manual da área útil de 2 metros de comprimento por 0,85 metros de largura (5 fileiras), totalizando 1,7 m² (Figura 13), a qual foi trilhada em trilhadora tratorizada (Figura 14). Após a limpeza dos grãos, realizou-se a determinação da massa da amostra de grãos em balança digital com precisão de 0,01 grama, e também a aferição da umidade da amostra (U%) utilizando determinador eletrônico (Figura 15). A partir da massa de grãos obtida na área útil da parcela se obteve a produtividade, expressa em kg.ha⁻¹, corrigindo-se o peso para 13% de umidade.



Figura 13: Área da parcela colhida para avaliação de produtividade, peso hectolitro e massa de mil grãos.

Fonte: O autor, 2020.



Figura 14: Trilhadora tratorizada utilizada para trilhar e limpar amostra de grãos.

Fonte: O autor, 2020.



Figura 15: Equipamentos utilizados para determinação da massa da amostra e aferição da umidade.

Fonte: O autor, 2020

- Peso do hectolitro: Com a massa de grãos utilizada para a determinação da produtividade, foi determinada em balança hectolétrica com capacidade para um 0,25 L (Figura 16A), e posterior convertido para quilos por hectolitro com auxílio de uma tabela de conversão que acompanha o equipamento, conforme a Figura 16B. Realizou-se duas amostragens por unidade experimental e a diferença entre os resultados não deve exceder $0,5 \text{ kg.hL}^{-1}$. Se exceder deverá ser repetida a determinação, mas não foi o caso.

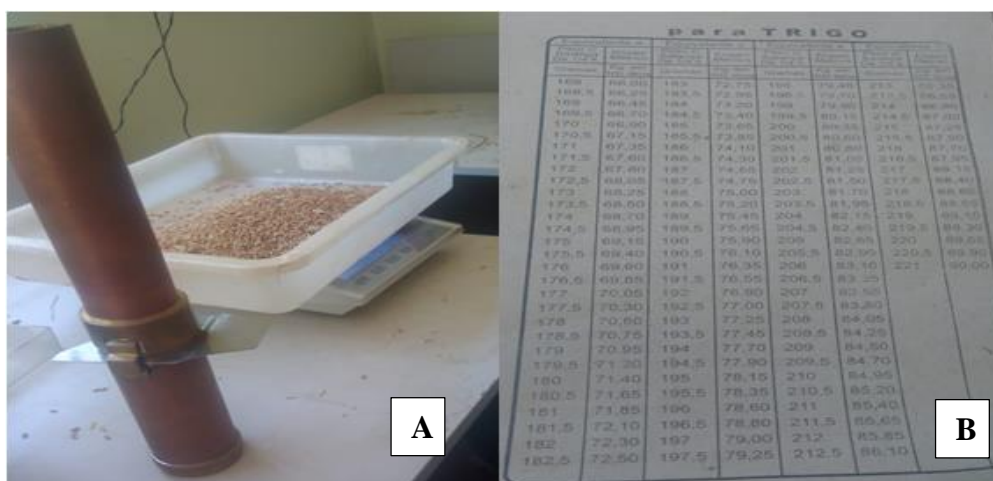


Figura 16: A- Determinação do peso do hectolitro; B- Tabela de conversão utilizada.

Fonte: Vergutz, 2020.

- Massa de mil grãos: Foi determinada pela contagem manual de oito repetições de 100 grãos (Figura 17), pesadas em balança analítica com precisão de 0,01g e após calculada a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação. Caso o coeficiente de variação das amostras fosse inferior a 4 %, seguir-se-ia a metodologia proposta em Brasil (2009), multiplicando a média dos 100 grãos por 10 para obter a massa de mil grãos das amostras.

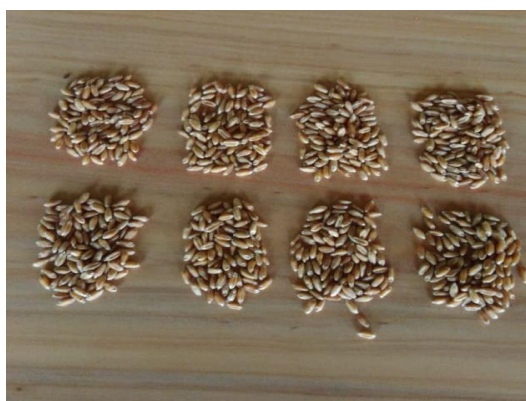


Figura 17: Contagem de oito repetições de 100 grãos.

Fonte: Vergutz, 2020.

-Avaliação econômica: Após a determinação de todos os parâmetros agrônômicos, realizou-se um estudo sobre a viabilidade econômica de utilizar o redutor de crescimento, e a adubação nitrogenada, fazendo uma comparação entre, seus respectivos custos e suas produtividades, em relação a não utilização e sua produtividade. Com o objetivo de concluir quais dosagens são mais vantajosas e rentáveis ao produtor, utilizou-se o preço de grão fixado em R\$80,00 a saca de 60 Kg (R\$ 1,33 por kg de trigo), o produto comercial Moddus fixado em R\$152,40 por litro, e a fertilizante nitrogenado (Ureia) fixado em R\$3,70 por Kg.

Os dados coletados foram digitados em uma planilha do Excel, e posteriormente submetidos à análise de variância conforme o modelo do delineamento experimental e as causas de variação que apresentarem significância pelo teste F ($p \leq 0,05$) foram submetidos aos procedimentos complementares de acordo com as respostas obtidas pelas interações e efeitos principais. Para os fatores qualitativos utilizou-se o teste de Scott-Knott e para os fatores quantitativos, regressão. O software utilizado foi o Sisvar (FERREIRA, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A média de plantas emergidas foi de 302,9 plantas por m², resultando em 91% do total da semeadura, já que a semeadora foi ajustada para distribuir 330 plantas por m², considerando então, um bom índice de emergência, visto que, a população indicada para esta cultivar está entre 300 a 330 plantas por m² para a região onde instalou-se a cultivar.

O fator área foliar (I.A.F.) tem importância nas culturas por ser um parâmetro indicativo de produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e a sua conversão em energia para as plantas, podendo desta maneira ter um reflexo na produção da cultura. Neste experimento, o I.A.F. não apresentou diferença significativa entre as dosagens de trinexapaque-etílico (Tabela 1), vale salientar que o redutor de crescimento reduz o comprimento do entre-nós, desta forma o número de nós é o mesmo, não afetando o número de folhas. Chavarria et al. (2015) encontrou uma redução de 16,54% da área foliar total, como consequência da redução de 9,66% da área foliar unitária em casa de vegetação, já para o experimento a campo não encontrou diferença significativa corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

Em relação as dosagens de nitrogênio podemos observar que o I.A.F (Índice de área foliar) não foi afetado significativamente pelas dosagens de nitrogênio (Tabela 1), isto pode estar relacionado a cultivar não ter características a um aumento significativo de área foliar

conforme a disponibilidade de N, ainda o fato pode estar relacionado as baixas precipitações que ocorreram quando foi aplicado o N em superfície no solo, resultando em um baixo rendimento de aplicação e não agindo diretamente na arquitetura da planta, e sim nos seus componentes de rendimento, ao contrário do que foi observado por Melero (2013) onde afirma que o aumento na altura e na massa de matéria seca das plantas de trigo, promovidos pelo nitrogênio, contribuíram para o aumento no índice de área foliar do trigo, que, por sua vez, afetou a incidência de uso da radiação solar, proporcionando incrementos nos componentes de produção da cultura.

A variável Espigas por m² também não apresentou diferença significativa conforme a tabela 1, Costa et al. (2018) e Trevizan (2015) não encontraram diferença significativa em relação ao número de espigas por m² sobre a utilização de regulador de crescimento. Estes resultados podem ser explicados, pois o trinexapaque-etílico age fazendo uma redução na arquitetura da planta, mais especificadamente no alongamento do caule, e se em condições favoráveis pode ter um incremento nos componentes de rendimento, o que não ocorreu neste caso.

Quanto ao tratamento com nitrogênio, observou-se um incremento no número de espigas por área com o aumento das dosagens do nutriente (Tabela 1). Este resultado também foi visto por Marchetti et al. (2001) e Barzotto et al. (2018), nas culturas de trigo e cevada, respectivamente. Vale salientar que este é um fator muito importante na produção da cultura do trigo, visto que, teoricamente quanto maior o número de espigas, maior o rendimento de grãos. Desta maneira é um componente de rendimento diretamente ou indiretamente determinados pela disponibilidade de N no solo, já que estes possibilitam o acúmulo de aminoácidos, enzimas e proteínas nos tecidos, os quais são distribuídos na planta, permitindo o desenvolvimento de novos tecidos e acumulados preferencialmente nos grãos (MALAVOLTA, 2006).

Com relação à porcentagem de acamamento, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos como podemos observar na tabela 1, desta maneira, pode ser levado em consideração que houve uma redução nas precipitações a partir do estágio 6 da tabela de Fakes & Large, que pode ser observado na figura 3, que corresponde ao alongamento do colmo, conseqüentemente a cultura apresentou limitações no desenvolvimento vegetativo, e conseqüentemente menor possibilidade de acamar.

O acamamento em decorrência da utilização de nitrogênio, seguiu a mesma tendência do componente espigas por metro quadrado, onde os valores seguiram aumentando conforme aumentou a disponibilidade de N no solo (Tabela 1). Prando et. al. (2013) encontraram resultados similares, onde o percentual de acamamento foi aumentando gradativamente

conforme aumentou as dosagens da adubação nitrogenada. Segundo Fornasieri Filho (2008), o acamamento de plantas de trigo pode ocorrer em maior ou menor intensidade, dependendo do genótipo, que determina a altura de planta, a resistência do colmo e o sistema radicular, sendo influenciado, principalmente, pelas doses de N e pelo excesso de chuvas, ao final do ciclo da cultura. O acamamento é um fenômeno que compromete a produtividade e qualidade dos grãos. Quando ocorre na fase de enchimento de grãos, compromete a produtividade, por limitar a fotossíntese e a translocação de fotoassimilados. Na maturação, as plantas acamadas deixam as espigas mais próximas do solo, em ambiente mais úmido, o que acarreta diminuição do peso hectolítrico, germinação ou apodrecimento do grão, além de dificultar a colheita mecanizada (ZAGONEL et. al. 2005).

Tabela 1: Índice de área foliar, espigas por metro quadrado e porcentagem de acamamento, em diferentes dosagens de redutor e de crescimento e de adubação nitrogenada na cultura do trigo. Ibirubá, 2022.

Dose de Trinexapaque- Etílico (mL.ha ⁻¹)	Variável avaliada		
	I.A.F.	Espigas (m ²)	Acamamento (%)
0	1,41 ^{ns}	359 ^{ns}	1,45 ^{ns}
300	1,50	383,47	1,19
400	1,43	383,23	1,30
500	1,46	371,35	1,35
Dose de Nitrogênio (Kg.ha ⁻¹)	I.A.F.	Espigas (m ²)	Acamamento (%)
0	1,36 ^{ns}	334,94 b	1,0 a
50	1,36	358,76 b	1,3 b
100	1,50	405,05 a	1,4 b
150	1,59	398,23 a	1,7 c
Média	1,45	374,26	1,3
C.V. (%)	29,34	12,51	29,51

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

^{ns} Não significativo pelo teste F ao nível de 5%.

Fonte: O autor, 2022.

Para a variável estatura de plantas (Tabela 2), podemos observar que a cultura nos 60 e 75 D.A.S. não apresentou diferença significativa entre as dosagens. Porém, nos 90 e 105 D.A.S. podemos notar que a dosagem da testemunha apresentou diferença, correspondendo a uma maior estatura em relação as outras variáveis. Desta forma, fica visível que quando a planta chegou em um estágio de alongação da cultura, o redutor de crescimento agiu e diminuiu o a estatura das plantas, corroborando com Chavarria et. al. (2015), onde houve redução da estatura de 16,90 e 15,78%, respectivamente, para os cultivares Quartzo e Mirante, com a utilização de regulador de crescimento em comparação com a testemunha. Vale salientar, que quanto maior a planta maior a tendência ao acamamento, e neste sentido o uso de regulador de crescimento tem um papel importante para evitar problemas futuros em relação a colheita, PH e redução de produtividade.

Em relação ao tratamento com doses de N, pode-se observar que em todas as épocas de avaliações (60, 75, 90 e 105 D.A.S.) quando maior a dosagem de nitrogênio aplicado sobre a cultura, maior a estatura das plantas, tendo em vista que este era um resultado esperado, pois o trigo é uma planta que é muito dependente do nitrogênio para o seu desenvolvimento e este nutriente é muito responsivo. Zagonel (2002) relatou que a estatura de plantas de trigo de modo geral, obtiveram um aumento significativo conforme aumentou as doses de nitrogênio. Ferreira et al. (2017) também verificaram aumento na estatura das plantas de trigo, já que a oferta de nitrogênio promove o alongamento do caule e o aumento do número de folhas e perfilhos. Como comentado anteriormente, a estatura das plantas é o principal fator de tendência ao acamamento, no ano do exposto experimento houve um déficit hídrico em etapas crucias do desenvolvimento das plantas, e desta forma as mesmas não obtiveram um índice tão grande em relação à altura dos exemplares, porém, em épocas com chuvas mais abundantes este pode ser um grande problema para os produtores se os mesmos optarem por maiores aportes de nitrogênio, não opção pelo redutor de crescimento e cultivares que podem vir a acamar.

Tabela 2: Estatura das plantas, aos 60, 75, 90 e 105 Dias Após a Semeadura (DAS) em diferentes dosagens de redutor de crescimento e adubação nitrogenada na cultura do trigo. Ibirubá, 2022.

Dose de Trinexapaque-Etílico (mL.ha ⁻¹)	Estatura de plantas (CM)			
	60 D.A.S.	75 D.A.S.	90 D.A.S.	105 D.A.S.
0	30,44 ^{ns}	54,23 ^{ns}	83,07 ^b	87,05 ^b
300	29,77	52,04	77,52 ^a	82,85 ^a
400	31,2	53,6	82,58 ^b	83,76 ^a
500	30,22	52,95	78,35 ^a	83,15 ^a
Dose de Nitrogênio (Kg.ha ⁻¹)	60 D.A.S.	75 D.A.S.	90 D.A.S.	105 D.A.S.
0	25,54 ^a	43,85 ^a	72,21 ^a	74,81 ^a
50	29,74 ^b	53,95 ^b	81,11 ^b	85,91 ^b
100	31,43 ^b	56,87 ^c	83,54 ^c	86,16 ^b
150	34,93 ^c	58,16 ^c	84,67 ^c	89,94 ^c
<i>Média</i>	30,41	53,20	80,37	84,20
<i>C.V. (%)</i>	9,76	7,59	5,53	4,71

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

^{ns} Não significativo pelo teste F ao nível de 5%.

Fonte: O autor, 2022.

Observa-se na tabela 3, que a produtividade não foi influenciada sobre as diferentes dosagens do redutor de crescimento ou seja, não apresentou diferença significativa, porém, pode-se observar que este fator até sofreu uma redução, podendo ser associado as baixas precipitações onde a aplicação de Trinexapaque-Etílico não surtiu o efeito desejado, e sim agiu contraditoriamente aos componentes de produtividade da cultura, corroborando com Penckowski (2006) onde concluiu que, a produtividade em relação ao aumento da dose do trinexapaque-etílico, e suas interações com a época de aplicação estão ligadas diretamente às alterações causadas pelo redutor na altura das plantas, possivelmente pelo encurtamento dos entre-nós, especialmente o último (pedúnculo). Em trigo, a espiga fica envolta na bainha da folha bandeira e, com o crescimento pedúnculo, essa acaba emergindo da bainha. Se o encurtamento do pedúnculo for acentuado a espiga, ou parte dessa, fica retida na bainha da folha-bandeira, interferindo na antese e na formação dos grãos com efeitos diretos na produtividade.

Em relação a produtividade, percebe-se que o fornecimento de nitrogênio proporciona incrementos de produtividade (figura 18). Fica claro que o nitrogênio é muito responsivo em trigo, e é fundamental para a cultura, ainda, pode-se observar que a dosagem de 100 kg.ha⁻¹ foi a que apresentou os maiores índices de produtividade, desta forma, a dosagem de 150 kg.ha⁻¹ pode ser considerado um gasto excessivo, visto que, o nitrogênio neste experimento, só foi bem

aproveitado no solo quando atingiu dosagens máximas próximas a $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, relatos da EMBRAPA TRIGO (2014) corroboram com esta afirmação, onde eles relatam: “ O limite econômico para N em trigo está entre 80 e $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, quando, geralmente, a adubação já não impacta mais no rendimento de grãos de forma a assegurar o investimento”. Bredemeier & Mundstock (2001), Zagonel et al. (2002), Trindade et al. (2006), Teixeira Filho et al. (2007, 2008) e Povh et al. (2008) também verificaram efeito de N sobre a produtividade da cultura. No entanto, Pottker et al. (1984), em razão das condições climáticas adversas com a ocorrência de altas precipitações pluviais alternadas com períodos de seca, não verificaram efeito de doses de N na produtividade dessa cultura.

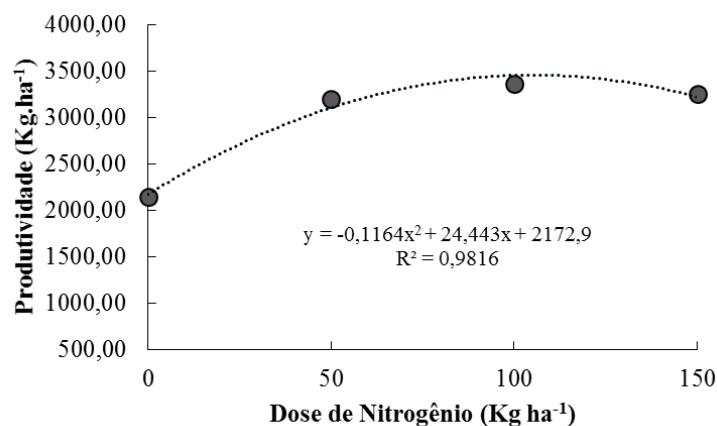


Figura 18: Produtividade de trigo nas diferentes doses de nitrogênio.

Fonte: O autor, 2022.

O valor de PH é utilizado como medida de comercialização do trigo, e expressa indiretamente a qualidade de grãos. Sabe-se que quanto maior o valor do PH, maior a aceitação e valorização do produto no mercado (MAZZUCO et al., 2002). Tem-se o valor de $78 \text{ kg}\cdot\text{hL}^{-1}$ como referência, ou seja, PH igual ou acima deste valor, considera-se trigo com maior valor comercial. Na determinação do PH estão associadas várias características do grão, como forma, textura do tegumento, tamanho, massa, e também a presenças de impurezas (palha, terra). Valores muito baixo de PH podem indicar ocorrência de problemas na lavoura, que afetam o enchimento e qualidade do grão (GUARIENTI, 1993), como excesso de chuvas por exemplo.

O peso hectolitro (PH) e a massa de mil grãos (MMG) obtiveram resultados com diferenças significativas, onde podemos notar que a dosagem testemunha foi a que apresentou maiores valores em comparação com as demais, esses resultado talvez podem ser explicados, devido ao fato da dosagem testemunha apresentar uma maior estatura em relação as demais (Tabela 2), e em contra partida as outras dosagens apresentarem plantas de menores estaturas,

consequentemente menores espigas e sementes, desta maneira tendo como resultado uma menor massa unitária das sementes, ainda, redução no PH. Além disso, segundo Penckowski (2006) os valores mais baixos de PH podem estar relacionados a características intrínsecas da cultivar, podendo desta maneira não ter sido influenciado pelos fatores de manejo utilizados no experimento, como aplicação de redutor de crescimento e doses de nitrogênio.

O peso hectolitro teve valor decrescente com o aumento das doses de N (Tabela 3), portanto tendo valor superior quando as doses de N foram menores ou zeradas (0, 50 e 100 Kg.ha⁻¹) e valor inferior com a maior dose (150 Kg.ha⁻¹) assim como Trindade et. al. (2006) e Frizzone et al. (1996), que observaram essa diminuição no peso hectolitro conforme o aumento da adubação nitrogenada. Uma hipótese para essa redução, é o aumento da competição de fotoassimilados que ocorre nos grãos onde se aplica elevadas doses de N. Ainda, o significado do aumento do número de espigas por metro quadrado, é por que se obteve mais perfilhos férteis, neste contexto, perfilhos na maioria das vezes originam grãos menores, o que pode ter afetado o PH. Sangoi et al. (2007) observaram uma relação inversa entre teor de proteína nos grãos no momento da colheita e rendimento de grãos, onde que a cultivar mais produtiva foi a que apresentou menor teor de proteína, e a cultivar que apresentou maior teor proteico foi a de menor produtividade. Isso se deve ao maior gasto energético que a planta tem para formar proteína, que pode comprometer o acúmulo de carboidratos (SOUZA et al., 2004).

A massa de mil grãos apresentou valores decrescentes com o aumento das doses de N (Tabela 3), sendo assim as doses 0, 50 e 100 Kg.ha⁻¹ se mostraram mais eficientes em relação a dose de 150 Kg.ha⁻¹ para esta variável, o que pode ser explicado por Filho (2008), onde as doses de N influenciaram a massa de 1000 grãos de forma negativa, pois se ajustaram a uma função linear decrescente. Esta redução nos valores de massa de 100 grãos com a elevação das doses de N, pode ser atribuída ao aumento no número de grãos por espiga o que aumentou a competição por nutrientes e fotoassimilados dentro da espiga e, como consequência, reduziu a massa unitária dos grãos. As respostas da massa de 1000 grãos à adubação nitrogenada na literatura são muito variáveis. Frizzone et al. (1996) verificaram que o incremento das doses de nitrogênio pouco contribuiu para o aumento da massa de 1000 grãos. Já Grundy et al. (1996), testando doses de 0, 40, 80 e 160 kg.ha⁻¹, obtiveram aumento desse componente com a utilização de doses mais elevadas de N. Por sua vez, Zagonel et al. (2002) e Soares Sobrinho (1999) verificaram que a adubação nitrogenada não influenciou na massa de 1000 grãos.

Tabela 3: Produtividade, Peso Hectolitro e Massa de Mil Grãos, em diferentes dosagens de redutor de crescimento e adubação nitrogenada na cultura do trigo. Ibirubá, 2022.

Dose de Trinexapaque- Etílico (mL.ha ⁻¹)	Variável avaliada		
	Produtividade (Kg.ha ⁻¹)	PH (Kg.hL ⁻¹)	M.M.G. (g)
0	3048,00 ^{ns}	75,34 a	34,35 a
300	3009,80	74,35 b	32,80 b
400	2875,96	74,65 b	33,29 b
500	3015,84	74,53 b	32,96 b
Dose de Nitrogênio (Kg.ha ⁻¹)	Produtividade (Kg.ha ⁻¹)	PH (Kg.hL ⁻¹)	M.M.G. (g)
0	2143,11 b	75,59 a	34,93 a
50	3193,41 a	75,31 a	33,97 b
100	3363,52 a	74,38 b	32,52 c
150	3249,57 a	74,09 b	31,97 c
<i>Média</i>	2987,40	74,84	33,34
<i>C.V. (%)</i>	13,08	1,2	4,07

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

^{ns} Não significativo pelo teste F ao nível de 5%.

Fonte: O autor, 2022.

Na tabela 4 podemos observar que a rentabilidade da utilização de trinexapaque-etílico (Moddus) foi nula em todas as dosagens, visto que, a produtividade foi inferior a não utilização do produto, de forma contrária, a utilização de fertilizante nitrogenado (Ureia) obteve-se uma boa rentabilidade em todas as dosagens (Figura 19), desta forma, a dosagem entre 50 Kg.ha⁻¹ e 100 Kg.ha⁻¹ de N mostra-se a mais rentável em comparação geral, da maneira que, entre as 4 dosagens utilizadas neste experimento, a dosagem de 50 Kg.ha⁻¹ se apresentou a mais rentável.

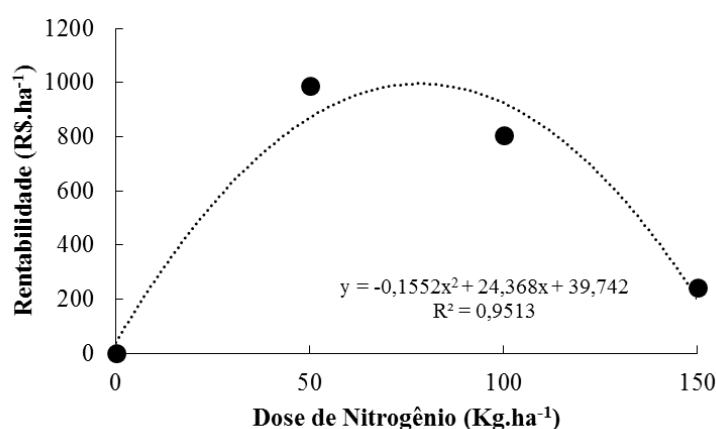


Figura 19: Rentabilidade do trigo em relação às doses de nitrogênio.

Fonte: O autor, 2022.

Pode ser salientado, que não houve acamamento na cultura, desta maneira os efeitos na redução do acamamento e consequente queda de produtividade não puderam ser observados, assim, a rentabilidade da utilização do redutor não foi verificada no presente experimento.

Tabela 4: Rentabilidade sobre a utilização de redutor de crescimento e fertilizantes nitrogenados. Ibirubá, 2022.

Dose de Moddus (mL.ha⁻¹)	Produtividade (Kg.ha⁻¹)	Acréscimo de produtividade	Custo da aplicação (R\$.ha⁻¹)	Ganho bruto (R\$.ha⁻¹)	Rentabilidade (R\$/ha)
0	3048	-	0,00	-	-
300	3009,8	0	45,72	0,00	0,00
400	2875,96	0	60,96	0,00	0,00
500	3015,84	0	76,20	0,00	0,00
Dose de Nitrogênio (Kg.ha⁻¹)	Produtividade (Kg.ha⁻¹)	Acréscimo de produtividade	Custo da aplicação (R\$.ha⁻¹)	Ganho bruto (R\$.ha⁻¹)	Rentabilidade (R\$/ha)
0	2143,11	-	0,00	-	-
50	3193,41	49%	411,11	1400,40	989,29
100	3363,52	56,90%	822,22	1627,21	804,99
150	3249,57	51,60%	1233,33	1475,28	241,95

OBS: Considerou-se para o cálculo os seguintes valores: 1) Trigo: R\$80 a saca de 60 Kg (R\$1,33 por kg); 2) Redutor de crescimento Moddus: R\$152,40 por litro; 3) Fertilizante nitrogenado (Ureia, 45% de N) em R\$3,70 por kg.

Fonte: O autor, 2022.

5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a utilização do redutor de crescimento (trinexapaque-etílico) não apresentou diferença significativa para as variáveis I.A.F., espigas m², % de acamamento, estatura de plantas aos 60 e 75 D.A.S. e produtividade. Quanto as variáveis PH e M.M.G. o redutor de crescimento obteve resultados negativos em relação a testemunha.

Quanto a utilização de nitrogênio, houve um acréscimo em produtividade e em espigas por m², assim conclui-se que este nutriente é determinante para comportar o desejável desenvolvimento da cultura de trigo e buscar os maiores rendimentos.

Em contrapartida, houve um decréscimo no PH e na M.M.G. Já a estatura de plantas e a % de acamamento, evoluíram a medida que se aumentou as dosagens de nitrogênio.

A dosagem de 50 kg.ha⁻¹ de nitrogênio se mostrou a mais rentável neste experimento.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABITRIGO. **O consumo da farinha de trigo e de seus derivados é fundamental para uma alimentação saudável e equilibrada.** CONHECIMENTO ABI TRIGO. 2017. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/conhecimento/>> Acesso em 18/03/2022

ANTUNES, J. **A importância do nitrogênio na qualidade do trigo.** EMBRAPA TRIGO. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2085244/influencia-do-nitrogenio-na-qualidade-do-trigo>> Acesso em: 20/03/2022

ANTUNES, J. **Artigo - A importância do trigo para a sustentabilidade da agricultura brasileira.** EMBRAPA. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/23416523/artigo---a-importancia-do-trigo-para-a-sustentabilidade-da-agricultura-brasileira#:~:text=Portanto%2C%20a%20cultura%20do%20trigo,insumos%20na%20propriedade%20rural%2C%20sendo>> Acesso em: 11/11/2021

AZEVEDO, W.; FIORIN, J.; WYZYKOWSKI, T. **Uso de regulador de crescimento moddus em diferentes cultivares de trigo da ccgl/fundacep.** XVII SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO. 2010. Disponível em: <<https://home.unicruz.edu.br/seminario/downloads/anais/caet/uso%20de%20regulador%20de%20crescimento%20moddus%20em%20diferentes%20cultivares%20de%20trigo%20da%20ccgl%20fundacep.pdf>> Acesso em: 04/01/2021

BARZOTTO, G. R.; LIMA, S. F.; SANTOS, O. F.; PIATI, G. L.; WASSOLOWSKI, C. R. **Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* em cevada.** NATIVA PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS, v. 6, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/4611>>. Acesso em: 15/02/2022.

BIOTRIGO. **Portifólio de cultivares.** BIOTRIGO GENÉTICA. 2018. Disponível em <https://biotrigo.com.br/cultivares/portfolio/tbio_sossego/41> Acesso em: 17/03/2022

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes.** Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, MAPA/ACS, 2009.398p.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. **Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura.** REVISTAS BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, Viçosa, v.25, n.2, p.317-323, abr./jun. 2001. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/1802/180218429009.pdf>> Acesso em: 10/02/2022.

CANAL RURAL. **Rio Grande do Sul deve ter maior safra de trigo da história.** CANAL RURAL TRIGO. 2021. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/rio-grande-do-sul-deve-ter-maior-safra-de-trigo-da-historia/>>. Acesso em: 10/02/2022.

CANAL RURAL. **USDA corta projeções de safra e estoques globais de trigo em 2021/22.** CANAL RURAL TRIGO. 2021. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/noticias/usda-corta-projecoes-de-safra-e-estoques-globais-de-trigo-em-2021-22/>> Acesso em: 10/02/2022

CARVALHO, R.; RODRIGUES, A.; GASPARIN, M.; GONÇALVES, G. **Índice de acamamento de plantas de soja cultivadas em sistema de integração lavoura-pecuária**. 65ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC. 2013. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/1069.htm>>. Acesso em: 15/12/2020.

CHAGAS, A. P. The ammonia synthesis: some historical aspects. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.1, p.240-247, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000100039> Acesso em: 02/01/2022.

CHAVARRIA, G; ROSA, W; HOFFMAN, L; DURIGON, M. **Regulador de crescimento em plantas de trigo: reflexos sobre o desenvolvimento vegetativo, rendimento e qualidade de grãos**. REVISTA CERES. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rceres/a/d8mhQWkJLGcbGWFvHFfLNcJ/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 07/01/2021.

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**. PESQUISA AGROPECUÁRIA TROPICAL, Goiânia, v.41, n. 1, p. 52-59, jan./mar. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/273715219_Ureia_de_liberacao_lenta_aplicada_superficialmente_e_ureia_comum_incorporada_ao_solo_no_rendimento_do_milho> Acesso em: 02/01/2022.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 376p., 2016.

CONAB. **Soja e trigo garantem aumento na produção nacional de grãos**. COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4464-soja-e-trigo-garantem-aumento-na-producao-nacional-de-graos>> Acesso em: 30/01/2022.

COSTA, C; VILELA, J; SOUSA, A; PAZ, R; MOURA, B. **Adubação nitrogenada e uso de regulador de crescimento na produção de trigo de sequeiro**. REVISTA UNOESTE. 2018. Disponível em: <<https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2370/2583>> Acesso em: 12/02/2022.

CRUZ, J. **Genética do acamamento em trigo e a identificação do carácter para seleção**. UFRGS. 2002. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2027/000313333.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 10/01/2021.

CRUZ, P. **Genética do acamamento em trigo e a identificação do carácter para seleção**. UFRGS REPOSITÓRIO DIGITAL. 2000. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2027/000313333.pdf?isAllowed=y&sequence=1#:~:text=O%20gen%C3%B3tipo%20de%20trigo%20utilizado,de%20semeadura%20tamb%C3%A9m%20causa%20acamamento>> Acesso em: 10/01/2021.

DANTAS, T. **Trigo.** MUNDO EDUCAÇÃO. 2016. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/saude-bem-estar/trigo-1.htm#:~:text=A%20cultura%20do%20trigo%20ocupa,Estados%20Unidos%2C%20Fran%C3%A7a%20e%20Canad%C3%A1>> Acesso em: 20/11/2020.

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

EMBRAPA TRIGO. **Influência do nitrogênio na qualidade do trigo.** EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2085244/influencia-do-nitrogenio-na-qualidade-do-trigo>> Acesso em: 29/01/2022.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa 2019. 356 p.

ESPINDULA, M; ROCHA, V; SOUZA, M; GROSSI, J; SOUZA, L. **Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo.** CIENCIA E AGROTECNOLOGIA. 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/CtLXh9DFsJmscXQT9nkLsNn/?lang=pt>> Acesso em: 17/01/2022.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>> Acesso em: 17/01/2021.

FERREIRA, J. P.; NUNES, R. F.; SILVA, R. B.; DAL BEM, E. A.; GARCIA, D. P. **Azospirillum brasilense via foliar e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo na região de Itapeva-SP.** REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE, Itapeva, v 12 (2), 2017.

FILHO, M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. **Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto.** PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA. 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105669/1/Doses.pdf>> Acesso em: 11/01/2021.

FILHO, M; **Doses, fontes e épocas de aplicação do nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio direto no cerrado.** REPOSITÓRIO UNESP. 2008. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98895/teixeirafilho_mcm_me_ilha.pdf?sequence=1> Acesso em: 25/02/2022.

FLOSS, E. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo está por trás do que se vê.** Ed. Passo Fundo: UPF, 2004. 528p.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo.** JABOTICABAL: FUNEP, 2008.

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.

GRUNDY, A. C.; BOATMAN, N. D.; FROUD-WILLIAMS, R. J. **Effects of herbicide and nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of wheat and barley.** JOURNAL OF AGRICULTURE SCIENCE, Cambridge, v.126, n.4, p.379-385, 1996.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 36 p. 1993. (Documentos, 8).

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Médias climatológicas.** IRGA. 2020. Disponível em: <<https://irga.rs.gov.br/medias-climatologicas>> Acesso em: 05/01/2021.

JUNIOR, A. **Acamamento de plantas.** BLOG EMBRAPA SOJA. 2018. Disponível em: <<https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2018/06/04/acamamento-de-plantas-na-cultura-da-soja/>> Acesso em: 25/02/2022.

KERBER, E., LEYPOLD, G., SEILER, A. **CGA 163'935 a new plant growth regulator for small grain cereals, rape and turf.** BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE-WEEDS. Proceedings...1989. p.83-8.

LARGE, E. C. Growth stages in cereals illustration of the feeks scale. **Plant Pathology**, v. 3, n. 4, p. 128-129, 1954.

LOZANO, C. M.; LEADEN, M.I. **Novedades sobre el uso de reguladores de crecimiento en trigo.** JORNADAS DE ACTUALIZACION PROFESIONAL: TRIGO 2001, p.34-35, 2001.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**, São Paulo: Editora Agronomica Ceres, 2006. 638 p.

MARCHETTI, M.E; CARAMORI, AZAMBUJA, T.B; CAMPOS, A.M.B. **Resposta de duas espécies de trigo ao nitrogênio e ao fosforo em solução nutritiva**, CIÊNCIA AGROTECNOLOGICA v.25 (4): 925-933, 2001.

MAZZUCO, H.; PORTELLA, J. A.; JUNIOR, W.; LUIS ZANOTTO, D. L.; MIRANDA, M. Z.; AVILA, V. S. **Influência do estágio de maturação na colheita e temperatura de secagem de grãos de trigo sobre os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAc) em frangos de corte.** REVISTA BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2221-2226, 2002.

MELERO, M; GITTI, D; ARF, O; RODRIGUES, R. **Coberturas vegetais e doses de nitrogênio em trigo sob sistema plantio direto.** AGRO UFG. 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pat/a/X83jpwLrRQrGCH6GzYYbXsj/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 20/02/2022.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, Seção de Geografia, 1961. 46p.

MORI, C; ANTUNES, J; FAÉ, G; ACOSTA, A. **O produtor pergunta a EMBRAPA responde.** EMBRAPA. 2016. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144769/1/ID43609-2016LVTrigo.pdf>>
Acesso em: 21/01/2022.

NUTRIENTES PARA A VIDA. Adubação com nitrogênio garante plantas saudáveis e ricas em proteínas. A LAVOURA. 2020. Disponível em: <<https://alavoura.com.br/agricultura/adubos-e-fertilizantes/adubacao-com-nitrogenio-garante-plantas-saudaveis-e-ricas-em-proteinas/#:~:text=O%20nitrog%C3%AAnio%20%C3%A9%20o%20nutriente,%C3%A9%20instituto%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20agr%C3%ADcola.>>
Acesso em: 08/01/2021.

PENCKWOSKI, L. Efeito do trinexapaque-ethyl e do nitrogênio na produtividade da cultura de trigo. UEPG. 2006. Disponível em: <<https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2185/1/henriquec.pdf>:> Acesso em: 09/01/2022.

PERUZZO, G. Nitrogênio no seu trigo. CULTIVAR GRANDES CULTURAS. 2015. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/nitrogenio-no-seu-trigo>> 28/12/2020.

PIRES, J. Artigo - A importância do trigo para a sustentabilidade da agricultura brasileira. EMBRAPA. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/23416523/artigo---a-importancia-do-trigo-para-a-sustentabilidade-da-agricultura-brasileira>> Acesso em: 18/03/2022

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

POVH, F.P.; MOLIN, J.P.; GIMENEZ, L.M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J.V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA, v.43, p.1075-1083, 2008.

PRANDO, A; ZUCARELI, C; FRONZA, V; OLIVEIRA, F; JÚNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. SCIELO BRASIL, PESQUISA AGROPECUÁRIA TROPICAL. 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pat/a/CjYQ5VmpTmxZCVgT5XXPXYp/?lang=pt#>> Acesso em: 10/02/2022.

RAIJ, B.van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas, 1996. 285p.

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. Agronomy Journal, v. 5, n. 93, p. 936-943, 2001.
REHAGRO. Fertilidade no solo: conceitos básicos para alcançar o máximo em produtividade. BLOG REHAGRO. 2016. Disponível em:

<<https://reagro.com.br/blog/fertilidade-do-solo-conceitos-basicos/#:~:text=Lei%20dos%20Incrementos%20Decrescentes%3A%20E2%80%9CAo,produ%C3%A7%C3%A3o%20s%C3%A3o%20cada%20vez%20menores%20E2%80%9D>>
Acesso em: 18/03/2022

RODRIGUES, O; DIDONET, A; TEIXEIRA, M; ROMAN, E. **Redutores de crescimento.** EMBRAPA TRIGO. 2003. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci14.htm> Acesso em: 27/12/2021.

SANGOI, L.; BERNS, A.C.; ALMEIDA, M. L., ZANIN, C. G., SCHWEITZER, C. **Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura.** CIÊNCIA RURAL, Santa Maria, v.37, n.6, p.1564-1570, 2007.

SCHWERZ, L; DELLAI, A; KOPPE, E; NARDINO, M; SILVA, V. **Uso de reguladores de crescimento na cultura do trigo sob diferentes densidades de semeadura.** CENTRO CIENTÍFICO CONHECER. 2012. Disponível em: <<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/agrarias/uso%20de%20regulador.pdf>> Acesso em: 29/12/2021.

SHEEREN, P.; CASTRO, R.; CAIERÃO, E. **Botânica morfologia e descrição fenotípica do trigo.** EMBRAPA. 2006. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128602/1/ID-43066-2015-trigo-do-plantio-a-colheita-cap2.pdf>> Acesso em: 06/01/2021.

SILVA, A. A.; SILVA, T. S.; VASCONCELOS, A. C. P.; LANA, R. M. Q. **Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho.** BIOCIEENCE JOURNAL, v.28, p.104-111, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13242/8354>> Acesso em: 03/01/2022.

SILVA, G; PIRES, A; ESPINDULA, A. **Adubação nitrogenada em trigo.** NOTÍCIAS SETORIAL/MERCADO SIDUSTRIGO. 2010. Disponível em: <<https://www.sindustrigo.com.br/noticias-setorial-mercado/adubacao-nitrogenada-em-trigo/10038/>> Acesso em: 15/01/2021.

SOARES SOBRINHO, J. **Efeito de doses de nitrogênio e de lâminas de água sobre as características agronômicas e industriais em duas cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.).** 1999. 102 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/Efeito_de_doses_de_nitrog%C3%AAnio_e_le_l%C3%A2m.html?id=3QH-ewEACAAJ&redir_esc=y> Acesso em: 21/01/2022.

SOARES, F. **Trigo - Análise Mensal - Novembro 2021.** CONAB. 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo/item/17279-trigo-analise-mensal-novembro-2021>> Acesso em: 15/01/2022.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de Adubação e de Calagem Para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.

SOUZA, E. J.; MARTIN, J. M.; GUTTIERI, M. J.; O'BRIEN, K. M.; HABERNICHT, D. K.; LANNING, S. P.; MCLEAN, R.; CARLSON, G. R.; TALBERT, L. E. **Influence of genotype, environment, and nitrogen management on spring wheat quality**. CROP SCIENCE, MADISON, v.44, p.425-432, 2004.

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, ago. 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105669/1/Doses.pdf>> Acesso em: 13/01/2022.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. de C.F.; FREITAS, J.G. de; ARF, O.; SÁ, M.E. de. **Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na Região do Cerrado**. ACTA SCIENTIARUM. Agronomy, v.29, p.421-425, 2007.

TEIXEIRA, M. C. C.; RODRIGUES, O. **Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 20).

TRECENTI, R. **Importância da palhada no Plantio Direto: faça chuva ou faça sol**. JORNAL DIA DE CAMPO. 2012. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=25967&secao=Colunas%20Assinadas>> Acesso em: 29/12/2020.

TREVIZAN, K; GREGOLETI, E; HOFFMAN, A. **Trinexapac-etil diminui o acamamento e aumenta produtividade do cultivar de trigo TBIO pioneiro**. RAMVI GETÚLIO VARGAS. 2015. Disponível em: <https://www.getulio.ideal.com.br/wp-content/files_mf/4c6d23b80172d7a939bc7f99b6b20c00256_1.pdf> Acesso em: 15/02/2022.

TRINDADE, M. G.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B.; CÁNOVAS, A. D.; MOREIRA, J. A. A. **Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado**. REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL, Campina Grande, v.10, n.1, p.24-29, 2006.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World agricultural production**. Foreign Agricultural Service/USDA, Circular Series –wap 07-21, July, 2021. Disponível em: < <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> Acesso em: 27/01/2022.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Identificação e manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 19 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos

Online, 60). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do60.htm> Acesso em: 20/01/2021

VESOHOSKI, F; MARCHIORO, V; FRANCO, F; CANTELLE, A. **Componentes de rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade.** REVISTA CERES. 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rceres/a/yZ58b8dqhsPJZ7VbZwPmPMn/?lang=pt>> Acesso em: 17/03/2022

WEILER, E. W., ADAMS, R. **Studies on the action of the new growth retardant CGA 163'935.** BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE-WEEDS. Proceedings...1991. p. 1133-8.

WESTPHALEM, S. L. **Evapotranspiração máxima de uma cultivar precoce de trigo em evapotranspirômetro tipo Thornthwaite e relações com tanque classe A e radiação solar.** In. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3. 1983, Campinas. Resumos... Campinas: Fundação Cargill, 1983. p. 49-50.

WIERSMA, D. W.; OPLINGER, E. S.; GUY, S. O. **Environment and cultivar effects on winter wheat response to ethephon plant growth regulator.** Agronomy Journal, v. 78, p. 761-764, 1986.

WIETHÖLTER, S. Fertilidade do solo e a cultura do trigo no Brasil. In: PIRES, J.L.F.; VARGAS, L.; CUNHA, G.R. **Trigo no Brasil: Bases para produção competitiva e sustentável.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p.135-184.

ZAGONEL, J. et al. **Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar 0R-1.** Ciência Rural, Santa Maria, v.32, n.1, p.25-29, 2002.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. **Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio.** PLANTA DANINHA ONLINE, V. 25. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582007000200013> Acesso em: 20/01/2022.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W.S.; KUNZ, R.P.; TANAMATI, H. **Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar 0R-1.** Ciência Rural, v.32, p.25-29, 2002.

ZHANG, R; BA, J; MA, Y; WANG, G; ZHANG, J; LI, W. **A comparative study on wheat leaf area index by different measurement methods.** AGRO-GEO. 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/285875124_A_comparative_study_on_wheat_leaf_area_index_by_different_measurement_methods> Acesso em: 05/01/2021.