

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes

Dissertação



Adubação nitrogenada amídica e nítrica em campo de produção de sementes de trigo no Sul do Rio Grande do Sul

Ezequiel Helbig Pasa

Pelotas, 2022

Ezequiel Helbig Pasa

Adubação nitrogenada amídica e nítrica em campo de produção de sementes de trigo no Sul do Rio Grande do Sul

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Dr. Filipe Selau Carlos

Co-Orientador: Dr. Tiago Pedó

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P277a Pasa, Ezequiel Helbig

Adubação nitrogenada amídica e nítrica em campo de produção de sementes de trigo no Sul do Rio Grande do Sul / Ezequiel Helbig Pasa ; Filipe Selau Carlos, orientador ; Tiago Pedó, coorientador. — Pelotas, 2022.

58 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. *Triticum aestivum* L.. 2. Ureia. 3. Nitrato de amônio. 4. Germinação. 5. Vigor. I. Carlos, Filipe Selau, orient. II. Pedó, Tiago, coorient. III. Título.

CDD : 631.521

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Ezequiel Helbig Pasa

Adubação nitrogenada amídica e nítrica em campo de produção de sementes de trigo no Sul do Rio Grande do Sul

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 7 de junho de 2022.

Banca examinadora:

.....
Prof. Dr. Filipe Selau Carlos (Orientador)
Doutor em Ciência do Solo, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....
Prof. Dr. Rogério Oliveira de Sousa
Doutor em Ciência do Solo, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....
Prof^a. Dr^a. Gizele Ingrid Gadotti
Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes, pela Universidade Federal de Pelotas (UFPeI)

.....
Dr^a. Andréa Noguez Bicca Martins
Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes, pela Universidade Federal de Pelotas (UFPeI)

Lista de Figuras

Figura 1. Dados meteorológicos de temperatura e precipitação pluvial ao longo dos meses.....	25
Figura 2. Croqui da área experimental na safra 2021/2021, Centro Agropecuário da Palma, UFPel, Capão do Leão-RS.....	26
Figura 3. Número de perfilhos por planta de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio.....	28
Figura 4. Altura de planta (AP) e altura de inserção da espiga (AE), sob diferentes doses de nitrogênio.....	29
Figura 5. Tamanho de espigas de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio.....	29
Figura 6. Número de grãos por espiga (NGE) e número de espiguetas por espiga (NEE) de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio.....	30
Figura 7. Número de espigas de trigo por metro quadrado de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio.....	33
Figura 8. Matéria seca total e de planta de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio.....	32
Figura 9. Produtividade de grãos de trigo sob doses de nitrogênio na forma de ureia e nitrato de amônio.....	32
Figura 10. Peso hectolitro de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato de amônio. Asteriscos na parte superior do gráfico representam diferenças significativas entre fonte de N dentro de cada dose.....	34
Figura 11. Teor de proteína bruta em trigo, sob diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato de amônio.....	35
Figura 12. Dados meteorológicos de temperatura e precipitação pluvial ao longo dos meses.....	39
Figura 13. Primeira contagem de germinação de sementes de trigo no teste de germinação, produzidas com diferentes doses de nitrogênio suplementadas com ureia.....	44
Figura 14. Percentagem de germinação de sementes de trigo no teste de emergência a campo, produzidas com diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato	

de amônio. Asteriscos na parte superior do gráfico representam diferenças significativas entre fonte de N dentro de cada dose.....45

Figura 15. Percentagem de germinação de sementes de trigo no teste de envelhecimento acelerado, produzidas com diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato de amônio.....46

Figura 16. Resultado do teste de condutividade elétrica em sementes de trigo, produzidas com diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato de amônio.....47

Figura 17. Teor de nitrogênio em sementes de trigo, produzidas com diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato de amônio. Asteriscos na parte superior do gráfico representam diferenças significativas entre fonte de N dentro de cada dose.....49

Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Relação de trabalhos abordando a adubação nitrogenada e a sua influência na qualidade fisiológica em sementes de trigo.....17
- Tabela 2.** Resultados do teste de germinação de sementes de trigo produzidas com diferentes doses de nitrogênio, suplementadas com ureia e nitrato de amônio..... 43
- Tabela 3.** Massa de mil sementes (MMS), comprimento e massa seca de plântula de trigo, produzidas com diferentes doses de nitrogênio, suplementadas com ureia e nitrato de amônio.....48

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Deus, por me conceder a vida e por sempre estar comigo e me guiando na minha caminhada na terra.

Agradeço à minha família, especialmente aos meus pais Eugenio Pasa e Vera Lúcia Helbig Pasa, aos meus irmãos Tiago e Gabriel, que sempre se fizeram presentes em todos os momentos e incentivando a seguir a caminhada dos estudos.

Ao irmão e professor Mateus da Silveira Pasa, pela dedicação, ensinamentos e conselhos durante a minha caminhada desde o início da graduação até o momento em que me encontro.

Ao professor Filipe Selau Carlos, pela orientação, dedicação, amizade, oportunidades, ensinamentos e companheirismo, e sem dúvidas um exemplo profissional.

Ao professor Tiago Pedó, pela coorientação, disponibilidade, experiências e ensinamentos transmitidos.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, professores, estagiários, colegas e funcionários pela disponibilidade, receptividade, companheirismo e aprendizado.

Aos meus amigos que tiveram sempre comigo ao longo dessa jornada, onde sou grato por cada um deles, que não mediram esforços para apoiar e ajudar.

À CAPES pela bolsa de estudo.

Aos demais que não foram citados, mas que sabem a importância que tiveram na construção desta jornada, meu muito obrigado!!!

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEORICO	15
2.1 CULTURA DO TRIGO.....	15
2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BRASIL.....	16
2.3 FONTES NITROGENADAS UTILIZADAS	18
2.4 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E NITROGÊNIO.....	20
3 CAPÍTULO I.....	22
3.1 INTRODUÇÃO.....	22
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.4 CONCLUSÕES	36
4 CAPÍTULO II.....	37
4.1 INTRODUÇÃO.....	37
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	38
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.4 CONCLUSÕES	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6 REFERÊNCIAS	53

Resumo

PASA, Ezequiel Helbig. **Adubação nitrogenada amídica e nítrica em campo de produção de sementes de trigo no Sul do Rio Grande do Sul**. Orientador: Dr. Filipe Selau Carlos. 2022. 58f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

O trigo é o segundo cereal mais cultivado e consumido no mundo, e no Brasil existe um interesse socioeconômico em aumentar a produção, visto que mais da metade da demanda interna pelo cereal é importada. A adubação nitrogenada é uma importante alternativa para o aumento da produtividade, visto que além desse benefício, possivelmente auxilia na qualidade fisiológica de sementes. Contudo, o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil é a ureia, a qual pode ter altas perdas por volatilização devido as condições climáticas adversas e as reações de hidrólise da ureia quando em contato com o solo. Devido as perdas da ureia, os fertilizantes nitrogenados com base amoniacal e nítrica podem ser uma importante alternativa para minimizar as perdas por volatilização. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo é avaliar a produtividade e qualidade de sementes de trigo da cultivar Tbio Audaz[®], sob fertilização nitrogenada amoniacal e nítrica no Sul do Brasil. O experimento foi conduzido entre junho e outubro de 2021, no Centro Agropecuário da Palma, no município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul. O delineamento experimental utilizado foi de casualização por blocos, em fatorial 2x4, no qual o fator 1 consistiu em duas fontes de nitrogênio, sendo uma amídica (ureia) e outra amoniacal nítrica (nitrato de amônio), e o fator 2 foi constituído de doses de nitrogênio 0, 40, 80 e 120 kg N ha⁻¹, com 4 repetições. Foram avaliados todos os componentes de rendimento (número de perfilhos por planta (PP), altura de planta (AP), altura de inserção da espiga (AE), tamanho de espiga (TES), número de espiguetas por espiga (NEE), número de sementes por espiga (NSE) e número de espigas, produtividade de matéria seca e grãos, massa de mil sementes, peso hectolitro, teor de proteína bruta, e em relação a qualidade fisiológica de semente, foi avaliado germinação, comprimento e massa seca de plântulas, condutividade elétrica, teor de nitrogênio na semente, envelhecimento acelerado e emergência a campo. Foi observado um crescimento linear dos componentes de rendimento, da produtividade de grãos e de matéria seca. Com os resultados obtidos, a produtividade de grãos e matéria seca aumenta com o incremento da adubação nitrogenada. O teor de nitrogênio da semente é maior na suplementação com nitrato de amônio e aumenta conforme o incremento das doses. A germinação não alterou com a adubação nitrogenada independente da dose e fonte de nitrogênio.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; ureia; nitrato de amônio; germinação; vigor; eficiência.

Abstract

PASA, Ezequiel Helbig. **Amide and ammonium nitrate nitrogen fertilization in a wheat seed production field in Southern Rio Grande do Sul.** Advisor: Dr. Filipe Selau Carlos. 2022. 58f. Dissertation (Master in Seed Science and Technology) - Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2022.

Wheat is the second most cultivated and consumed cereal in the world, and in Brazil there is a socioeconomic interest in increasing its production, since more than half of the domestic demand for the cereal is imported. Nitrogen fertilization is an important alternative for increasing wheat yield, since in addition to this benefit, it possibly improves seed physiological quality. The nitrogen fertilizer most used in Brazil is urea, which can have high volatilization losses due to adverse weather conditions and urea hydrolysis reactions when in contact with the soil. Due to urea losses, nitrogen fertilizers based on ammonia and nitric can be an important alternative to minimize losses by volatilization. In this sense, the objective of the present study is to evaluate the productivity and quality of wheat seeds of the cultivar Tbio Audaz[®], under nitrate ammonium nitrogen fertilization in southern Brazil. The experiment was conducted between June and October 2021, at the experimental field of Federal University Federal of Pelotas, in the city of Capão do Leão, Rio Grande do Sul. The experiment was arranged in a randomized block design, in a 2x4 factorial, where the factor 1 consisted of two sources of nitrogen, one amide (urea) and the other nitrate and ammonium (ammonium nitrate), and factor 2 consisted of doses of nitrogen 0, 40, 80 and 120 kg N ha⁻¹, with 4 replications. Yield components (number of tillers per plant (TP), plant height (PH), ear insertion height (EH), ear size (ES), number of spikelets per ear (NSE), number of seeds per ear (NGE) and number of ears, dry matter and grain yield, thousand seed weight, hectoliter weight, crude protein content were evaluated. Also, seed physiological quality was evaluated through the analysis of germination, length and dry weight of seedlings, electrical conductivity, nitrogen content in the seed, accelerated aging and field emergence. Linear growth of yield components, grain yield and dry matter was observed. With the results obtained, the grain and dry matter yield increases with the increment of nitrogen fertilization. Seed nitrogen content is response to higher ammonium nitrate supplementation and increases with increasing doses. Germination did not change with nitrogen fertilization regardless of dose and nitrogen source.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; urea; ammonium nitrate; germination; vigor; efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que até 2050 a população mundial irá atingir cerca de 9,8 bilhões de pessoas e haverá um aumento de cerca de 30% na demanda por alimentos associada não só ao aumento populacional, mas também em razão do aumento da renda per capita (FAO, 2017). O trigo (*Triticum aestivum* L.) é o segundo cereal mais cultivado e consumido no mundo, perdendo apenas para o milho, este que apresenta produção próxima de 1,15 bilhão de toneladas, e o trigo com produção mundial em torno de 766 milhões de toneladas e participação no mercado de aproximadamente de US\$ 114 milhões (USDA, 2020). De acordo com a CONAB (2021), na safra de 2021, a produção brasileira de trigo foi de 6,9 milhões toneladas, em uma área cultivada de 2,5 milhões de hectares, sendo a produção concentrada nos estados da Região Sul do país, principalmente Rio Grande do Sul e Paraná. Apesar da boa produção nacional, o trigo produzido no país não supre a demanda interna, visto que são importados aproximadamente 6,4 milhões de toneladas de trigo para suprir essa demanda (CONAB, 2021).

Em geral, existe um interesse socioeconômico no Brasil em aumentar a produção de trigo. Segundo a Abitrigo (2022), no Brasil o consumo *per capita* é de 40,6 kg de farinha de trigo por ano e a produtividade média é entorno de 2800 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021). A produtividade pode ser aumentada, visto que a França tem produção média de 7700 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2021). Dentre as estratégias utilizadas para incrementar a produção, a utilização de doses adequadas e balanceadas de fertilizantes, especialmente o nitrogênio, é fundamental para incrementar a produtividade e a qualidade do trigo (MEGDA et al., 2009; BRZEZINSKI et al., 2014).

O nitrogênio é um dos principais elementos limitantes ao pleno desenvolvimento de culturas agrícolas, especialmente em gramíneas, por ser constituinte estrutural de biomoléculas. O N participa de funções-chave no metabolismo vegetal e em formação de proteínas, os quais são de extrema importância para a sobrevivência e o adequado crescimento e desenvolvimento da planta (HARPER, 1994). Além disso, os benefícios da adubação nitrogenada podem ir além do aumento da produtividade, possivelmente estando também associados à qualidade fisiológica das sementes (PRANDO et al., 2012).

A adubação nitrogenada é essencial para produzir sementes com qualidade fisiológica visto que a ausência da aplicação de nitrogênio ocasiona reduzidos valores das características correspondentes ao potencial fisiológico da semente (MARINHO et al., 2020). O potencial fisiológico das sementes de trigo é determinado pela sua viabilidade, germinação, pureza, e também pela matéria seca das plântulas. Esses atributos são influenciados por manejos nutricionais, onde a adubação nitrogenada impacta de forma significativa na qualidade desses atributos (WARRAICH et al., 2002, OLIVOTO et al., 2017). A disponibilidade de nitrogênio influencia a composição química da semente, a formação do embrião e das estruturas de reservas, visto que o nitrogênio está intimamente ligado à produção de proteínas e controle de funções metabólicas, os quais são importantes no desenvolvimento inicial do embrião durante a germinação e conseqüentemente, influenciam no desempenho fisiológico das sementes (KOLCHINSKI & SCHUCH, 2004).

O suprimento de nitrogênio nas plantas é essencial para seu desenvolvimento, sendo o nutriente mais absorvido pelas plantas (TEIXEIRA FILHO et al., 2007; PIETRO-SOUZA et al., 2013). De acordo com Warraich et al., (2002), a aplicação de nitrogênio em cobertura atua de forma benéfica na qualidade e vigor de sementes de trigo, elevando também seu percentual de germinação. Bem como o relatado por BAZZO et al. (2016); OLIVOTO et al. (2017); MARINHO et al. (2020); que também evidenciaram um incremento da qualidade fisiológica através do aumento percentual de germinação e vigor das plântulas.

Entretanto, as concentrações de nitrogênio na planta devem ser bem mensuradas, sobretudo quando se visa qualidade fisiológica de sementes, uma vez que altas concentrações de nitrogênio podem reduzir a produção de compostos fenólicos na planta, sendo assim, a planta ficará mais susceptível aos patógenos obrigatórios, e não apresentando ação sobre os facultativos (MARSCHNER, 1995; BRZEZINSKI et al., 2014).

Como relatado até o momento, a adubação nitrogenada tem várias fontes com pontos positivos e negativos nas perdas por nitrogênio e produtividade das culturas. Além da produtividade, quando se visa a produção de sementes, a adubação nitrogenada impacta de forma significativa na qualidade fisiológica de sementes, tanto pela escassez como pelo excesso do uso de fertilizantes nitrogenados, sendo assim é importante que a adubação nitrogenada seja bem

manejada, visando a maior eficiência do uso do nitrogênio. Com isso, o objetivo do presente estudo é avaliar a produtividade e qualidade de sementes de trigo de cultivares modernas, sob fertilização nitrogenada amoniacal e nítrica no Sul do Brasil.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 Cultura do Trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) tem como origem o Oriente Médio, desde o norte do Rio Nilo até a porção asiática, região atual dos países Israel, Líbano, Kuwait, Síria e Iraque. O cereal é uma gramínea pertencente à família Poaceae e ao gênero *Triticum*, e se faz presente na história a cerca de 10 mil anos (ABITRIGO, 2019).

A cultura do trigo é o cereal com a segunda maior produção de grãos e com a maior área cultivada no mundo, algo em torno de 766 milhões de toneladas e 216 milhões de hectares no ano de 2019 (FAOSTAT, 2021). Relacionado a alimentação humana, os cereais que se encontram como mais importantes são o trigo, o centeio, a cevada, o arroz, o milho e a aveia (MANDARINO, 1994).

De acordo com a FAO, o clima temperado da Europa Central e do Norte é ideal para obtenção de altas produtividades, ao contrário de continentes com condições climáticas extremas, como temperaturas muito frias e secas, são menos favoráveis para a produção da cultura, resultando em uma grande variação da produtividade de continente para continente (SOUZA, 2019).

No Brasil, trazido por Martim Afonso de Souza em 1534, chegaram as primeiras plantas de trigo, as quais desembarcaram na capitania de São Vicente, porém o clima quente da região dificultou o desenvolvimento da cultura. Os colonizadores através de cartas registraram a falta de trigo e reclamavam dos pães feitos com farinha de mandioca. Na segunda metade do século XVIII, no estado do Rio Grande do Sul, a cultura do trigo começou a se expandir, entretanto devido a ferrugem, no começo do século XIX ocorreu dizimação das lavouras de trigo (ABITRIGO, 2019).

O trigo é uma cultura com ampla adaptação, podendo ser cultivada em altitudes superiores a 3000 metros, dentro das latitudes de 30°S a 60°N, sendo assim, adaptável a diversas regiões do mundo. A ampla plasticidade de cultivo do cereal, é proporcionada pelo seu complexo genoma (BÖRNER et al., 2005).

Alguns elementos meteorológicos, como a temperatura e o fotoperíodo afetam o desenvolvimento das plantas de trigo (WHITE, 2006). A temperatura é o

fator que desde a emergência até a maturação fisiológica, afeta a duração de todos os estádios da cultura. Devido tal fato, é muito importante conhecer a resposta de cada cultura a estas variáveis ambientais, para identificar a adaptabilidade em cada região de cultivo. (MIRALLES, 2004).

No Brasil, dezenas de cultivares são disponibilizadas para cultivo anualmente, porém, é preciso buscar acerto mais adequado das épocas de semeadura de cada cultivar, considerando o seu ciclo e a sua adaptabilidade ao tipo de solo e clima da região (SILVA et al., 2011). Segundo Coventry et al. (2011), a época de semeadura pode resultar em incremento de produtividade de grãos de cerca de 10 a 80%.

Dentre as alternativas de aumentar a produtividade, o uso de cultivares modernas que apresentam um alto potencial produtivo é fundamental, aliada a manejos de densidade de semeadura e adubação nitrogenada. O correto manejo da adubação nitrogenada associada a escolha correta da densidade e época de semeadura, são fundamentais para alcançar altas produtividade e qualidade de grãos ou sementes (ZECEVIC et al., 2014).

2.2 Adubação nitrogenada no Brasil

Considerando os estudos realizados no Brasil, aliando a adubação nitrogenada e a sua influência na qualidade fisiológica de sementes de trigo, foi possível observar algumas características em comum (Tabela 1), dentre elas, a mais marcante é em relação a localização da área de estudo, que em sua grande parte se localiza no estado do Paraná, mais especificadamente nos municípios de Ponta Grossa e Londrina. Isso ocorre em razão de que considerável porção dos estudos relacionados ocorrem nas sedes da Embrapa Soja, em Londrina e Embrapa Transferência de Tecnologia, Escritório de Negócios de Ponta Grossa, em Ponta Grossa, ambos no estado do Paraná.

Tabela 1. Relação de trabalhos abordando a adubação nitrogenada e a sua influência na qualidade fisiológica em sementes de trigo entre os anos de 2009 e 2021.

AUTORES	TITULO DO TRABALHO	LOCAL DE ESTUDO	CULTIVARES	FONTES DE NITROGÊNIO
PRANDO et al. (2009)	Fontes e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo.	Ponta Grossa (PR)	BRS Pardela	Uréia convencional, Uréia com inibidor de urease e Uréia protegida
PRANDO et al. (2012)	Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo	Londrina (PR); Ponta Grossa (PR):	BRS 208, BRS Pardela e IWT 04008	Uréia convencional, Uréia com inibidor de urease e Uréia protegida
BRZEZINSKI et al. (2014)	Nitrogênio e inoculação com <i>Azospirillum</i> na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo	Londrina (PR); Ponta Grossa (PR):	BRS 220 e BRS Tangará	Uréia
BAZZO et al. (2016)	Adubação nitrogenada na qualidade fisiológica de sementes de genótipos de trigo	Londrina (PR)	BRS Galha-azul e BRS Sabiá	-
OLIVOTO et al. (2017)	Parcelamento e fontes de nitrogênio na qualidade fisiológica de sementes de trigo	Frederico Westphalen (RS)	TBIO Mestre, TBIO Iguaçú e Quartzo	Uréia, Nitrato de Amônio e Uréia líquida
BAZZO et al. (2020)	Qualidade fisiológica de sementes de trigo em resposta a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar	Londrina (PR)	Quartzo	Sulfato de amônio (via solo) e N32 (via foliar)
MARINHO et al. (2020)	Parcelamento de doses da adubação nitrogenada na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de trigo	Londrina (PR)	BRS Galha-azul e BRS Sabiá	Nitrato de Amônio
BAZZO et al. (2021)	Vigor de sementes e adubação nitrogenada na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de trigo	Londrina (PR)	BRS Galha-azul	Nitrato de Amônio

A maioria dos estudos concentram em seus objetivos a avaliação de diferentes doses de Nitrogênio em cobertura, associados a diferentes épocas, e parcelamentos do nutriente. Em alguns casos também é avaliado a suplementação via adubação foliar e o efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense*.

Dentre todas cultivares testadas pelos trabalhos já realizados, algumas não apresentaram alteração na qualidade fisiológica das suas sementes em razão das fontes de nitrogênio e de suas respectivas doses, dando enfoque para as cultivares BRS 208, IWT 04008, BRS Pardela, e BRS 220 (BRZEZINSKI et al., 2014; PRANDO et al., 2012; PRANDO et al., 2009). Em contraponto, as cultivares Quartzo, BRS Galha-azul, BRS Sabiá, BRS Tangará e TBIO Mestre, evidenciaram sementes com melhor qualidade fisiológica visto ao manejo de aplicação de nitrogênio (BAZZO et al., 2016; BRZEZINSKI et al., 2014; OLIVOTO et al., 2017; BAZZO et al., 2020; MARINHO et al., 2020; BAZZO et al., 2021).

Com relação as fontes de Nitrogênio utilizadas nos trabalhos, predominaram a Uréia (45% de N) nos trabalhos desenvolvidos por PRANDO et al. (2009); PRANDO et al. (2012); BRZEZINSKI et al. (2014); OLIVOTO et al. (2017), e o Nitrato de amônio (32% de N) nos trabalhos de OLIVOTO et al. (2017); MARINHO

et al. (2020); BAZZO et al. (2021). Sendo que OLIVOTO et al. (2017), utilizaram a Ureia, Nitrato de Amônio e Ureia líquida em seus experimentos, e a partir de estudos comparativos, obtiveram que ambas possuem o mesmo efeito benéfico sobre a qualidade fisiológica de sementes de trigo, bem como o parcelamento entre os estágios de emborrachamento e florescimento, incrementando o percentual de germinação e os caracteres de vigor.

Uma outra fonte alternativa de Nitrogênio foi utilizada por BAZZO et al. (2020), na cultivar Quartzo, sendo o Sulfato de Amônio (21% de N), aplicado em duas doses via solo, e suplementado com cinco doses de Nitrogênio via foliar, nas doses de 0, 2, 4, 6 e 8 L ha⁻¹, utilizando o produto N32 (41,6% de N; produto líquido de absorção imediata, compatível com herbicidas e demais defensivos; não possui perdas por volatilização e lixiviação; pH neutro). Neste estudo BAZZO et al. (2020), além de evidenciarem que a qualidade das sementes de trigo é influenciada pelas doses de nitrogênio via solo e via foliar, também concluíram que a utilização da suplementação de 6 L ha⁻¹ de N via foliar, combinado com 90 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, resulta em um maior vigor das sementes de trigo.

2.3 Fontes nitrogenadas utilizadas

O nitrogênio é um dos principais elementos limitantes ao pleno desenvolvimento de culturas agrícolas, especialmente em gramíneas, por ser constituinte estrutural de biomoléculas, o N participa de funções-chave no metabolismo vegetal e em formação de proteínas, os quais são de extrema importância para a sobrevivência e o adequado crescimento e desenvolvimento da planta (HARPER, 1994). Além disso, os benefícios da adubação nitrogenada podem ir além do aumento da produtividade, possivelmente estando também associados à qualidade fisiológica das sementes (PRANDO et al., 2012).

No Brasil em geral são encontrados solos com baixos teores de matéria orgânica considerando-se que essa é a principal fonte de nitrogênio prontamente disponível as culturas (STRECK et al., 2008; CARLOS et al., 2015). No solo, o nitrogênio está sujeito a importantes processos de perdas como lixiviação, desnitrificação e volatilização. A perda de nitrogênio por lixiviação ocorre em decorrência das fracas interações do NO₃⁻ com os sítios de sorção do solo associado às precipitações pluviométricas de alta intensidade. A desnitrificação

ocorre com maior frequência em ambientes de hipóxia, especialmente em solos alagados, tipicamente cultivados com arroz irrigado. Já a volatilização de amônia é outro relevante processo de perda de nitrogênio e possui grande influência em relação a fonte de nitrogênio e ao manejo da adubação nitrogenada (CANTARELLA et al., 2008).

As plantas assimilam o nitrogênio por meio da absorção de amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-) pelas raízes, por diferentes mecanismos fisiológicos. Em relação a absorção de NH_4^+ e NO_3^- , as plantas apresentam diferentes respostas, em decorrência da disponibilidade destes ser alterada no solo, alteração decorrente de fatores como nitrificação, temperatura, potencial de mineralização e pluviosidade (JACKSON; BLOOM 1990; OLIVOTO et al. (2017). O NH_4^+ apresenta uma variação muito menor, porém em contraponto, pode ter elevadas taxas de volatilização, que em condições de baixa precipitação e altas temperaturas pode atingir até 30% (CHEN et al. 2014). Após ocorrida a absorção, os destinos destes nutrientes são distintos na planta, onde o NH_4^+ é convertido em aminoácidos, proporcionando um menor efeito tóxico causado pelos seus altos níveis. Além de ser assimilado, o NO_3^- pode ser acumulado nos tecidos e reutilizado, quando ocorrer déficit de nitrogênio (BLOOM et al., 2012; OLIVOTO et al., 2017). Este processo demanda uma alta quantidade de energia e pode diferir entre cultivares, pois, o mesmo depende da expressão de genes específicos em resposta a baixa disponibilidade de nitrogênio (YIN et al. 2014; BAZZO et al. 2020).

No mercado brasileiro, os fertilizantes nitrogenados mais utilizados são o nitrato de amônio (32% de N), o sulfato de amônio (20% de N) e a ureia (45% de N) que é o principal em decorrência da sua alta concentração de N e baixo custo de produção (PRANDO et al., 2012). Contudo, a aplicação superficial desta fonte apresenta uma desvantagem que é o grande potencial de perdas de N na forma de volatilização de NH_3 . Na ocorrência de altas temperaturas juntamente com as reações químicas de solubilização do grânulo, onde ocorre a dissociação do carbonato de amônio liberando íons OH^- que aumentam o pH em seu entorno para valores próximos a 8,2 e 8,5, resultando em altas perdas por volatilização de NH_3 .

Os fertilizantes nitrogenados a base de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), como o nitrato de amônio, tem possibilidade de serem alternativas na nutrição de culturas agrícolas. Os fertilizantes constituídos por estes íons nitrogenados, possuem perdas por volatilização bem inferiores a ureia, devido estes não possuírem as

reações alcalinas que ocorrem na ureia, resultando em maior eficiência da adubação nitrogenada. Além disso, altas doses de ureia aplicada, podem impactar por alguns dias em redução nos valores do pH de até 0,7 unidades em decorrência do processo de nitrificação e pode ter reflexos na redução da disponibilidade de alguns nutrientes e na atividade microbiana do solo. Ao contrário ocorre com a suplementação de nitrogênio em formas nítricas, que em parte evitam as reações intensas de nitrificação do solo. Conforme descrito por alguns autores, o suprimento combinado de NH_4^+ e NO_3^- em algumas culturas acaba proporcionando um melhor desenvolvimento do sistema radicular, maior produção de matéria seca e melhor acúmulo de nutrientes (HOLZSCHU et al., 2011).

2.4 Qualidade fisiológica de sementes e nitrogênio

A disponibilidade e o correto suprimento de nitrogênio para as plantas são fundamentais para seu desenvolvimento, visto que é o nutriente mais absorvido pelas plantas (TEIXEIRA FILHO et al., 2007; PIETRO-SOUZA et al., 2013). Segundo Warraich et al. (2002), a aplicação de nitrogênio em cobertura apresenta benefícios e incrementos de qualidade e vigor de sementes de trigo, proporcionando um percentual de germinação mais elevado. Bem como o relatado por BAZZO et al. (2016); OLIVOTO et al. (2017); MARINHO et al. (2020), que também observaram através do aumento do percentual de germinação e vigor das plântulas, um incremento da qualidade fisiológica.

Entretanto, quando se visa a qualidade fisiológica de sementes, as concentrações de nitrogênio na planta devem ser bem mensuradas, visto que altas concentrações de nitrogênio podem reduzir a produção de compostos fenólicos na planta, ocasionando uma maior suscetibilidade da planta aos patógenos obrigatórios, e não apresentando ação sobre os facultativos (MARSCHNER, 1995; BRZEZINSKI et al., 2014). No trigo de outono e inverno, a aplicação de N na cultura não apresentou efeito deletério por *Rhizoctonia solani*, contudo quando aplicado no início da primavera, as plantas de trigo predisporão a doença (ZAMBOLIM, 2005).

Bazzo et al., (2021) constataram que a adubação nitrogenada não apresentou efeito sobre a germinação de sementes provindas de plantas originadas de sementes de alto vigor, entretanto, favoreceu a germinação de

sementes providas de plantas originadas de sementes de baixo vigor, produzidas sem parcelamento de adubação e na maior dose de nitrogênio na área (80 kg ha^{-1}), não apresentando diferença significativa na ausência da fertilização nitrogenada.

Segundo Marinho et al., (2020), se obteve maior produtividade de sementes da cultivar BRS Sabiá com 40 kg ha^{-1} , fornecido na semeadura e na cultivar BRS Gralha-azul a ausência da adubação nitrogenada não interferiu na produtividade, o que confirma o relatado por outros trabalhos que existem diferentes respostas do trigo em relação adubação nitrogenada em virtude do genótipo utilizado. Ainda, de acordo com os autores o potencial fisiológico das sementes é elevado com a adubação nitrogenada em ambas as cultivares com apenas uma única dose de aplicação ($40 \text{ kg de N ha}^{-1}$), ressaltando que o suprimento inadequado de nitrogênio na dose e época inadequada, acarreta redução de germinação e vigor das sementes produzidas.

Em trabalho realizado por Brzezinski et al., (2014), não ocorreu interação significativa entre inoculação e dose de nitrogênio para as características de emergência em plântulas em areia, teste de frio, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, comprimento de raiz e massa seca de parte aérea, bem como, não apresentou efeito isolado das doses de nitrogênio em cobertura para as características avaliadas.

Prando et al., (2012), não constataram melhoria da qualidade fisiológica da semente de trigo em razão de doses de nitrogênio. Uma justificativa para tal fato, é que nestes casos onde as plantas possuem menor disponibilidade de nutrientes, elas acabam priorizando a preservação da espécie, produzindo sementes de qualidade, porém em menor quantidade, justificando a ausência de efeito da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes de trigo.

Em relação ao parcelamento da adubação nitrogenada, Olivoto et al. (2017), constataram que o parcelamento realizado entre os estádios de emborrachamento e florescimento resultam em melhor qualidade fisiológica das sementes, incrementando os caracteres de vigor e germinação. Em consonância, a adubação nitrogenada realizada antes da fecundação dos gametas resulta em respostas mais intensas de assimilação de reservas e aumenta o teor de proteína das sementes, frisando que a escolha do estágio vegetativo correto para a aplicação é fundamental para a produção de sementes de qualidade.

3 CAPITULO I

Componentes de rendimento e produtividade de campo de semente de trigo sob adubação nitrogenada amídica e nítrica no Sul do Rio Grande do Sul

3.1 Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é pertencente à família Poaceae, apresenta múltiplos propósitos, sendo o segundo cereal mais cultivado no mundo (USDA, 2020). A produção brasileira de trigo é concentrada nos estados do Sul do país, com uma área cultivada de cerca de 2,5 milhões de hectares e a produção em torno de 6,9 milhões toneladas na safra 20/21. Contudo, a demanda interna pelo cereal é maior que a produção, sendo importado entorno de 6,4 milhões de toneladas de trigo anualmente (CONAB, 2021).

A cultura do trigo apresenta um elevado potencial de produção, que vem sendo alcançado pela utilização de cultivares melhoradas geneticamente e pela utilização de adubação nitrogenada, esta que é fundamental para atingir maior teto produtivo (BAZZO et al., 2020). As baixas doses de nitrogênio (N) limitam a produtividade de grãos e sua qualidade, e altas doses podem ocasionar o acamamento, dificultando a colheita e reduzindo a produtividade, além de causar prejuízo ao agricultor, devido gastos desnecessários e também ocasionar impacto ambiental, pela lixiviação do nitrato para lençóis de água (BRZEZINSKI et al., 2014; TEIXEIRA et al., 2010).

No Brasil em geral são encontrados solos com baixos teores de matéria orgânica considerando-se que essa é a principal fonte de nitrogênio prontamente disponível às culturas (STRECK et al., 2008; CARLOS et al., 2015). No solo, o nitrogênio está sujeito a importantes processos de perdas como lixiviação, desnitrificação e volatilização. A perda de nitrogênio por lixiviação ocorre em decorrência das fracas interações do NO_3^- com os sítios de sorção do solo associado às precipitações pluviométricas de alta intensidade. A desnitrificação

ocorre com maior frequência em ambientes de hipóxia, especialmente em solos alagados, tipicamente cultivados com arroz irrigado. Já a volatilização de amônia é outro relevante processo de perda de nitrogênio e possui grande influência em relação a fonte de nitrogênio e ao manejo da adubação nitrogenada (CANTARELLA et al., 2008).

As plantas assimilam o nitrogênio por meio da absorção de amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-) pelas raízes, por diferentes mecanismos fisiológicos. As respostas diferenciadas das plantas a absorção de NH_4^+ e NO_3^- , ocorrem em virtude da disponibilidade destes no solo ser alterada por fatores como potencial de mineralização, nitrificação, temperatura e pluviosidade (JACKSON; BLOOM 1990; OLIVOTO et al. (2017). O NH_4^+ geralmente é menos propenso a perdas, entretanto, apresenta taxas de volatilização que podem atingir até 30%, principalmente em condições de baixa precipitação, altas temperaturas e fonte de fertilizante nitrogenado (CHEN et al., 2014). Após absorvidos, os destinos destes nutrientes na planta frequentemente divergem-se, sendo que, o NH_4^+ é rapidamente convertido em aminoácidos, evitando assim, o efeito tóxico causado pelos seus altos níveis. O NO_3^- , além de assimilado, pode ser acumulado nos tecidos e reutilizado, quando a oferta de nitrogênio for insuficiente (BLOOM et al., 2012; OLIVOTO et al., 2017). Este processo, contudo, demanda grande quantidade de energia e requer a expressão de genes específicos em resposta a um estímulo de baixa disponibilidade de nitrogênio, que pode diferir entre cultivares (YIN et al. 2014; BAZZO et al. 2020).

Dentre os fertilizantes nitrogenados presentes no mercado os mais utilizados são ureia (45% de N), o nitrato de amônio (32% de N) e o sulfato de amônio (20% de N), onde a ureia é o mais amplamente usado no Brasil devido a sua alta concentração de N e baixo custo de produção (PRANDO et al., 2012). Contudo, uma das grandes desvantagens do uso dessa fonte é o grande potencial de perdas de N na forma de volatilização de NH_3 , especialmente quando aplicada superficialmente. Nas reações químicas de solubilização do grânulo a dissociação do carbonato de amônio libera íons OH^- que aumentam o pH no entorno do grânulo para valores próximos a 8,2 e 8,5 associado a altas temperaturas podem induzir a elevadas perdas por volatilização de NH_3 .

Os fertilizantes nitrogenados a base de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), como o nitrato de amônio, podem ser importantes alternativas na nutrição de culturas

agrícolas. Os fertilizantes constituídos por estes íons nitrogenados não possuem as reações alcalinas que ocorrem na ureia e dessa forma as perdas por volatilização de NH_3 são bastante inferiores comparativamente à ureia. Além disso, o suprimento já em formas nítricas evita em parte as reações intensas de nitrificação do solo, que dependendo da dose de ureia aplicada, pode impactar em poucos dias em redução nos valores do pH de até 0,7 unidades e ter reflexos na redução da disponibilidade de alguns nutrientes e na atividade microbiana do solo. Além disso, alguns autores têm observado que o suprimento combinado de NH_4^+ e NO_3^- pode propiciar um melhor desenvolvimento do sistema radicular, melhor acúmulo de nutrientes e maior produção de matéria seca da parte aérea das culturas (HOLZSCHU et al., 2011).

Diante destas considerações, há uma grande lacuna de informações em relação ao fornecimento de nitrogênio de diferentes fontes para a cultura do trigo e o reflexo na eficiência do uso do nitrogênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes. Com isso, o objetivo do presente estudo foi avaliar os componentes de rendimento, produtividade e teor de proteína bruta de sementes de trigo, sob fertilização nitrogenada amoniacal e nítrica no Sul do Brasil.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido entre junho e outubro de 2021, no Centro Agropecuário da Palma, da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), localizado no município de Capão do Leão – RS ($31^\circ 48' 07,9''\text{S}$ e $52^\circ 30' 17,9''\text{W}$, altitude de 45 m). O solo da área é classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico Típico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al. 2013). As características químicas do solo nas profundidades de 0-20 cm, foram obtidas através de análise de solo antes da implantação do experimento: MO: 2%; pH (H_2O): 5,62; P (Mehlich⁻¹): 10,8 mg dm^{-3} ; H+Al: 2,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; K: 93,5 mg dm^{-3} ; Ca: 3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; Mg: 1,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; CTC: 4,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; saturação por bases (V): 63%.

O clima da região é o Cfa (subtropical úmido), conforme classificação de Köppen, que consiste na tendência de concentração de chuvas nos períodos quentes, porém sem estação de seca definida, apresenta geadas pouco frequentes

e verões quentes (ALVAREZ et al., 2013). As condições climáticas durante a condução do experimento estão apresentadas na figura 1.

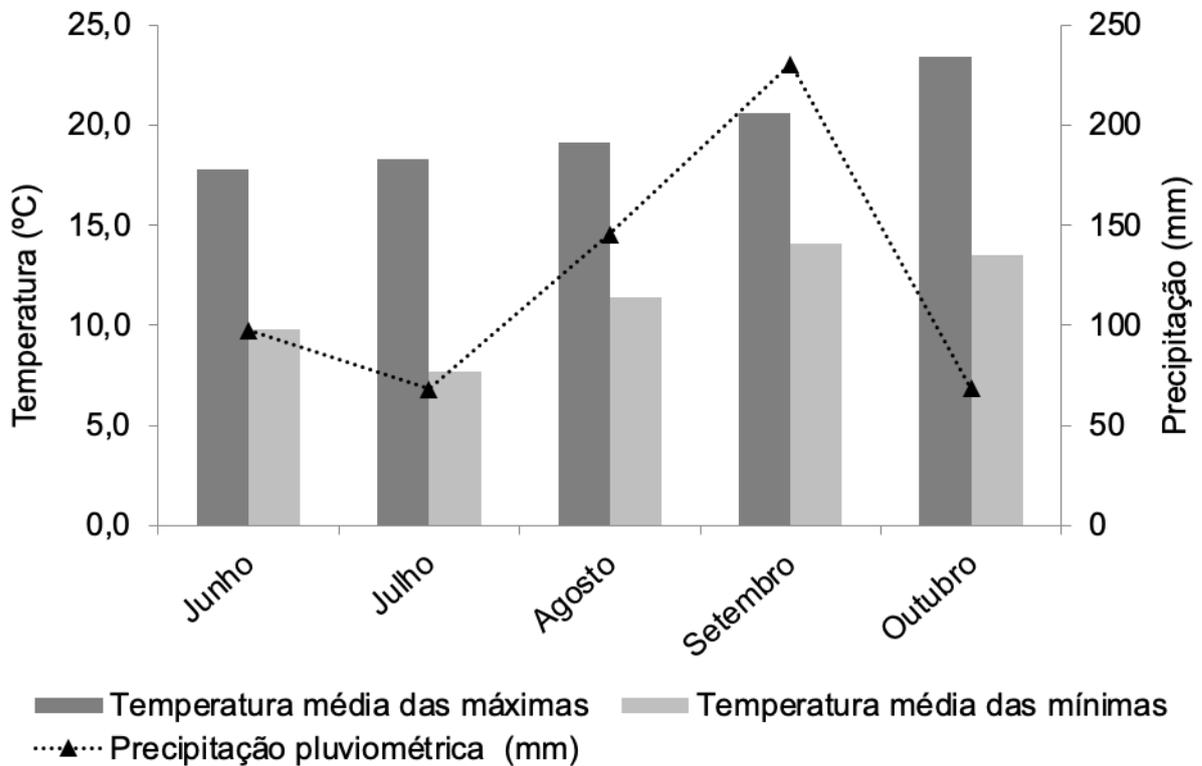


Figura 1. Dados meteorológicos de temperatura e precipitação pluvial ao longo dos meses.

O experimento foi conduzido em área de plantio convencional, utilizando-se a cultivar de trigo Tbio Audaz[®], sendo caracterizado por um ciclo precoce, moderadamente resistente ao acamamento e estatura média baixa (BIOTRIGO, 2021). Segundo a Biotrigo (2021), a densidade de semeadura recomendada para a cultivar é entre 300 a 350 plantas finais por metro quadrado, sendo que no presente estudo foi utilizada 330 plantas finais por metro quadrado. O delineamento experimental utilizado foi de casualização por blocos, em fatorial (2x3) + 1, com 4 repetições (Figura 2). Os tratamentos consistiram em duas fontes de nitrogênio (fator 1), sendo uma amídica e outra amoniacal nítrica. O suprimento foi através de respectivas doses com ureia (46-00-00) na forma amídica e nitrato de amônio (27-00-00) na forma amoniacal nítrica. O fator 2, foi constituído de doses de nitrogênio, 0, 40, 80 e 120 kg N ha⁻¹.



Tratamentos:

- T1 – Testemunha (0 Kg N ha⁻¹)
- T2 – Ureia (40 Kg N ha⁻¹)
- T3 – Ureia (80 Kg N ha⁻¹)
- T4 – Ureia (120 Kg N ha⁻¹)
- T5 – Nitrato de Amônio (40 Kg N ha⁻¹)
- T6 – Nitrato de Amônio (80 Kg N ha⁻¹)
- T7 – Nitrato de Amônio (120 Kg N ha⁻¹)

Figura 2. Croqui da área experimental na safra 2021/2021, Centro Agropecuário da Palma, UFPel, Capão do Leão-RS.

A semeadura, realizada em 02 de junho, foi feita com a adubação de base no momento da semeadura de 10, 40 e 40 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. A adubação nitrogenada foi parcelada em duas aplicações de 50% da dose, parceladas de acordo com a escala fenológica de Zadoks et al. (1974), sendo a primeira realizada em cobertura no início da fase de perfilhamento (estádio de crescimento GS 21), e a segunda no início da fase de alongamento do colmo (estádio de crescimento GS 31) da cultura.

As parcelas foram compostas por nove linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,17 m, totalizando 6,12 m². Os tratos culturais foram conduzidos segundo as recomendações de manejo da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (2018).

Os caracteres avaliados foram: número de perfilhos por planta (PP), altura de planta (AP), altura de inserção da espiga (AE), tamanho de espiga (TES), número de espiguetas por espiga (NEE) e número de grãos por espiga (NGE) todos obtidos pela média de cinco plantas representativas de cada parcela de cada tratamento, coletadas na área central da parcela. O número de espigas por metro quadrado foi contabilizado através da média de duas contagens de um metro linear, realizada nas cinco linhas centrais de cada parcela.

A quantificação da matéria seca foi realizada com o corte rente ao solo de 0,5 X 0,5 metros (0,25 m²) por parcela. Após a coleta a campo, as amostras foram

conduzidas para estufa a 55° C por 72 horas, até atingir massa constante, posteriormente o peso foi mensurado.

A colheita foi realizada em 31 de outubro, com umidade abaixo de 20%. Foi colhida as 7 linhas centrais, desprezando-se as linhas de bordadura e meio metro das extremidades. A área útil da unidade experimental foi de 2,38 m². Após a colheita, as sementes foram secas em secador estacionário até atingirem a umidade de 13%. Após a secagem, as amostras de sementes foram pesadas para determinar a produtividade de sementes por hectare (kg ha⁻¹).

O peso hectolítrico foi determinado com a utilização de balança hectolétrica com capacidade de um quarto de litro, através da média de duas pesagens de cada unidade experimental, não excedendo 0,5 kg hL⁻¹, quando excedido foi realizada a repetição da pesagem. Os valores obtidos na pesagem foram convertidos com utilização da tabela de acordo com o fabricante da balança, marca Comag – Equipamentos Industriais, e os resultados expressos em kg hL⁻¹.

O teor de proteína bruta foi determinado através da trituração de uma amostra de sementes de cada unidade experimental, e submetido a digestão ácida e alta temperatura. Do extrato resultante da digestão foi realizada a destilação pelo método de *Kjeldahl*, e após multiplicou-se o teor de nitrogênio por 6,25 para conversão para proteína bruta. (HASTENPFLUG et al. 2011).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R Core Team, 2014). Os dados foram analisados quanto à significância estatística por meio do teste F. Os dados expressos em porcentagem ou contagens foram transformados, respectivamente, por análise de arcsin [raiz quadrada (n + 1)] e raiz quadrada (n + 1). Regressões lineares e polinomiais foram realizadas quando a análise de variância mostrou diferenças significativas entre as médias.

3.3 Resultados e discussão

Não foi observada interação significativa entre os fatores para os componentes de rendimento avaliados. Considerando-se os efeitos simples, foi verificado efeito da dose de N utilizada em todos os componentes avaliados, os quais apresentaram um crescimento linear de acordo com o aumento da dose aplicada. O acréscimo dos atributos como PP, NGE e espigas por m² são fundamentais para o aumento da produtividade.

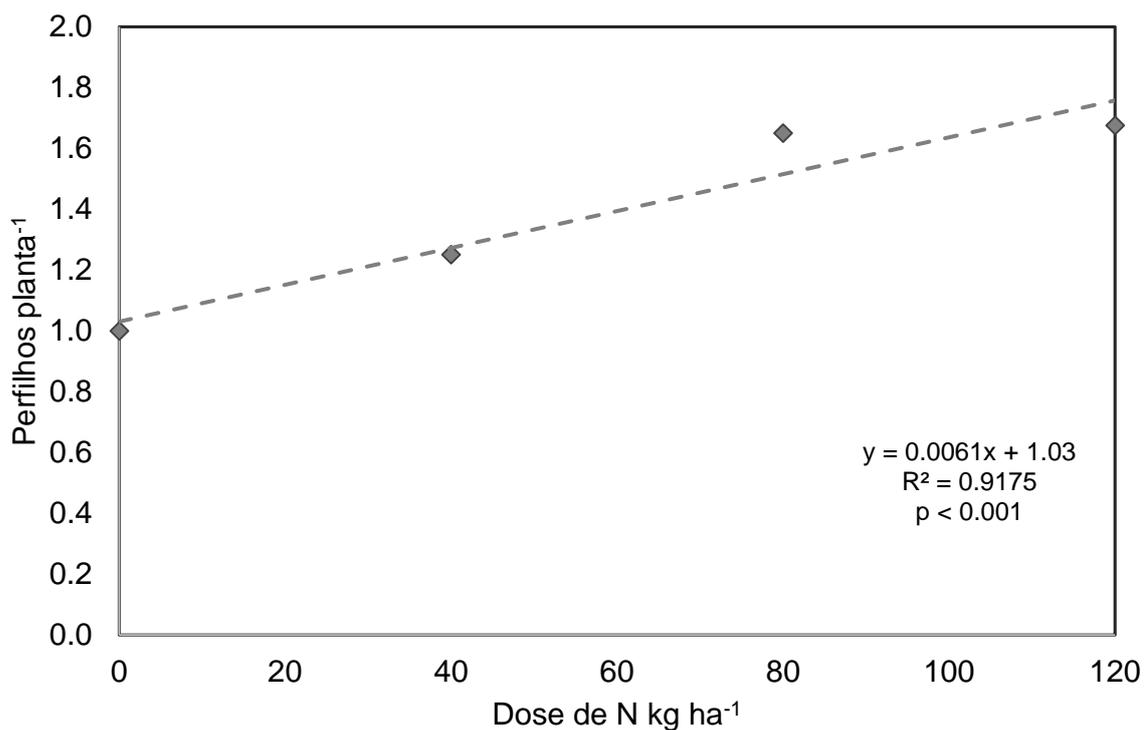


Figura 3. Número de perfilhos por planta de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio.

O comportamento de crescimento linear da AP e AE (Figura 4) em relação ao incremento de doses de N, é relacionado a maior suplementação de N estimular a alongação do caule, podendo ser favorável, onde armazena maior quantidade de assimilados para serem translocados durante o enchimento das sementes, ou desfavorável pelo aumento do índice de acamamento em algumas cultivares (ESPINDULA et al., 2010). Os resultados encontrados são semelhantes aos de Soratto et al. (2007) em painço e Zagonel & Fernandes (2007) em trigo.

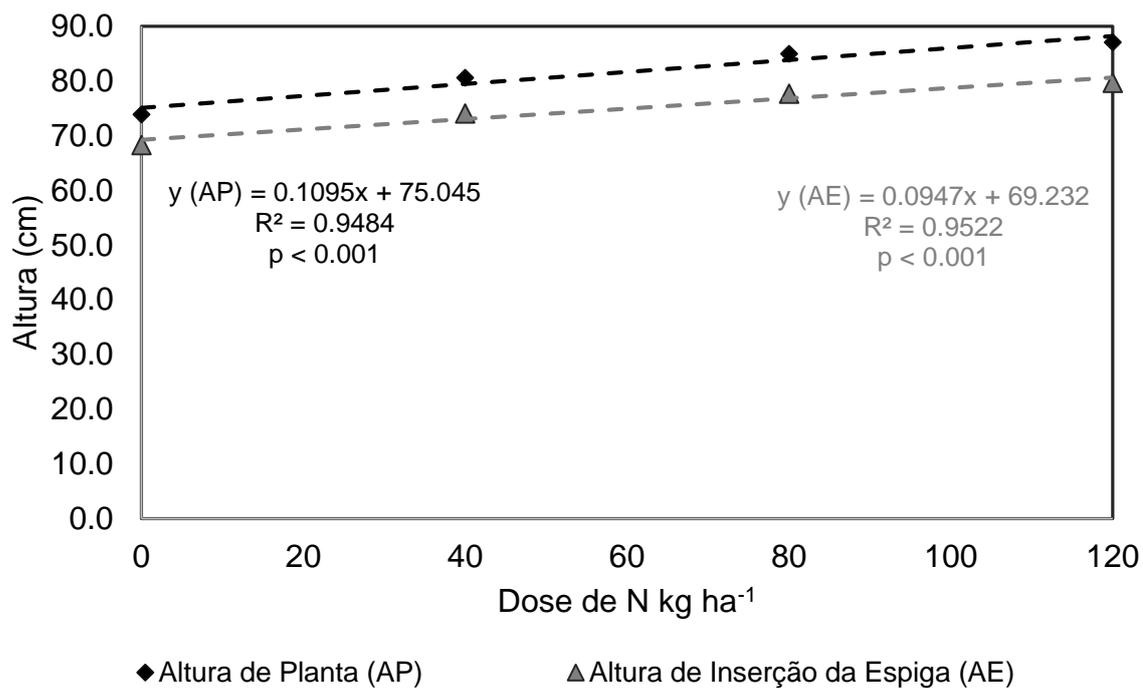


Figura 4. Altura de planta (AP) e altura de inserção da espiga (AE), sob diferentes doses de nitrogênio.

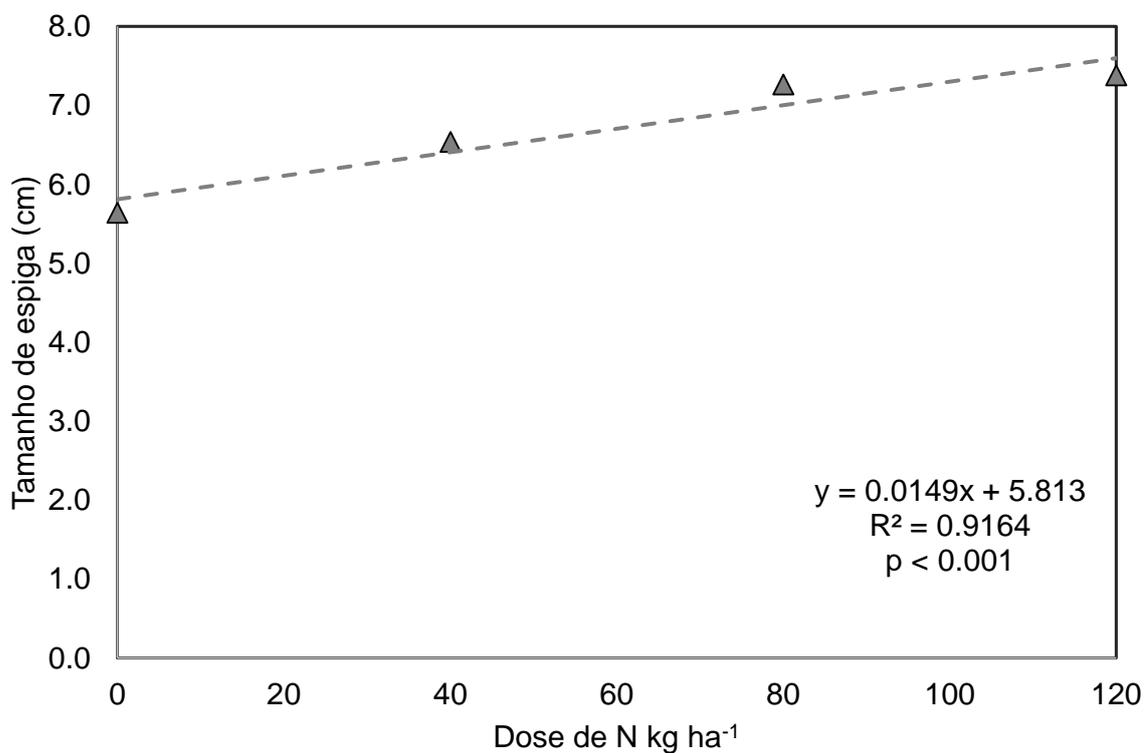


Figura 5. Tamanho de espigas de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio.

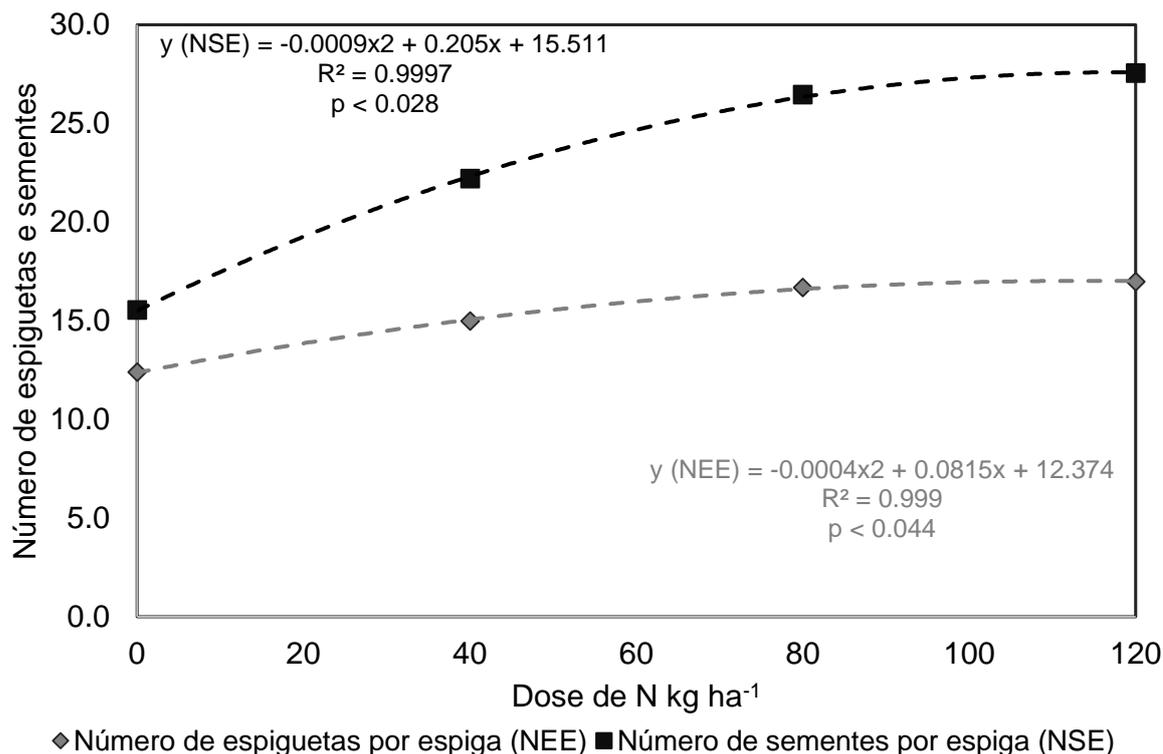


Figura 6. Número de sementes por espiga (NSE) e número de espiguetas por espiga (NEE) de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio.

Em relação ao NSE (Figura 6), espigas por m² (Figura 7) e matéria seca (Figura 8) de planta, os resultados observados concordam com Espindula et al. (2010), onde essas variáveis apresentaram aumento de acordo com a maior suplementação de doses de N. Resultados semelhantes também foram encontrados por Mauad et al. (2003), em arroz, onde o número de panículas por m² apresentou diferença quando se aplicou 75 kg ha⁻¹ de N em relação a não aplicação do nutriente, e por Buzetti et al. (2006), também na cultura do arroz, onde na característica número de espiguetas por panícula, apresentou aumentos lineares. Nakagawa et al. (2000), discordando dos resultados encontrados, na cultura da aveia preta, não ocorreu diferença significativa entre as doses estudadas em relação ao número de sementes por panícula do colmo principal.

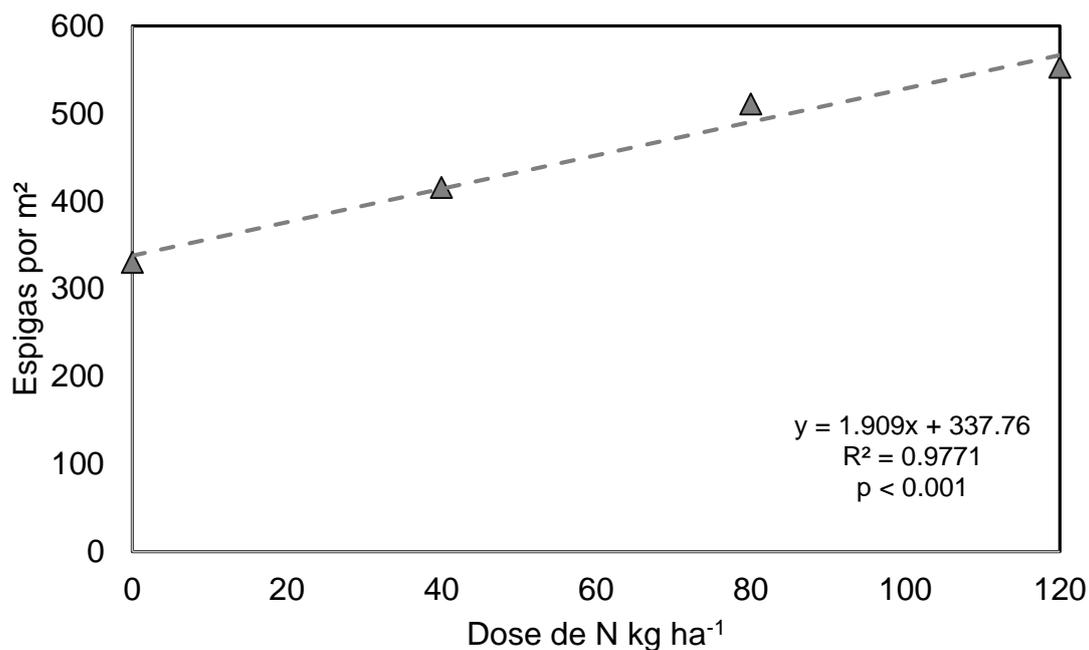


Figura 7. Número de espigas de trigo por metro quadrado de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio.

Quando observada a produção de matéria seca (Figura 8), observou-se aumento quadrático em resposta ao incremento da dose de N. Os mesmos resultados foram encontrados em trigo (COELHO et al., 1998; ESPINDULA et al., 2010; SOUZA et al., 2013). Devido o nitrogênio contribuir para o aumento do crescimento vegetativo, resultados semelhantes são esperados, visto que o mesmo interfere em taxa de alongamento do caule e tamanho de folhas, bem como na expansão foliar (SCHRODER et al., 2000).

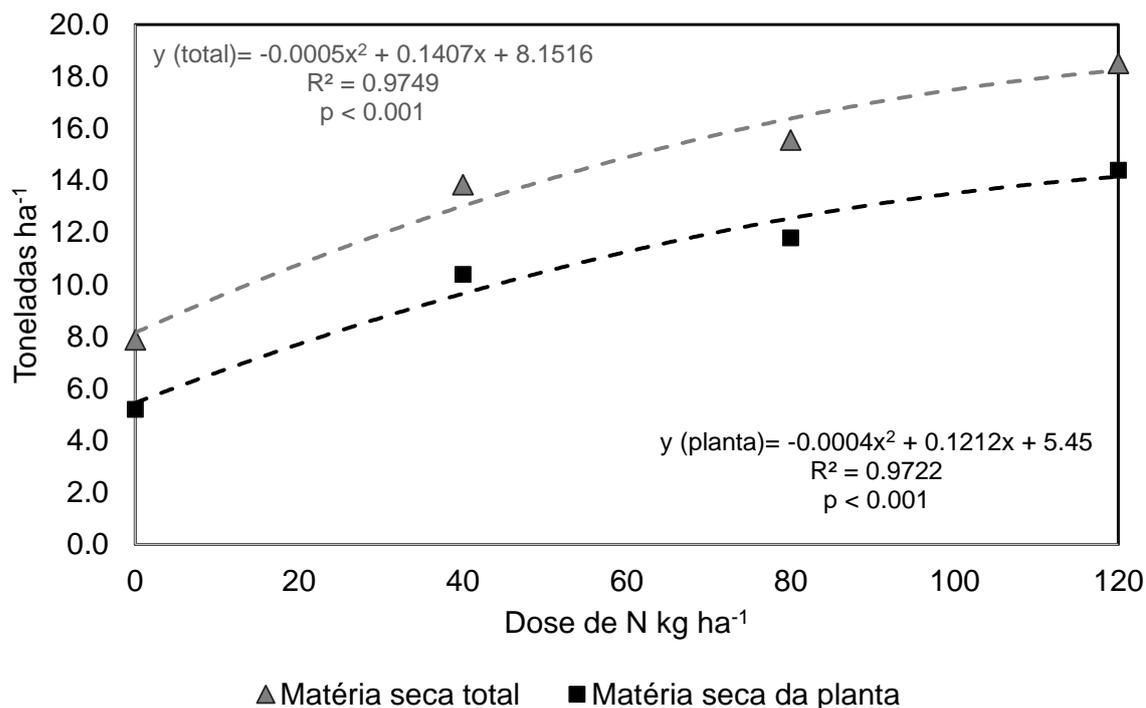


Figura 8. Matéria seca total e de planta de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio.

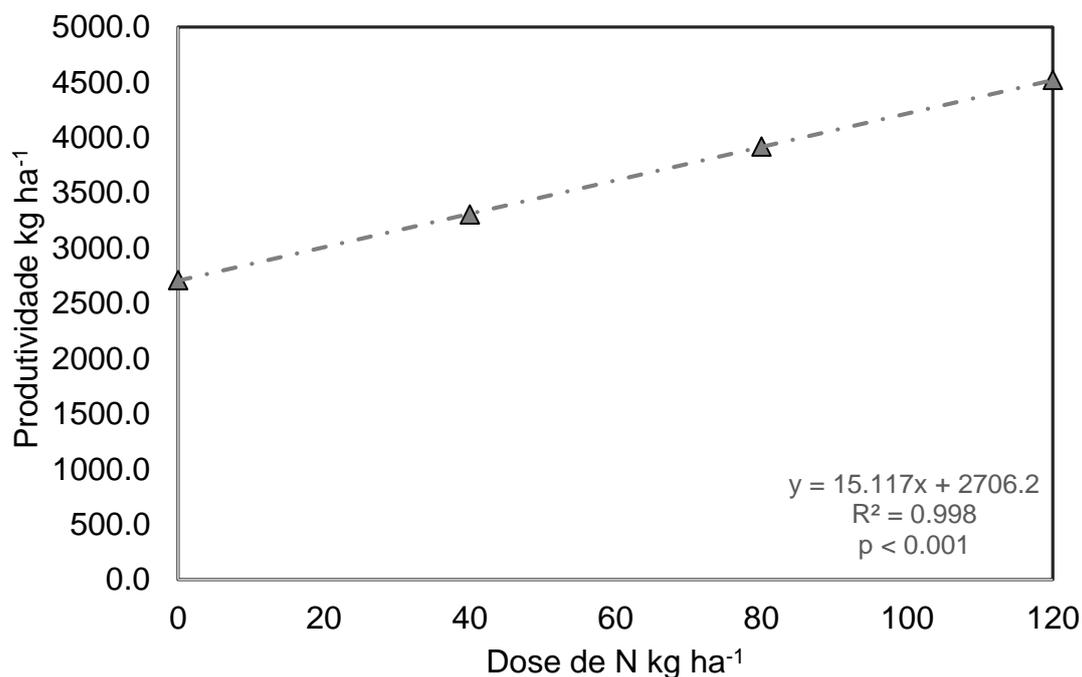


Figura 9. Produtividade de sementes de trigo sob doses de nitrogênio na forma de ureia e nitrato de amônio.

A produtividade apresentou comportamento linear crescente significativo ao fator dose (Figura 9), visto que o aumentou conforme o incremento das doses de nitrogênio. Os resultados mostram que a cultivar utilizada pode responder

positivamente à utilização de doses ainda maiores até atingir um ponto onde a produtividade seria reduzida, conforme observado por outros autores como em vários estudos em trigo (COELHO et al., 1998; ESPINDULA et al., 2010; SOUZA et al., 2013), em painço (SORATTO et al., 2007) e arroz (BUZETTI et al., 2006), os quais observaram comportamento quadrático em relação ao acréscimo de doses de N na produtividade, apresentando sempre uma queda na produtividade em doses mais altas, seja devido a questões como acamamento, competição por outros nutrientes na absorção e também por toxicidade. Visto que devido a maior dose de N utilizada ser de 120 kg ha^{-1} e não apresentar efeito de acamamento significativo, os problemas citados acima não ocorreram, justificando a produtividade apresentar comportamento linear crescente. Observou-se na maioria dos atributos avaliados uma resposta linear em relação as doses de N. Contudo, doses superiores a 120 kg N ha^{-1} já pode ocorrer estabilização ou até redução na produtividade de sementes e outros atributos avaliados conforme observado em outros estudos no Sul do Brasil.

O peso hectolitro apresentou interação significativa entre os fatores dose e fonte de nitrogênio. Considerando o efeito de dose em cada fonte de nitrogênio, a suplementação com ureia apresentou um comportamento quadrático e a suplementação com nitrato de amônio apresentou um decréscimo linear (Figura 10). Para o efeito de fonte dentro de cada dose, foi observada diferença apenas na dose de 40 kg ha^{-1} de N, sendo o peso hectolitro maior na suplementação com ureia em comparação ao nitrato de amônio.

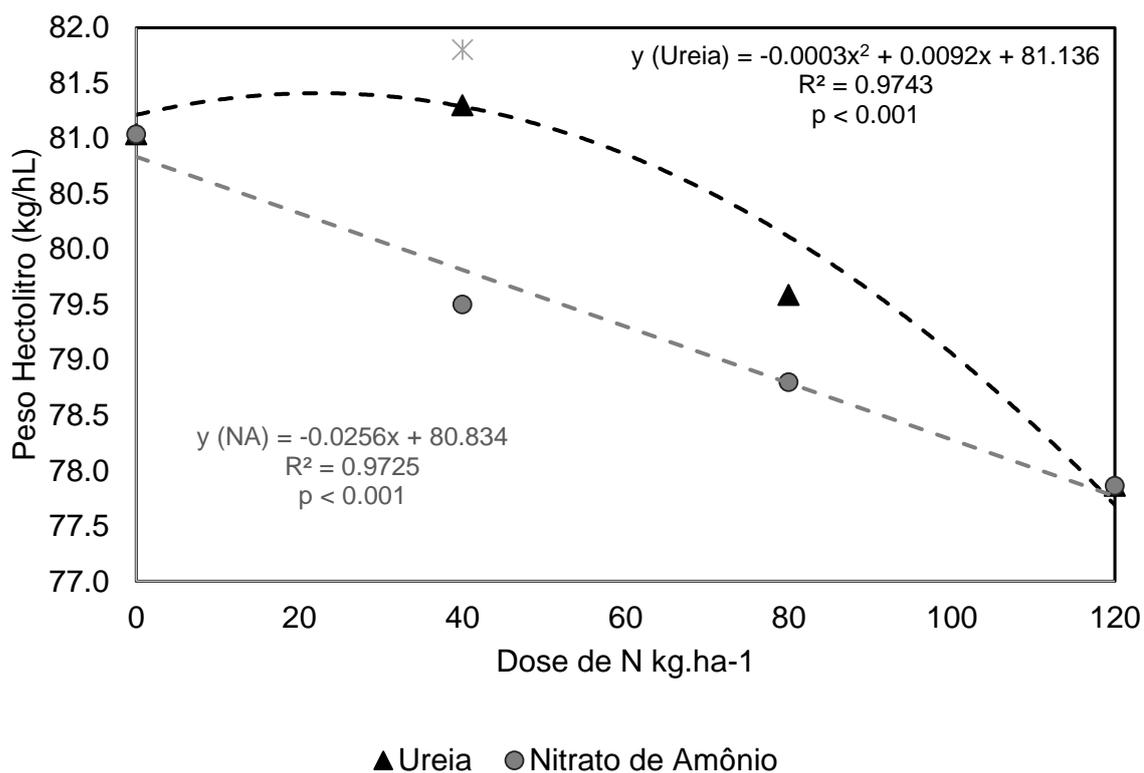


Figura 10. Peso hectolitro de trigo, sob diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato de amônio. Asteriscos na parte superior do gráfico representam diferenças significativas entre fonte de N dentro de cada dose.

A redução do peso hectolitro é evidenciado em diversos estudos, como Trindade et al. (2006), Cazetta et al. (2008), Prando et al. (2012) e Prando et al. (2013), que atribuem a redução ao aumento de espigas por área ou grãos por espiga, resultando em maior competição por fotoassimilados, que prejudica o enchimento dos grãos, e consequentemente a massa de mil grãos. Tal fato é associado também a ocorrência de acamamento. Os resultados encontrados no experimento, discordam dos demais estudos já realizados. A não ocorrência de acamamento proporcionou uma massa de mil grãos igual nos tratamentos, evidenciando que a redução do peso hectolitro pode estar associada a um maior volume do grão de trigo, porém com a mesma massa. Como o peso hectolitro é a relação de um volume conhecido de trigo pela sua massa, nas maiores doses ocorre que em um mesmo volume se tem menos sementes de trigo em relação a doses menores, devido ao tamanho da semente, justificando a redução do peso hectolitro.

A proteína bruta apresentou interação significativa entre os fatores dose e fonte de nitrogênio (Figura 11). Considerando o efeito de dose em cada fonte de nitrogênio, ambas apresentaram acréscimo linear. Em relação ao efeito de fonte dentro de cada dose, foi observada diferença significativa nas doses de 80 e 120 kg ha⁻¹ de N, sendo em ambas as doses o teor de proteína bruta maior na suplementação com nitrato de amônio.

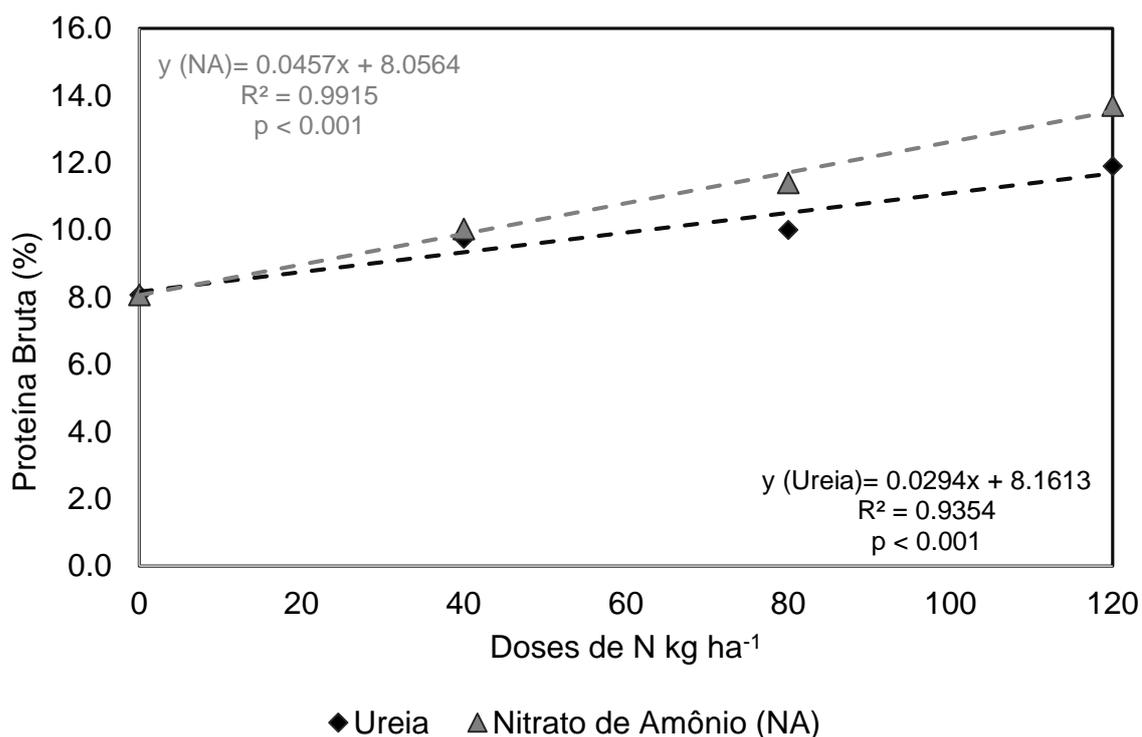


Figura 11. Teor de proteína bruta em trigo, sob diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato de amônio.

O aumento no teor de proteína nas sementes em relação ao incremento de doses de N, evidencia que ambos os tratamentos tiveram suplementação necessária para um enchimento das sementes satisfatório de acordo com a produtividade. Em estudo de Prando et al. (2012), que difere dos resultados obtidos, correlaciona que o aumento de proteína na semente está relacionado a redução da massa de sementes, o que não ocorreu no presente experimento.

Em relação ao aumento de proteína bruta na suplementação com nitrato de amônio, pode estar relacionado a este tipo de fonte proporcionar uma menor perda de N para o ambiente, principalmente por menor taxa de volatilização, resultando em melhor eficiência da adubação nitrogenada (HOLZSCHU et al., 2011). A

eficiência do uso de N é evidenciada por Prando et al. (2012), que em estudos com utilização de polímeros em ureia esperava um aumento da eficiência de N, devido as condições climáticas após a aplicação da adubação nitrogenada terem sido favoráveis a menores perdas de N para o ambiente, não ocorreu diferença significativa entre as formas de ureia utilizada no estudo.

3.4 Conclusões

Os componentes de rendimento, a produtividade e o acúmulo de matéria seca da cultivar Tbio Audaz[®] apresentam um acréscimo linear de acordo com o aumento da dose de nitrogênio.

As fontes nitrogenadas não influenciam nos componentes de rendimento e produtividade da cultivar estudada.

O peso hectolítrico tende a reduzir conforme aumenta-se a dose de nitrato de amônio, sendo maior com a fonte ureia na dose de 40 kg ha⁻¹.

O nitrato de amônio aumenta o teor e proteína bruta nas sementes de trigo em comparação à ureia.

4 CAPÍTULO II

Qualidade fisiológica de campo de semente de trigo sob adubação nitrogenada amídica e nítrica no Sul do Rio Grande do Sul

4.1 Introdução

A produção de trigo nacional não supre a demanda interna do cereal, sendo necessários a importação de cerca de 50% do consumo brasileiro de trigo (CONAB, 2021). Com isso, o incentivo para o cultivo do cereal vem aumentando nos últimos anos, visto que a produção de sementes de trigo no Brasil abrange uma área atual entorno de 245 mil hectares cultivados, totalizando mais de 5,6 mil campos de sementes na safra 20/20 (MAPA, 2021).

A semente pode determinar o sucesso ou fracasso da cultura, sendo que um dos principais atributos determinantes da qualidade da semente é a qualidade fisiológica, que contribui de forma significativa no potencial produtivo da cultura. Dessa forma, as sementes com qualidade satisfatória são resultantes do somatório de atributos físicos, sanitários, genéticos e fisiológicos que, quando combinados, resultam em população de plantas uniforme, com alto vigor, e livre de moléstias, proporcionando um melhor rendimento de grãos (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000; FANAN et al. 2006).

A qualidade fisiológica da semente sofre interferência de vários aspectos, sendo um deles a nutrição, onde uma planta bem nutrida resulta em maior produtividade de sementes, associada a maior qualidade da semente (PRANDO et al., 2012). A disponibilidade do nitrogênio interfere principalmente na composição química da semente, em atributos como estruturas de reserva e formação do embrião, bem como a produção de proteínas e funções metabólicas, impactando no desenvolvimento inicial do embrião durante a germinação (KOLCHINSKI & SCHUCH, 2004). A adubação nitrogenada é essencial para produzir sementes com qualidade fisiológica visto que a ausência da aplicação de nitrogênio ocasiona reduzidos valores das características correspondentes ao potencial fisiológico da

semente de trigo (MARINHO et al., 2020). A interferência da adubação nitrogenada ocasionando benefícios, também foi constatada em outras gramíneas, como milho (BONO et al., 2008) e painço (ABRANTES et al., 2010).

As plantas assimilam o nitrogênio pelas raízes, na forma de amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), por diferentes mecanismos fisiológicos. As plantas apresentam respostas diferenciadas a absorção de NO_3^- e NH_4^+ , devido a disponibilidade destes variar no solo de acordo com fatores como nitrificação, temperatura, mineralização e pluviosidade (JACKSON & BLOOM, 1990). Com isso, os fertilizantes nitrogenados a base de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), como o nitrato de amônio, podem ser importantes alternativas na nutrição de culturas agrícolas. Os fertilizantes constituídos por estes íons nitrogenados não possuem as reações alcalinas que ocorrem na ureia e dessa forma as perdas por volatilização de NH_3 são bastante inferiores comparativamente a ureia. Além disso, alguns autores têm observado que o suprimento combinado de NH_4^+ e NO_3^- pode propiciar um melhor desenvolvimento do sistema radicular, melhor acúmulo de nutrientes e maior produção de matéria seca da parte aérea das culturas (HOLZSCHU et al., 2011).

Dentro desse contexto, estudos que objetivam avaliar a qualidade fisiológica de sementes de trigo em cultivares modernas associados a fertilização e nutrição de plantas com fontes de adubação nitrogenada são em número reduzido. Neste sentido, objetivou-se avaliar a qualidade de sementes de trigo, sob fertilização nitrogenada amoniacal e nítrica no Sul do Brasil.

4.2 Material e métodos

O período de condução do experimento foi entre junho e outubro de 2021, no Centro Agropecuário da Palma, da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão – RS ($31^{\circ}48'07,9''\text{S}$ e $52^{\circ}30'17,9''\text{W}$, altitude de 45 m). O solo da área é classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico Típico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al. 2013). As características químicas do solo nas profundidades de 0-20 cm, foram obtidas através de análise de solo antes da implantação do experimento: MO: 2%; pH (H_2O): 5,62; P (Mehlich⁻¹): 10,8 mg dm^{-3} ; H+Al: 2,7 cmol_c dm^{-3} ; K: 93,5 mg dm^{-3} ; Ca: 3 cmol_c dm^{-3} ; Mg: 1,3 cmol_c dm^{-3} ; CTC: 4,5 cmol_c dm^{-3} ; saturação por bases (V): 63%.

O clima da região é o Cfa (subtropical úmido), conforme classificação de Köppen, que consiste na tendência de concentração de chuvas nos períodos quentes, porém sem estação de seca definida, apresenta geadas pouco frequentes e verões quentes (ALVAREZ et al., 2013). As condições climáticas durante a condução do experimento estão apresentadas na figura 12.

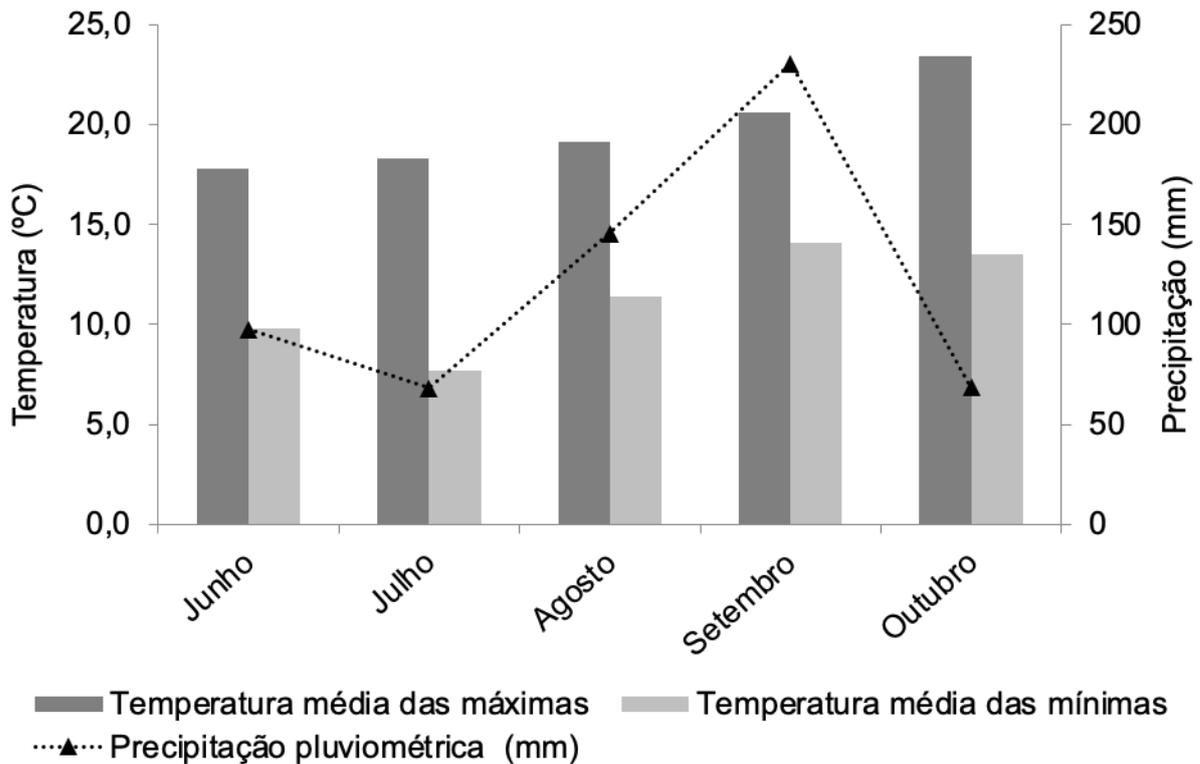


Figura 12. Dados meteorológicos de temperatura e precipitação pluvial ao longo dos meses.

O experimento foi conduzido em área de plantio convencional, utilizando-se a cultivar de trigo Tbio Audaz®, sendo caracterizado por um ciclo precoce, moderadamente resistente ao acamamento e estatura média baixa (BIOTRIGO, 2021). Segundo a Biotrigo (2021), a densidade de semeadura recomendada para a cultivar é entre 300 a 350 plantas finais por metro quadrado, sendo que no presente estudo foi utilizada 330 plantas finais por metro quadrado. O delineamento experimental utilizado foi de casualização por blocos, em fatorial (2x3) + 1, com 4 repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de nitrogênio (fator 1), sendo uma amídica e outra amoniacal nítrica. O suprimento foi através de respectivas doses com ureia (46-00-00) na forma amídica e nitrato de amônio (27-00-00) na forma amoniacal nítrica. O fator 2, foi constituído de doses de nitrogênio, 0, 40, 80 e 120 kg N ha⁻¹.

A semeadura, realizada em 02 de junho, foi feita com a adubação de 200 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 5-20-20 (NPK). A adubação nitrogenada foi parcelada em duas aplicações de 50% da dose, parceladas de acordo com a escala fenológica de Zadoks et al. (1974), sendo a primeira realizada em cobertura no início da fase de perfilhamento (estádio de crescimento GS 21), e a segunda no início da fase de alongamento do colmo (estádio de crescimento GS 31) da cultura.

As parcelas foram compostas por nove linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,17 m, utilizando-se como área útil da parcela as sete linhas centrais, desprezando-se as linhas de bordadura e meio metro das extremidades. A área útil da unidade experimental foi de 2,38 m².

Os tratos culturais foram conduzidos segundo as recomendações de manejo da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (2018). A colheita foi realizada em 31 de outubro, após as sementes atingirem a maturidade fisiológica, caracterizado pelo endurecimento da cariopse, plantas com aspecto seco e sementes com umidade abaixo de 20%.

Após a colheita, as sementes foram secas em secador estacionário, com temperatura de 40°C, até atingirem a umidade de 13%. Após a secagem, as amostras de sementes foram pesadas para determinar a produtividade de sementes por hectare (kg ha⁻¹), e conduzidas para o Laboratório Didático de Análise de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – UFPel, onde foram armazenadas em câmara fria (15,6±2°C), com umidade relativa entorno de 40±5%, até serem realizadas as análises de qualidade fisiológica de sementes.

A quantificação da massa de mil sementes foi realizada após a pesagem e calculado de acordo com as Regras de Análise de Sementes (RAS), com pesagem de oito repetições de 100 sementes (BRASIL, 2009). O teste de germinação foi feito com 200 sementes por repetição, divididas em quatro subamostras de 50 sementes, montados em rolos de papel germitest umedecidos com água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso do papel, após levados a germinador a 20°C. A primeira contagem foi realizada aos quatro dias da montagem do teste e a contagem final no oitavo dia. As plântulas foram identificadas como plântulas normais, anormais e sementes mortas, e representadas em porcentagem (BRASIL, 2009).

Juntamente com o teste de germinação foram montadas quatro repetições de 20 sementes, colocadas no terço superior da folha do papel germitest, para

analisar o comprimento e massa de plântulas. Após o quinto dia, foi avaliado o comprimento de plântulas, com o auxílio de régua graduada e os resultados expressos em centímetros (cm) (Nakagawa, 1999). A massa de plântulas foi realizada após a avaliação de comprimento de plântula, onde foram colocados em embalagens de papel e levadas para estufa por 72 horas, com temperatura de 65°C e circulação de ar forçado, até atingir o peso constante. Após para contabilizar a massa seca, foi utilizado balança de precisão de 0,0001 gramas. Os resultados foram expressos em mg por plântula.

A análise de condutividade elétrica (CE) foi realizada através da pesagem de quatro subamostras de 50 sementes de cada repetição dos tratamentos, através de balança de precisão (0,0001g) e após colocadas em copos plásticos com 75 mL com água deionizada. Como padronização do teste, foi utilizado duas testemunhas contendo apenas 75 mL de água deionizada. As amostras foram levadas por 24 horas para germinador tipo *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) à temperatura de 25 °C, e após este período foi realizada a leitura com auxílio de condutímetro de bancada (Vieira; Krzyzanowski, 1999). Para obtenção dos resultados foram utilizadas as fórmulas:

$$X - Y = Z (\mu\text{S cm}^{-1})$$

$$\text{Condutividade elétrica} = \frac{Z}{M}$$

Em que:

X = leitura das amostras

Y = leitura da amostra padrão

Z = resultado expresso em $\mu\text{S cm}^{-1}$

M = massa das sementes

Os resultados finais foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

A condução do teste de envelhecimento acelerado (EA), foi realizada em BOD a 43°C por 48 horas (Lima et al., 2006), onde as sementes foram colocadas em caixas tipo gerbox, de forma homogênea sobre a tela metálica, e com 40 mL de solução salina saturada (Pedroso et al., 2010), composta por 11 gramas de NaCl por 100 mL de água destilada, no interior das caixas. Posteriormente, foram

utilizadas 200 sementes por repetição, divididas em quatro subamostras de 50 sementes e submetidas ao teste padrão de germinação, sendo avaliadas após quatro dias da montagem do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas.

A emergência de plântulas foi realizada de acordo com Prando et al. (2012) em canteiros contendo como substrato o solo. A semeadura consistiu em quatro repetições de 50 sementes, realizada a 3 cm de profundidade, distância entre linhas de 10 cm e a umidade mantida com irrigação sempre que necessário. Os resultados foram expressos em porcentagem e a avaliação foi realizada no decimo quarto dia após a implantação do teste.

O teor de nitrogênio na semente foi determinado através da trituração de uma amostra de grãos de cada unidade experimental, e submetido a digestão ácida e alta temperatura. Do extrato resultante da digestão foi realizada a destilação pelo método de *Kjeldahl*, e os resultados expressos em g kg^{-1} . (HASTENPFLUG et al. 2011).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R Core Team, 2014). Os dados foram analisados quanto à significância estatística por meio do teste F. Os dados expressos em porcentagem ou contagens foram transformados por análise de arcsin [raiz quadrada $(n + 1)$] e raiz quadrada $(n + 1)$. Regressões lineares e polinomiais foram realizadas quando a análise de variância mostrou diferenças significativas entre as médias.

4.3 Resultados e discussão

Ocorreu efeito significativo entre fonte de nitrogênio e dose para a primeira contagem (PCG) (Tabela 2). Considerando-se o efeito de dose dentro das fontes de N, foi observada redução linear na PCG conforme se aumentou a dose na fonte ureia (Figura 13), ao passo que para o nitrato de amônio (NA) não houve efeito significativo. Para o efeito de fonte em cada dose, diferenças foram observadas apenas com 120 kg N ha^{-1} , onde a maior PCG foi observada com NA (Tabela 2). As demais variáveis analisadas não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos, seja da interação ou pelos efeitos simples (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados do teste de germinação de sementes de trigo produzidas com diferentes doses de nitrogênio, suplementadas com ureia e nitrato de amônio.

	Primeira contagem (%)		Germinação (%)	Anormais (%)	Mortas (%)
	Uréia	NA			
Fonte N					
Ureia	-	-	87	4	9
NA	-	-	88	5	8
Dose (D)					
0	67	67	89	4	7
40	67	62	88	4	9
80	57	61	87	5	8
120	54 B	62 A	87	4	9
Valor p					
FN	0.194		0.532	0.081	0.110
D	< 0.001		0.404	0.069	0.335
FN*D	0.030		0.882	0.069	0.436
p regressão					
Linear	< 0.001	ns	-	-	-
Quadrática	0.450	ns	-	-	-

*Médias seguidas de letra diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Ns = não significativo

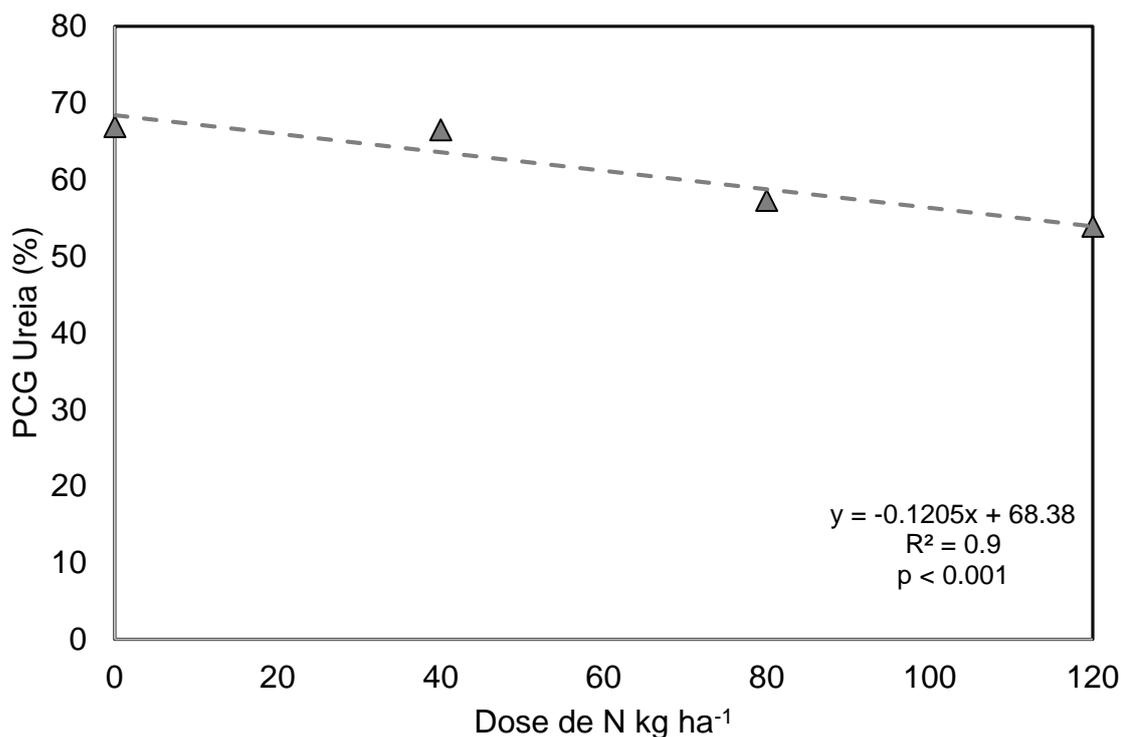


Figura 13. Primeira contagem de germinação de sementes de trigo no teste de germinação, produzidas com diferentes doses de nitrogênio suplementadas com ureia.

No estudo de Nakão et al. (2018), através do teste de germinação, ele descreve que a planta com melhor condição de nutrição resulta em uma semente mais resistente e com menor deterioração. Em contraponto, em relação a germinação, não foi constatada melhoria na qualidade fisiológica significativa em relação fonte e dose, o que foi observado por Prando et al., (2012), alegando que a justificativa para tal fato, é que nestes casos onde as plantas possuem menor disponibilidade de nutrientes, elas acabam priorizando a preservação da espécie, produzindo sementes de qualidade, porém em menor quantidade, justificando a ausência de efeito da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes de trigo. O comportamento contrastante da PCG foi observado por Olivoto et al. (2017) em sementes de trigo com suplementação de diferentes fontes de adubação nitrogenada, concordando com pesquisas que evidenciam que as atividades metabólicas básicas são influenciadas pelas diferentes fontes de adubação nitrogenada (CRAMER & LEWIS, 1993).

Ocorreu efeito significativo da interação entre fonte de nitrogênio e dose para a emergência a campo (EC) (Figura 14), enquanto para envelhecimento acelerado (EA) se observou efeito significativo isolado de dose e de fonte de nitrogênio (Figura 15).

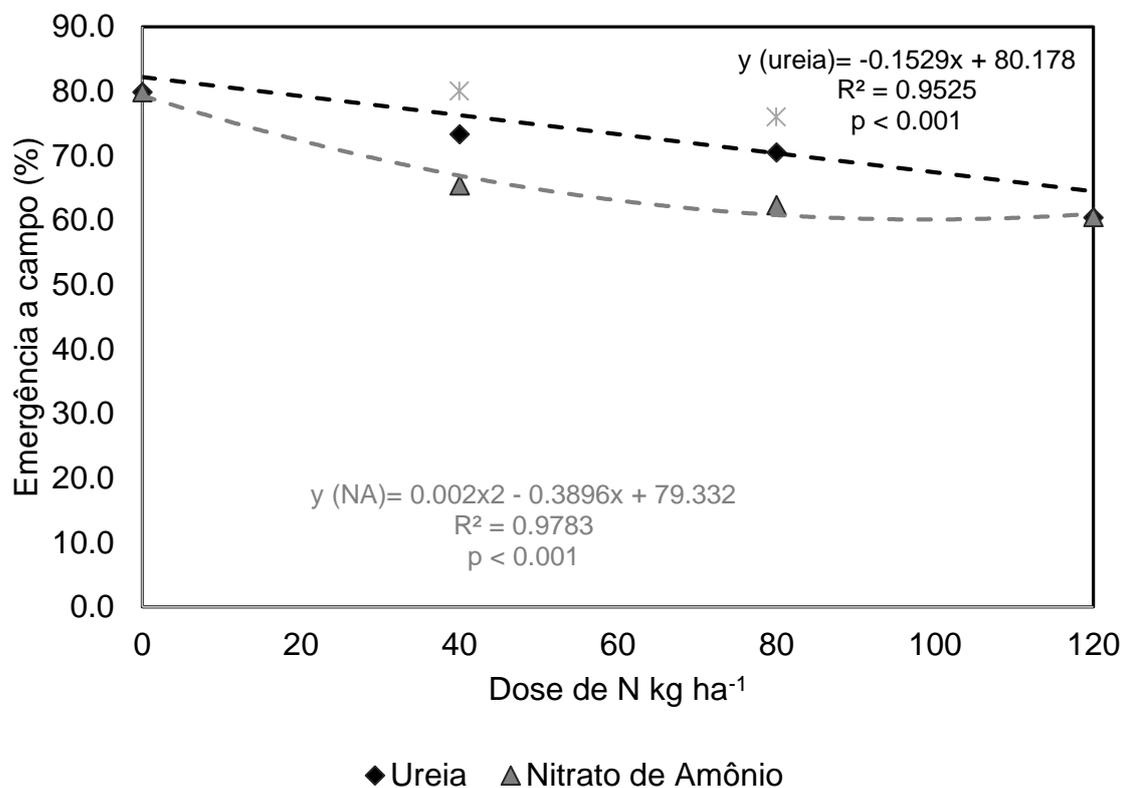


Figura 14. Percentagem de germinação de sementes de trigo no teste de emergência a campo, produzidas com diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato de amônio. Asteriscos na parte superior do gráfico representam diferenças significativas entre fonte de N dentro de cada dose.

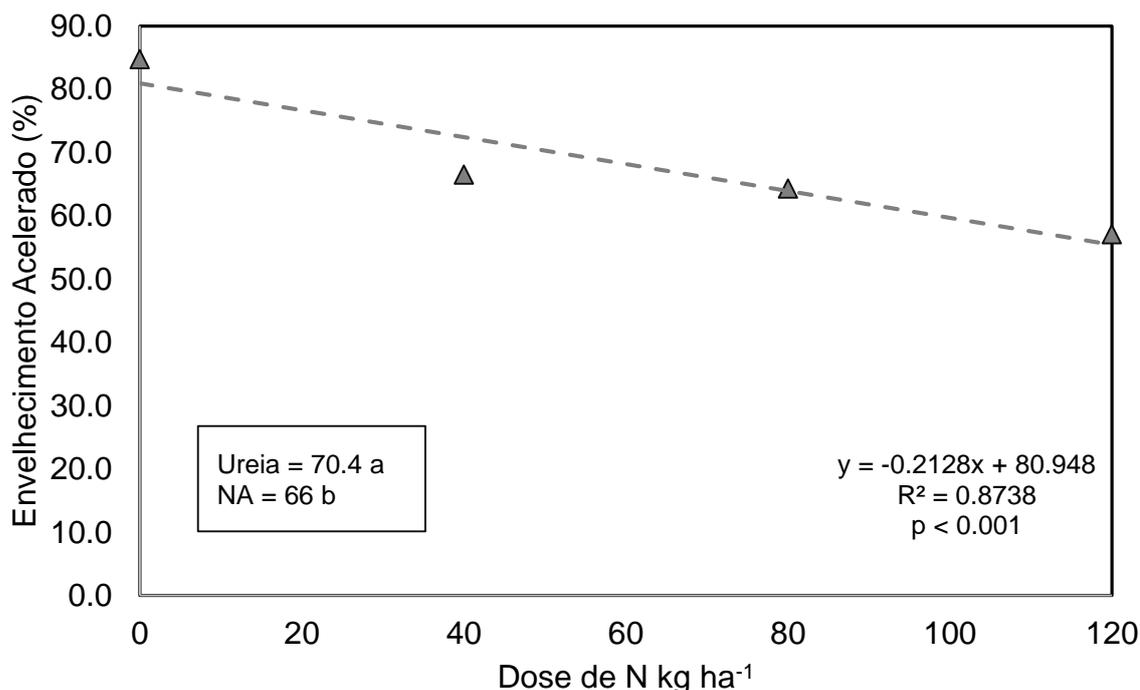


Figura 15. Percentagem de germinação de sementes de trigo no teste de envelhecimento acelerado, produzidas com diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato de amônio.

Estudos relacionados a adubação nitrogenada, verificam efeito significativo da adubação em sementes de milho na emergência em canteiro, apresentando melhor qualidade fisiológica (IMOLENI et al., 2001). Os resultados obtidos discordam do estudo, visto que a emergência a campo em sementes de trigo, reduziu de acordo com o aumento da suplementação com nitrogênio. Em outro estudo, Brzezinski et al. (2014) observou que o aumento de doses da adubação nitrogenada aumentava os valores de germinação de sementes de trigo submetidas ao envelhecimento acelerado (EA). Apesar dos contrapontos encontrados nos testes, ambos são utilizados para avaliação do vigor das sementes, e os resultados obtidos apresentam uma redução da percentagem de germinação conforme o aumento da dose de adubação nitrogenada. O fato foi observado por Bazzo et al. (2021) em trigo e por Schuch et al. (1999) em aveia preta, que dose de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio na fase de perfilhamento, reduziu os valores de vigor de ambas as culturas, devido a dose ter resultado em maior acamamento das cultivares testadas, justificando a menor qualidade fisiológica das sementes.

O teste de condutividade elétrica se refere a perda de eletrólitos das sementes para a água onde estão embebidas, representando o processo de deterioração, pois devido a perda da integridade das membranas celulares, ocorre o aumento de lixiviados na solução, ou seja, quanto mais membranas danificadas ou mal estruturadas, ocorre o aumento de solutos lixiviados na solução, acarretando maior leitura no condutivímetro (HEPBURN et al., 1984; VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999).

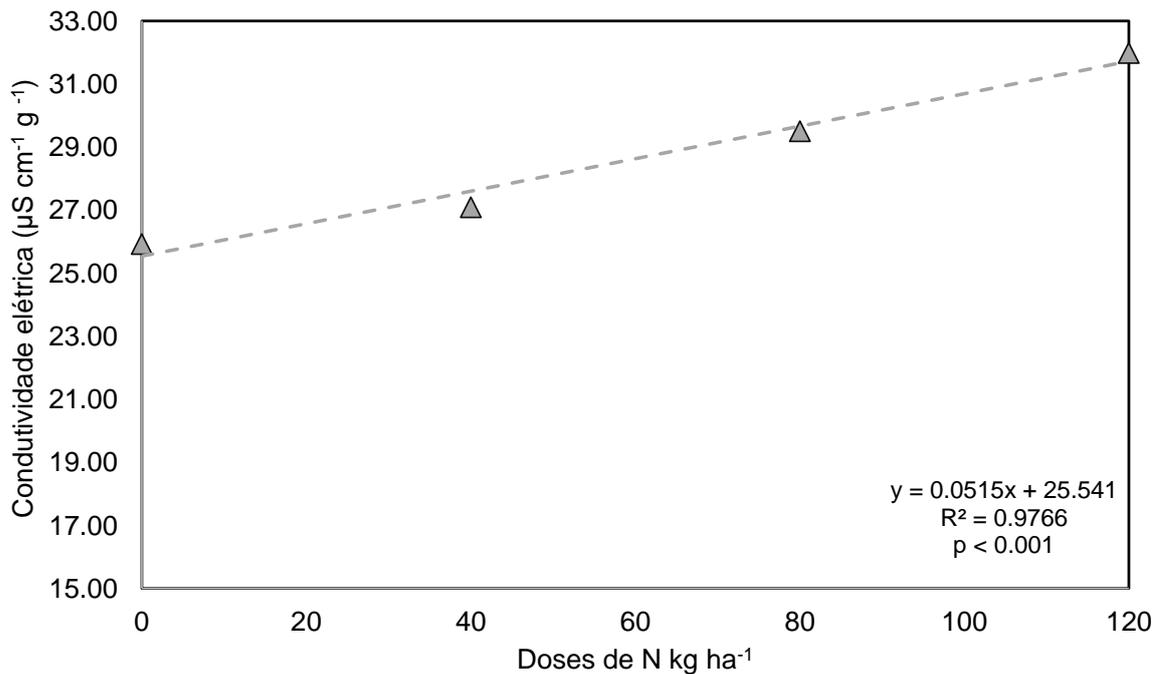


Figura 16. Resultado do teste de condutividade elétrica em sementes de trigo, produzidas com diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato de amônio.

A condutividade elétrica apresentou efeito significativo (Figura 16) para o fator dose, com comportamento crescente e reta de tendência linear, em função do aumento das doses utilizadas. Tal fato, pode ter ocorrido devido ao acúmulo de nutrientes ser maior, concordando com Prando et al. (2012), onde também não foi possível concluir se o efeito está associado a maior desintegração de membranas das sementes, ou ao maior acúmulo de nutrientes. De qualquer forma, os dados mostram que foi detectada uma maior concentração de solutos conforme aumentou-se a dose de N, que, aliada ao menor vigor e PCG, indicam que pode haver efeitos negativos na integridade das membranas das sementes de trigo em função do aumento da dose de N.

Para as variáveis massa de mil sementes (MMS), comprimento e massa de plântula (Tabela 3) não se observou efeito significativo dos fatores testados. A massa de mil sementes não diferiu entre os tratamentos, o que pode estar associado ao adequado suprimento dos nutrientes, entre eles macro e micronutrientes acompanhando o incremento de produtividade com o acréscimo das doses de nitrogênio. Esta observação discorda de estudos como o de Prando et al. 2012, os quais mostram que a massa de mil sementes reduz conforme o aumento de dose de N e produtividade, em consequência do aumento de espigas por área, ocorrendo uma maior distribuição dos fotoassimilados e nutrientes, ocasionando a redução da MMS.

Tabela 3. Massa de mil sementes (MMS), comprimento e massa seca de plântula de trigo, produzidas com diferentes doses de nitrogênio, suplementadas com ureia e nitrato de amônio.

	Comprimento (cm)	Massa seca (g)	MMS (g)
	Plântula	Plântula	Semente
Fonte N			
Ureia	17.24	0.054	37.7
NA	17.68	0.055	37.3
Dose (D)			
0	18.19	0.055	37.3
40	17.01	0.054	37.6
80	17.16	0.054	37.7
120	17.48	0.056	37.3
Valor p			
FN	0.232	0.521	0.278
D	0.127	0.469	0.715
FN*D	0.614	0.478	0.081
CV (%)	5.75	5.45	2.46
p regressão			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns

*ns = não significativo

O comprimento e a massa de plântula estão diretamente relacionados com a massa de mil sementes, por isso não apresentaram diferença significativa, pois sementes que apresentam a mesma massa de semente, sendo de a mesma

cultivar, tendem a apresentar a mesma reserva de nutrientes. Sem diferença na massa de mil sementes (MMS), pode se observar um igual desenvolvimento de plântulas e conseqüentemente a massa de plântulas similar. Os resultados obtidos, correlacionam com os encontrados por Prando et al. (2012), que não observaram diferenças no comprimento e massa de plântulas entre doses de 0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada sobre a qualidade fisiológica de sementes de trigo. O estudo conduzido por Olivoto et al. (2017), demonstra que variáveis como comprimento de parte aérea e de raiz de plântulas apresentam uma resposta diferente a fonte e dose utilizada, de acordo com a cultivar.

O teor de nitrogênio na semente apresentou interação significativa entre os fatores fonte de nitrogênio e dose. Observando o efeito de dose em cada fonte de nitrogênio, observa-se que o valor médio dos tratamentos suplementados com ureia foi estatisticamente menor quando comparado com os de nitrato de amônio, porém ambos com acréscimo linear (Figura 17). Já o efeito dose foi observada diferença significativa nas doses de 80 e 120 kg ha⁻¹ de N, com valores maiores na suplementação com nitrato de amônio.

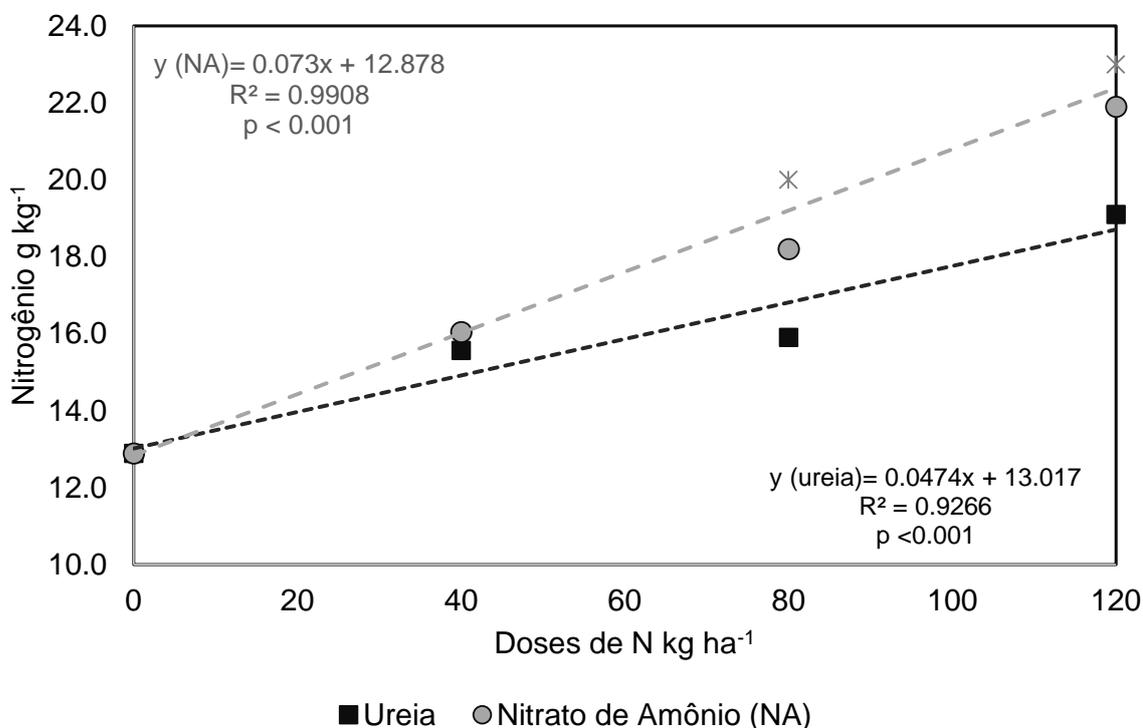


Figura 17. Teor de nitrogênio em sementes de trigo, produzidas com diferentes doses de nitrogênio suplementadas por ureia e nitrato de amônio. Asteriscos na parte superior do gráfico representam diferenças significativas entre fonte de N dentro de cada dose.

É evidenciado por Olivoto et al. (2017) que sementes com maior concentração de nitrogênio originam plantas mais vigorosas e com maior acúmulo de matéria seca, devido ao nitrogênio ser constituinte de biomoléculas na planta, podendo interferir na qualidade das sementes. Segundo Marcos Filho (2015), as sementes de trigo sofrem ação pronunciada e eficiente na assimilação de reservas e aumento do teor de nitrogênio nas sementes, devido a adubação nitrogenada. Estudos de Carvalho & Nakagawa (1988) observaram correlação positiva entre vigor de sementes e teor de nitrogênio nas sementes. Apesar do incremento do teor de nitrogênio na semente de acordo com a dose, não resultou em melhoria da qualidade fisiológica das sementes testadas.

4.4 Conclusões

A adubação nitrogenada, independente da dose e fonte de nitrogênio, não interfere na germinação das sementes da cultivar Tbio Audaz®.

O teor de nitrogênio na semente aumenta conforme há incremento da suplementação de N, sendo maior quanto utilizada como fonte o nitrato de amônio, nas doses de 80 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ de N.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A assimilação do nitrogênio pelas plantas ocorre através da absorção de amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-) pelas raízes, por diferentes mecanismos fisiológicos, resultando em respostas diferenciadas na produtividade e desenvolvimento das culturas. Os fertilizantes amídicos, no caso da ureia, apresentam uma perda elevada por volatilização, reduzindo a eficiência da adubação nitrogenada. Com isso, fertilizantes nitrogenados a base de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) são alternativas importantes, visto que não apresentam reações alcalinas que ocorrem na hidrólise da ureia, proporcionando menores valores de volatilização em comparação a ureia. Quando as condições climáticas contribuem para uma maior eficiência da adubação nitrogenada com ureia, não ocorre influência de fontes diferentes de nitrogênio nos componentes de rendimento e produtividade da cultivar Tbio Audaz®.

Os componentes de rendimento e produtividade apresentam um crescimento linear de acordo com o aumento da dose na cultivar Tbio Audaz®, isso ocorre devido a maior dose utilizada ter sido de 120 kg ha^{-1} de N, não resultando em ocorrência significativa de acamamento. As baixas doses de N acabam reduzindo a produtividade de grãos, já as altas doses podem ocasionar acamamento e toxidez pelo excesso do nutriente, apresentando nesses casos o comportamento dos parâmetros listados acima de forma quadrática, resultando em decréscimo de componentes de rendimento e menor produtividade com o aumento das doses.

O nitrogênio é um nutriente fundamental para o desenvolvimento das culturas, sendo este constituinte de biomoléculas e proteínas, visando que as concentrações de nitrogênio na planta devem ser bem mensuradas, pois a qualidade fisiológica das sementes é afetada principalmente pelas altas doses, ocorrendo a redução de compostos fenólicos na planta deixando a mesma, mais suscetível aos patógenos obrigatórios. Porém a adubação nitrogenada independente da dose e fonte de nitrogênio, não interfere no percentual de germinação de sementes da cultivar Tbio Audaz®. Essa ocorrência se deve as plantas de trigo em menores disponibilidade de nutrientes, priorizam a preservação da espécie, produzindo sementes de qualidade, porém em menor quantidade, justificando a ausência de efeito da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes de trigo.

O incremento do teor de nitrogênio na semente com o aumento da suplementação de N é maior quando se utiliza o nitrato de amônio, resultado da melhor eficiência da adubação nitrogenada. Esta eficiência é maior no nitrato de amônio devido esta fonte proporcionar uma menor perda de N para o ambiente.

Relevante salientar ainda que os dados encontrados no presente estudo são de um ano agrícola. Dessa forma, para obtenção de dados mais robustos são necessários mais anos agrícolas de condução da pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- ABRANTES, F. L.; KULCZYNSKI, S. M.; SORATTO, R. P.; BARBOSA, M. M. M. Nitrogênio em cobertura e qualidade fisiológica e sanitária de sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 106-115, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000300012>
- ABITRIGO. História do trigo – Trigo no Brasil. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/conhecimento-trigo.php>. Acesso em abril de 2022.
- ALTENBACH, S.B.; TANAKA, C.K.; HURKMAN, W.J.; WHITEHAND, L.C.; VENSEL, W.H.; DUPONT, F.M. Differential effects of a post-anthesis fertilizer regimen on the wheat flour proteome determined by quantitative 2-DE. **Proteome Science**, v.9, n.46, p.1-13, 2011.
- ALVAREZ, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711–728, 2013.
- BAZZO, J. H. B. et al. Adubação nitrogenada na qualidade fisiológica de sementes de genótipos trigo. In: **Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 10., 2016, Londrina. Anais... Londrina: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2016., 2016.
- BAZZO, J. H. B.; GARCIA, E. B.; CARDOSO, C. P.; & ZUCARELI, C. Qualidade fisiológica de sementes de trigo em resposta a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 36, n. 70, p. 145-156, 2020.
- BAZZO, J. H. B.; GARCIA, E. B.; MARINHO, J. D. L.; GOMES, D.; SILVA, S. R.; ZUCARELI, C.. Vigor de sementes e adubação nitrogenada na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Embrapa Trigo-Artigo em periódico indexado**, 2021.
- BIOTRIGO. **Biotrigo genética** - Tbio Audaz. 2021. Disponível em: <https://biotrigo.com.br/cultivares/portfolio/tbio_audaz/47>. Acesso em: 01 de março de 2021.
- BLOOM, A. J., RANDALL, L., TAYLOR, A. R., & Silk, W. K.. Deposition of ammonium and nitrate in the roots of maize seedlings supplied with different nitrogen salts. **Journal of experimental botany**, v. 63, n. 5, p. 1997-2006, 2012.
- BONO, J. A.M; RODRIGUES, A. P. D. C; MAUAD, M; ALBUQUERQUE, J. C; YAMAMOTO, C. R; CHERMOUTH, K. S; FREITAS, M. E. Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Agrarian**, v.1, n.2, p.91-102, 2008.
- BORNER, Andreas. et al. Associations between geographical origin and morphological characters in bred wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Genetic Resources**, Cambridge, v. 3, n. 3, p. 360-372, 2005.
- BRASIL. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS. 399p.

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

BRZEZINSKI, C.R.; ZUCARELI, C.; HENNING, F. A.; ABATI, J.; PRANDO, A. M.; HENNING, A. A. Nitrogênio e inoculação com *Azospirillum* na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo. **Revista de Ciências Agrárias**. v.57, p. 257- 265, 2014.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, E.; MEIRA, F.A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.1731-1737, 2006.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; CONTIN, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Science Agrícola**. v. 65, p. 397–401, 2008.

CARLOS, F.S.; MARAFON, A.J.; ANDREAZZA, R.; ANGHINONI, I.; TEDESCO, M.J.; Electrochemical changes and nutrient dynamics in the solution of soil with rice irrigated with treated industrial leachate | Alterações eletroquímicas e dinâmica de nutrientes na solução do solo em arroz irrigado com lixiviado industrial tratado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 39, p. 466–474, 2015.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. FUNEP, 5. ed., Jaboticabal, p 590, 2012.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Fundação Cargill, 3 ed., Campinas, p 424, 1988.

CHEN, A.; LEI, B.; HU, W.; LU, Y.. Characteristics of ammonia volatilization on rice grown under different nitrogen application rates and its quantitative predictions in Erhai Lake Watershed, China. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v. 101, p. 139-152, 2014.

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**, Viçosa, v.22, p.555-561, 1998.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2019. **Embrapa**, Brasília, 240 p., 2018.

COMPONOGARA, A.; GALLIO, E.; BORBA, W.F.; GEORGIN, J. O atual contexto da produção de trigo no Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, n.2, p.246-257, 2015.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.8, n.9, safra 2020/21. **Online**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safra/graos>. ISSN: 2318-6852. Acessado em 20 out. 2021.

COVENTRY, D.R.; GUPTA, R.K.; YADAV, A.; POSWAL, R.S.; CHHOKAR, R.S.; SHARMA, R.K.; YADAV, V.K.; GILL, S.C.; KUMAR,A.;MEHTA,A.; KLEEMANN, S.G.L.;BONAMANO, A.; CUMMINS, J.A. Wheat quality and productivity as affected by varieties and sowing time in Haryana, India. **Field Crops Research**, v.123, p.214-225, 2011.

CRAMER MD & LEWIS OAM. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants. **Annals of Botany**, v.72, p. 359-365, 1993.

ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; SOUZA, M.A.; GROSSI, J.A.S.; SOUZA, L.T. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.6, p.1404-1411, 2010.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; LIMA, T. C.; FILHO, J. M. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 28, p. 152-158, 2006.

FAOSTAT. Crops. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acesso em: 09 Mai. 2022

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K. J. et. al. Physiology and determination of crop yield. **American Society of Agronomy**. Cap.11A, p. 285-302, 1994.

HASTENPFLUG, M.; BRAIDA, J. A.; MARTIN, T. N.; ZIECH, M. F.; SIMIONATTO, C. C.; CASTAGNINO, D. S. Cultivares de trigo duplo propósito submetidos ao manejo nitrogenado e a regimes de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 1, p. 196-202, Dois Vizinhos – Paraná, 2011.

HEPBURN, H.A.; POWELL, A.A.; MATTHEWS, S. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.12, n.3, p.403-13, 1984.

HOLZSCHUH, M.J., BOHNEN, H., ANGHINONI, I., PIZZOLATO, T.M., CARMONA, F.C., CARLOS, F.S. Absorção de nutrientes e crescimento do arroz com suprimento combinado de amônio e nitrato. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v.35, 2011.

IMOLES, A. S.; VON PINHO, E. V. R.; VON PINHO, R. G.; VIEIRA, M. G. G. C.; CORRÊA, R. S. B. Influência da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1119-1126, 2001.

JACKSON LE & BLOOM AJ. Root distribution in relation to soil nitrogen availability in field-grown tomatoes. **Plant and Soil**, v. 128, p.115–126, 1990.

KOLCHINSKI, E.M; SCHUCH, L.O.B. Relações entre a adubação nitrogenada e a qualidade de grãos e de sementes em aveia branca. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.379-383, 2004.

MANDARINO, José Marcos Gontijo. Componentes do trigo: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 36p. 1994.

MAPA. Controle da Produção de Sementes e Mudas. **SIGEF**, 2021. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/sigefsementes/index.htm>. Acesso em 23 out. 2021.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. ABRATES, 2 ed., Londrina, p 660, 2015.

MARINHO, J. D.; BAZZO, J. H. B.; CARDOSO, C. P.; ZUCARELI, C. Parcelamento de doses da adubação nitrogenada na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n.4, p. 80-88, 2020.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: **Academic Press**, 1995. 889 p.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C.A.C.; GRASSI FILHO, H.; CORRÊA, J.C. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, p.761-765, 2003.

MEGDA, M. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. M. C.; VIEIRA, M. X. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1055-1060, 2009.

NAKAGAWA, J.; CAVARINI, C.; MACHADO, J.R. Adubação nitrogenada no perfilhamento da aveia-preta em duas condições de fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.1071-1080, 2000.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. ABRATES, Londrina, p.2.1-2.24, 1999.

NAKAO, A. H.; COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; SOUZA, M. F. P.; DICKMANN, L. D.; CENTENO, D. C.; CATALANI, G. C. Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação foliar com boro e zinco. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 27, n. 3, p.312-327, 2018.

OLIVOTO, Tiago et al. Parcelamento e fontes de nitrogênio na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 4, p. 345-356, 2017.

PEDROSO, D.C.; TUNES, L.M.; BARBIERI, A.P.; BARROS, A.C.S.A; MUNIZ, M.F.B.; MENEZES, V.O. Envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Ciência Rural**. v. 40, 2010.

PIETRO-SOUZA, W.; BONFIM-SILVA, E.M.; SCHLICHTING, A.F.; SILVA, M.C. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.575-580, 2013.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, E. A. P.; JUNIOR A. O. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.1, p.34-41, 2013.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, E. A. P.; PANOFF, B. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 34, n. 2, p.272-279, 2012.

PRANDO, A. M. et al. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso. In: **JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA**, Londrina: Embrapa Soja, 2009. p. 121-126, 2009.

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**, v.37, n.6, p.1564-1570, 2007.

SANTOS H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Embrapa, Brasília, p.353, 2013.

SCHRÖDER, J.J.; NEETESON, J.J.; OENEMA, O.; STRUIK, P.C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production?: Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.66, p.151-164, 2000.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; MAIA, M. D. S.; ASSIS, F. D. Vigor de sementes e adubação nitrogenada em aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, p.127-134, 1999.

SILVA, R.R.; BENIN, G.; SILVA, G.O. da; MARCHIORO, V.S.; ALMEIDA, J.L. de; MATEI, G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1439-1447, 2011.

SORATTO, R.P.; CARDOSO, S.M.; SILVA, Â.H.; COSTA, T.A.M.; PEREIRA, M.; CARVALHO, L.A. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do painço (*Panicum miliaceum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1661-1667, 2007.

SOUZA, Daiana de Fátima Militão de. Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha. 2019. 45 f. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2019.

STRECK, E.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**, 2nd ed. Porto Alegre: Emater-RS, 2008.

STITT, M.; MULLER, C.; MATT, P.; GIBON, Y.; CARILLO, P. MORCUENDE, R.; SCHEIBLE, W. R.; KRAPP, A. Steps towards an integrated view of nitrogen metabolism. *Journal of Experimental Botany*. v. 53, p. 959-970, 2002.

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**, v.29, n.3, p.421- 425, 2007.

TEIXEIRA, M. C. M. F.; 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**, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

TODESCHINI, M. H.; MILIOLI, A. S.; TREVIZAN, D. M.; BORNHOFEN, E.; FINATTO, T.; STORCK, L.; BENIN, G. Eficiência de uso do Nitrogênio em cultivares modernas de trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 3, p.351-361, 2016.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI F.C. Teste de condutividade elétrica. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. ABRATES, Londrina, p.4.1-4.26, 1999.

WARRAICH, E. A.; BASRA, S. M. A.; AHMAD, N.; AHMED, R.; AFTAB, M. Effect of Nitrogen on Grain Quality and Vigour in Wheat (*Triticum aestivum* L.). **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 4, n. 4, p. 517-520, 2002.

WHITE, J.W.. From genome to wheat: Emerging opportunities for modelling wheat growth and development: Modelling Quality Traits and Their Genetic Variability for Wheat. **Eur. J. Agron.** 25, 79-88, 2006.

YANO, G. T.; TAKAHASHI, H. W.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina: Ciências Agrárias.** v. 26, n.2, p. 141-148, 2005.

YIN, X. M.; LUO, W.; WANG, S. W.; SHEN, Q. R.; LONG, X. H. Effect of nitrogen starvation on the responses of two rice cultivars to nitrate uptake and utilization. **Pedosphere.** v.24, p. 690-698.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research,** Oxford, v. 14, p. 415-421, 1974.

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

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, F. Nutrição mineral e patógenos radiculares. **Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais,** p. 153, 2005.