

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

Dissertação



Manejo da população de plantas e da adubação nitrogenada em trigo cultivado em terras altas: efeitos na produtividade e qualidade de sementes.

Carem Rosane Coutinho Saraiva

Pelotas, 2023

Carem Rosane Coutinho Saraiva

Manejo da população de plantas e da adubação nitrogenada em trigo cultivado em terras altas: efeitos na produtividade e qualidade de sementes.

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. Mateus Da Silveira Pasa
Co-Orientador: Dr. Filipe Selau Carlos

Pelotas, 2023

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S243m Saraiva, Carem Rosane Coutinho

Manejo da população de plantas e da adubação nitrogenada em trigo cultivado em terras altas : efeitos na produtividade e qualidade de sementes / Carem Rosane Coutinho Saraiva ; Mateus Da Silveira Pasa, orientador ; Felipe Selau Carlos, coorientador. — Pelotas, 2023.

68 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. *Triticum aestivum* L.. 2. Espaçamento. 3. Adubação nitrogenada. 4. População. 5. Qualidade. I. Pasa, Mateus Da Silveira, orient. II. Carlos, Felipe Selau, coorient. III. Título.

CDD : 633.111

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB: 10/901

Carem Rosane Coutinho Saraiva

Manejo da população de plantas e da adubação nitrogenada em trigo cultivado em terras altas: efeitos na produtividade e qualidade de sementes.

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: 23 de Fevereiro de 2023

Banca examinadora:

.....
Prof. Dr. Mateus Da Silveira Pasa (Orientador)
Doutor em Agronomia, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....
Prof^a Dr^a. Andréia da Silva Almeida
Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes, pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

.....
Prof^a Dr^a. Lilian Vanussa Madruga De Tunes
Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes, pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

.....
Prof. Dr. Nathan Levien Vanier
Doutor em em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

Lista de Figuras

Figura 1. Dados meteorológicos de temperatura e precipitação pluvial ao longo dos meses	28
Figura 2. População de plantas das diferentes combinações de densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas	29
Figura 3. Manejo realizado do Nitrogênio fixo, realizado na semeadura	30
Figura 4. Manejo realizado do Nitrogênio fixo, realizado em cobertura e no estágio GS 22 e 31.....	30
Figura 5. Recomendação de N proposto por HOFFMAN et. Al, em cobertura..	30
Figura 6. Manejo realizado do Nitrogênio variável, no estágio Z 22, de acordo com o teor de nitrato no solo	31
Figura 7. Manejo realizado do Nitrogênio variável, no estágio GS 31 de acordo com o teor de N na planta, proposto por (BAETHGEN, 1992).	31
Figura 8. Croqui do experimento, com diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas e com Nitrogênio Variável (NV) e Fixo (NF).....	32
Figura 9. Avaliação de número de perfilhos, na população de 60 plantas por metro aos 84 DAS.	33
Figura 10. Coleta para determinação da massa verde na população de 43 plantas por metro aos 67 DAS.	33
Figura 11. Perfilhamento da cultivar de trigo Aton em função do espaçamento entre linhas e densidade de semeadura	35
Figura 12. Extinção de perfilhos de trigo na população de 69 plantas por metro aos 117 DAS	36
Figura 13. Perfilhamento da cultivar de trigo Aton em função do espaçamento entre linhas	37
Figura 14. Perfilhamento da cultivar de trigo Aton em função do manejo do nitrogênio. ...	37
Figura 15. Manejo do Nitrogênio Variável, no espaçamento 25 cm entrelinhas, no estágio Z.22, de acordo com o teor de nitrato no solo	38
Figura 16. Número de perfilhos por planta da cultivar de trigo Aton em função do espaçamento entrelinhas e da densidade de semeadura.....	39

Figura 17. Produtividade da cultivar Aton em função da população de plantas.....	41
Figura 18. Produtividade da Cultivar Aton em função do espaçamento entrelinhas.....	42
Figura 19. Produção de matéria seca da cultivar Aton em função da densidade de semeadura.....	43
Figura 20. Produção de matéria seca da cultivar Aton em função do espaçamento entrelinhas	44
Figura 21. Produção de matéria seca da cultivar Aton em função do manejo do nitrogênio.....	45
Figura 22. Peso do hectolitro da cultivar Aton em função do manejo do nitrogênio e da população de plantas.....	46
Figura 23. Dados meteorológicos de temperatura e precipitação pluvial ao longo dos meses	50
Figura 24. População de plantas das diferentes combinações de densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas	51
Figura 25. Densidade de semeadura (kg ha^{-1}) dos diferentes arranjos populacionais da cultivar Aton, na safra 2020-2021.....	52
Figura 26. Umidade de colheita da cultivar Aton em função da densidade de semeadura, população de plantas e manejo do nitrogênio	54
Figura 27. Primeira contagem de germinação de sementes da cultivar Aton em função da população de plantas.....	55
Figura 28. Primeira contagem de germinação, da população de 43 plantas por metro..	56
Figura 29. Germinação de sementes da cultivar Aton em função da população de planta	56
Figura 30. Sementes anormais e mortas da cultivar Aton em função da população de plantas	57
Figura 31. Espiga com presença de giberela	58
Figura 32. Germinação, sementes anormais e mortas de sementes da cultivar Aton submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, em função da população de plantas e espaçamento entrelinhas.....	58
Figura 33. Emergência em canteiro de sementes de trigo da cultivar Aton em função da população de plantas.	59

Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Produtividade da Cultivar Aton em função da densidade de semeadura, população de plantas e manejo do nitrogênio40
- Tabela 2.** Peso do hectolitro da cultivar Aton em função da densidade de semeadura, população de plantas e manejo do nitrogênio46

Agradecimentos

Primeiramente Deus, pela vida e por proporcionar inúmeras graças e realizações e ainda por colocar em minha vida pessoas com quem posso confiar, e obstáculos ao qual eu seja capaz de alcançar.

Agradeço à minha família, que de uma maneira ou de outra estiveram presentes, apoiando e incentivando nesta etapa tão importante, especialmente ao meu pai José Saraiva *in memoriam*, que certamente está vibrando com as minhas conquistas.

Agradeço ao meu parceiro de vida, Fernando Fonseca, por nunca medir esforços para a realização das minhas conquistas, e me incentivar a seguir em frente.

Ao professor Mateus Pasa, pela orientação, dedicação, amizade, ensinamentos e conselhos durante a minha caminhada desde o início do mestrado, até o momento em que me encontro, sem dúvidas foi essencial no meu desenvolvimento, e uma referência em pessoa.

Ao professor Filipe Selau Carlos, pela coorientação, disponibilidade, dedicação, 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, durante estes quase 7 anos de casa.

Aos estagiários que estiveram comigo ao longo dessa jornada, onde sou grata 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	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	CULTURA DO TRIGO	15
2.2	ADUBAÇÃO NITROGENADA FIXA E VARIÁVEL EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS	18
2.3	DENSIDADES DE SEMEADURA	21
2.4	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES EM FUNÇÃO DE POPULAÇÃO	23
3	CAPÍTULO I	25
3.1	INTRODUÇÃO	25
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.4	CONCLUSÕES	47
4	CAPÍTULO II	48
4.1	INTRODUÇÃO	48
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	50
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.4	CONCLUSÕES	60
5	REFERÊNCIAS	61

Resumo

SARAIVA, Carem Rosane Coutinho. **Manejo da população de plantas e da adubação nitrogenada na produtividade e qualidade de sementes de trigo, produzidas em terras altas**. Orientador: Dr. Mateus Da Silveira Pasa. 2023. 69f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

O trigo é o principal cereal de inverno cultivado no Brasil, principalmente no RS e no PR, porém, aproximadamente metade do consumo nacional ainda é proveniente de importações. Dentre os condicionantes desse cenário, destacam-se as baixas produtividades e qualidade das sementes obtidas em algumas regiões. Nesse sentido, o ajuste da densidade de semeadura e do manejo da adubação nitrogenada são algumas alternativas com grande potencial para superar esses obstáculos. Objetiva-se com este presente estudo verificar o efeito da densidade de semeadura e do manejo da adubação nitrogenada sobre a produtividade e a qualidade de sementes de trigo, nas condições edafoclimáticas da região Sul do Rio Grande do Sul, em condições de terras altas. O experimento foi conduzido entre maio 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 esquema trifatorial 2x2x6, no qual o fator 1 consistiu em adubação nitrôgenada fixa e variável, o fator 2 foi constituído de dois espaçamentos entre linhas, sendo eles 0,17 e 0,25 m, e o fator 3 consistiu em 6 densidades de semeadura 17, 25, 35, 43, 60 e 69 plantas por metro linear, cada qual com 4 repetições, totalizando 96 parcelas experimentais. Foram avaliados alguns componentes de rendimento (número de perfilhos por planta e por metro), produtividade de matéria seca e grãos, peso hectolitro, e em relação a qualidade fisiológica de semente, foi avaliado germinação, envelhecimento acelerado e emergência a campo. Concluiu-se que o espaçamento de 17 cm entre linhas foi o que proporcionou maior produção de grãos e matéria seca, não ocorrendo influência significativa de densidade de semeadura sobre a produção de grãos, no entanto a população de 39 plantas por metro linear teve a máxima produtividade alcançada, e a população de 17 plantas por metro linear teve o maior peso hectolitro. Já o manejo de N não influenciou de forma significativa nos resultados. A elevação dos níveis de densidade de semeadura reduziu o perfilhamento, causando morte de perfilhos na maior densidade estudada. A qualidade fisiológica de sementes foi pouco influenciada, no entanto respondeu positivamente ao aumento da população de plantas, tendo a máxima porcentagem de germinação e vigor no envelhecimento acelerado na população de 69 plantas por metro linear, já na primeira contagem que avalia o arranque inicial predizendo o vigor das sementes a população de

46 plantas por metro linear se sobressaiu, tendo a máxima germinação. O espaçamento de 17 cm entre linhas apresentou maior emergência a campo. Ambos os testes de qualidade fisiológica apresentaram resultados sem muita discrepância.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; espaçamento; adubação nitrogenada; população; qualidade.

Abstract

SARAIVA, Carem Rosane Coutinho. **Management of plant population and nitrogen fertilization on wheat yield and seed quality produced in highlands**. Advisor: Dr. Mateus Da Silveira Pasa. 2023. 69f. Dissertation (Master in Science and Technology of Seeds) – Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2023.

Wheat is the main winter cereal cultivated in Brazil, mainly in RS and PR, however, approximately half of domestic consumption still comes from imports. Among the constraints of this scenario, the low productivity and quality of seeds obtained in some regions stand out. In this sense, the adjustment of sowing density and nitrogen fertilization management are some potential alternatives overcome these obstacles. The objective of this study was to evaluate the effect of sowing density and nitrogen fertilization management on the productivity and quality of wheat seeds, in the edaphoclimatic conditions of the southern region of Rio Grande do Sul, in upland conditions. The experiment was conducted between May and October 2021, at the Centro Agropecuário da Palma, in the municipality of Capão do Leão, Rio Grande do Sul. The experiment was arranged in randomized blocks, in a 2x2x6 factorial scheme, in which factor 1 consisted of fixed and variable nitrogen fertilization, factor 2 consisted of two row spacings, 0.17 and 0.25 m, and factor 3 consisted of 6 sowing densities 17,25,35,43,60 and 69 plants per meter, each with 4 replications, totaling 96 experimental units. Some yield components were evaluated (number of tillers per plant and per meter, dry matter and grain productivity, hectoliter weight, and in relation to seed physiological quality, germination, accelerated aging and field emergence were evaluated. It was concluded that the 17 cm spacing between rows provided the highest grain and dry matter production, with no significant influence of sowing density on grain production, however the population of 39 plants per linear meter had the maximum productivity achieved, and the population of 17 plants per linear meter had the highest hectoliter weight. Nitrogen management did not significantly influence the parameters studied. The increase in sowing density levels reduced tillering, mainly due to tillering extinction at the highest density studied. The physiological quality of seeds was little influenced, however, it responded positively to the increase in plant population, with the maximum percentage of germination and vigor in accelerated aging in the population of 69 plants per linear meter, already in the first count that evaluates the initial start, predicting the vigor of the seeds the population of 46 plants per linear meter stood out, having the maximum germination. The spacing of 17 cm between rows showed greater emergence in the field. Both physiological quality tests showed

results without much discrepancy.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; spacing; nitrogen fertilization; population; quality.

1 INTRODUÇÃO

O consumo do trigo é tão importante na alimentação humana que ele tem o seu dia especial: 10 de novembro. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 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 cereal com a maior área cultivada no mundo e a segunda maior produção de grãos, com 222,1 milhões de hectares na safra de 2022, apresentando um aumento de 0,13%, se comparada à safra anterior (2021), e com perspectiva de 777 milhões de ton, respectivamente, sendo superado em termos de produção, apenas pelo milho (FAOSTAT/PRODUCTION, 2021). Embora com uma maior área plantada, a menor produção do trigo se explica pela menor produtividade (3.547 kg ha⁻¹) em relação ao milho (5.824 kg ha⁻¹), ou seja, uma diferença de 2.277 kg ha⁻¹. De acordo com a dados da (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 doméstica (CONAB, 2021). A produtividade brasileira está acima do maior produtor mundial, que é a China (1.888 kg ha⁻¹) e próxima do 3° colocado (Rússia, 2.702 kg ha⁻¹) mas abaixo dos demais 5 países que lideram o ranking de produção (2° Índia, 3.533 kg ha⁻¹; 4° Estados Unidos da América, 3.474 kg ha⁻¹; e 5° França, 7.743 kg ha⁻¹) (FAOSTAT/PRODUCTION, 2021).

Em geral, existe um interesse socioeconômico no Brasil em aumentar a produção de trigo, o que contribuiria positivamente para a balança comercial. 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), onde o volume produzido não é suficiente para abastecer a demanda doméstica. Em 2021, foram importados 6,5 milhões de toneladas de trigo, ou seja, 55% do mercado doméstico foi abastecido por importações, as quais foram oriundas principalmente da Argentina (aproximadamente 87%) (FAOSTAT/TRADE, 2021). Logo, pode-se observar que o cultivo do trigo representa uma grande oportunidade para os produtores brasileiros, que, além de agregarem renda às suas propriedades, estariam contribuindo positivamente para a balança comercial,

uma vez que um menor volume de dólares (moeda referência no mercado mundial), estaria saindo do país. Mas por que então não se observa expansão no cultivo de trigo, se há toda essa demanda suprida por importações?

Primeiramente, o fator mais importante responsável por esse cenário é o maior retorno econômico da soja em relação ao trigo. Segundo informações da Secretária de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural do RS, o custo de produção por ha da soja e do trigo na safra 2019/20 foram R\$ 2.872,00 (produtividade de 2.700 kg ha⁻¹) e R\$ 3.083,39 (produtividade de 2900 kg ha⁻¹), respectivamente. Segundo dados da CONAB, o preço pago ao produtor entre 02/12/22 e 30/12/22 pela saca de 60 kg foi de R\$ 176,00 e R\$ 87,00 para a soja e trigo. Considerando-se a produtividade da soja de 2.700 kg ha⁻¹ e do trigo de 2.900 kg ha⁻¹, a rentabilidade da soja foi de 144% e de apenas 16% no trigo. Embora sejam espécies distintas quando ao período de cultivo, ou seja, o trigo de inverno e a soja de verão, o período de colheita do trigo coincide com o início da semeadura da soja e, muitas vezes essa coincidência pode resultar em atraso na semeadura da soja e, potencialmente, na produtividade da mesma. Dessa forma, nota-se claramente o que foi exposto anteriormente, que a soja é um cultivo mais rentável do que o trigo e, naturalmente, os produtores tendem a priorizar o seu cultivo, implicando, muitas vezes, em não cultivar o trigo para permitir a preparação da área e semeadura mais precoce da soja.

Mas como mudar esse cenário? Como aumentar o cultivo de trigo? Essa resposta é relativamente simples de responder, mas um pouco mais difícil de executar na prática, ou seja, aumentar a produtividade. Como foi mencionado anteriormente, em alguns países como a França, são obtidas produtividades próximas de 8.000 kg ha⁻¹, mas nesses casos o trigo é manejado como um cultivo principal e não secundário como ocorre com frequência no Brasil. Mas essa produtividade seria algo utópico para o caso do Brasil, onde a produtividade média é em torno de 2600 kg ha⁻¹. Porém, considerando-se um incremento para 5000 kg ha⁻¹, considerando-se um custo de produção semelhante ao anteriormente citado (com um adicional de 20%, pois alguns custos serão maiores), ter-se-ia uma rentabilidade de 66%. Ainda que esse valor seja abaixo da rentabilidade da soja, já tornaria o cultivo do trigo mais atrativo aos produtores. Soma-se isso o fato de que os cultivos de verão, como a soja, são suscetíveis às estiagens, as quais podem ocasionar perdas de até 100%, dependendo da intensidade. Nesse sentido, os cultivos de inverno, como o trigo, são dificilmente afetados por estiagens, pois nesse período o volume de chuvas é maior e mais frequente, reduzindo a possibilidade de perdas. Destaca-se que 5000 kg ha⁻¹ seria um valor razoável, visto

que, em 2021, o recorde de produção em um área de ensaio em Vacaria, foi de 9.726 kg ha⁻¹ (162,1 sc ha⁻¹), ou seja, o volume é mais do que o triplo da média estadual de produção de trigo por hectare, que segundo a Conab é de 49,97 sacas. Na mesma região, a cultivar com menor produtividade alcançou 127 sacas por hectare, o que representa uma diferença de 35 sacas para a primeira colocada. Considerando o preço da saca a R\$ 85,00, a diferença de ganho é de quase R\$ 3 mil por hectare. (EMBRAPA, 2021). Visto até então, a principal maneira de aumentar a produtividade é através do desenvolvimento de genótipos superiores através do melhoramento vegetal, mas essa é uma estratégia de longo prazo. Porém, hoje já estão disponíveis no mercado cultivares com alto potencial produtivo, logo esse não seria o principal entrave à obtenção de altas produtividades. Considerando-se alternativas de curto-médio prazo, destaca-se o manejo da densidade de semeadura e da adubação nitrogenada.

O correto manejo da adubação, principalmente o nitrogênio, bem como escolha da época e densidade de semeadura adequadas, são muito importantes para alcançar altas produtividades e qualidade de grãos ou sementes (ZECEVIC et al., 2014). O N, tem grande influência na questão de densidade de semeadura, sendo requerido em quantidades diferentes de acordo com a população de plantas, onde conseqüentemente as plantas só iram dar o seu máximo potencial produtivo, se estiverem bem nutridas. A emissão, o desenvolvimento e a sobrevivência dos afilhos são de extrema importância para a cultura do trigo. Este caráter está diretamente relacionado ao número de espigas por unidade de área e indiretamente aos componentes do rendimento: número de grãos por espiga e massa de grãos (Davidson & Chevalier, 1990). Isto se deve, em parte, não só às diferenças no padrão de afilhamento dos genótipos em cultivo, mas também à presença do forte efeito da interação genótipo x ambiente, relacionados à emissão e à sobrevivência de afilhos (Ozturk et al., 2006).

Com isso, o objetivo do presente estudo é avaliar a produtividade e qualidade de sementes de trigo de cultivares modernas, sob diferentes populações de plantas e adubação nitrogenada fixa e variável no Sul do Brasil, em condições de terras altas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do Trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.), cultura de ciclo anual, sendo cultivado no Brasil durante o inverno e primavera, principalmente no RS e no PR, 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, este cereal é uma gramínea pertencente à família *Poaceae* e ao gênero *Triticum*, e se faz presente na história a certa de 10 mil anos (ABITRIGO, 2019).

Na Europa, o cultivo do trigo se expandiu nas regiões mais frias, como Rússia e Polônia, e foi pelas mãos dos europeus que, no século XV, o trigo chegou às Américas (FLANDRIN; MONTANARI, 1998). As sementes de trigo chegaram ao Brasil em 1534, e as primeiras lavouras começaram a ser cultivadas em São Vicente. No entanto, só adquiriram importância econômica no Brasil colonial, em meados do século XVII, quando plantadas no Rio Grande do Sul e em São Paulo (ROSSI; NEVES, 2004). No século XIX, houve a disseminação da ferrugem, doença que se alastrou nas lavouras de trigo, fato que, juntamente com a abertura dos portos e com a intensificação do contrabando na região do Prata, contribuiu para o quase desaparecimento da cultura do trigo no Brasil. No século XX, houve a concessão de incentivos financeiros à produção, o que favoreceu o aumento da produtividade do grão (CUNHA, 1999 apud ROSSI; NEVES, 2004).

O trigo antigamente era consumido somente em grão, em forma de papa, sendo misturado com peixes e frutos. Os egípcios a cerca de 4.000 a.C., iniciaram a produção do pão, a partir da descoberta do processo de fermentação do cereal. Cerca de 2.000 a.C., o grão passou a ser cultivado em todo o mundo, os chineses o utilizavam também para elaborar diversos alimentos, dentre eles farinha e macarrão. É utilizado como ração animal, quando não atinge a qualidade exigida para consumo humano. O trigo fornece cerca de 20% das calorias provenientes dos alimentos consumidos pelo homem. Seu diferencial de outros cereais, é por possuir o glúten, um tipo de proteína com certa elasticidade, não sendo presente em outros grãos (CARON, 2011).

Estudos recentes, que compararam sistemas que utilizam trigo no inverno e soja no verão com sistemas que retiraram o trigo do inverno e anteciparam a semeadura de soja com foco em aumento de rendimento de grãos dessa cultura, mostraram, em diferentes regiões do Sul do Brasil, que a manutenção da cultura do trigo ainda é a melhor opção, tanto do ponto de vista da produção total de grãos quanto da quantidade de recursos que sobram na propriedade a cada ano. Mesmo nas regiões mais frias, onde há atraso da semeadura da soja pela colheita tardia do trigo ainda a melhor opção é manter o trigo no inverno e ajustar a escolha de cultivares de soja que tenham melhor desempenho produtivo em semeaduras tardias. Portanto, a cultura do trigo integrada em sistemas de rotação de culturas contribui efetivamente na manutenção e/ou melhoria da fertilidade química e física do solo, no controle de doenças, pragas e plantas daninhas e no aumento da

eficiência de uso de maquinário, mão de obra e insumos na propriedade rural, sendo fundamental para a sustentabilidade da agricultura brasileira (EMBRAPA, 2017).

Com uma produção mundial que gira em torno de 750 milhões de toneladas, (CONAB, 2021) o trigo é também uma cultura bastante importante para o agronegócio brasileiro. No ano de 2020, a produção brasileira de trigo ficou em 6,3 milhões de toneladas, segundo (CONAB, 2021). Diante da produção interna crescente e da importância do trigo para a economia agrícola brasileira, o interesse de produtores nacionais no cultivo deste cereal cresce a cada ano, representando uma excelente opção de cultivo. 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).

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. A temperatura ideal para o pleno desenvolvimento do trigo é em torno de 20°C; para o afilamento é 15 a 20°C; e para o desenvolvimento das folhas entre 20 e 25°C. Danos severos, por frio ou por calor, podem ser causados ao trigo durante o estágio reprodutivo, pois a temperatura ótima para fertilização é de 18 a 24°C. Danos de geada são observados quando a temperatura durante a floração é menor do que -1°C. Durante a formação de grãos, temperaturas menores do que -2°C prejudicam o enchimento de grãos. Além disso, baixas temperaturas também podem danificar as plantas de trigo nos pontos de rápida multiplicação celular durante a fase de crescimento, na região logo acima dos nós, onde se concentra o tecido meristemático. Assim, nesses pontos suscetíveis pode ocorrer "estrangulamento" e posterior necrose do colmo, causando a morte dos tecidos acima (SCHEEREN et al, 2000).

A cada safra são lançados inúmeros materiais de trigo no mercado. Para que o produtor saiba escolher, é essencial que ele se atente ao potencial produtivo de cada material, porém, é preciso segundo (Coventry et al. 2011), que se conheça a correta distribuição das plantas de trigo na área, que pode ser modificada pela variação na população de plantas e no espaçamento entre linhas, o que define a área disponível para cada planta de trigo na lavoura. O ajuste correto desses dois fatores pode permitir, entre outras coisas, o maior aproveitamento da radiação solar incidente (que será transformada em assimilados e, posteriormente, em grãos),

maior competição com plantas daninhas (interespecífica), menor competição entre as plantas de trigo (intraespecífica) e melhor aproveitamento da adubação aplicada (MUNDSTOCK, 1999). A falta ou o excesso de plantas pode comprometer negativamente o rendimento de grãos.

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, espaçamento 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 fixa e variável em diferentes populações de plantas

A densidade de semeadura exerce grande influência sobre a capacidade de utilização dos recursos ambientais pelas plantas de trigo, pois altera a dinâmica de competição por luz, água e nutrientes durante o desenvolvimento da cultura (ARDUINI et al., 2006). Dentre estes recursos, destaca-se a disponibilidade de nutrientes, mais especificamente o nitrogênio, pois é o nutriente mineral requerido em maior quantidade pelos cereais (FAGERIA e BALIGAR, 2005), sendo também o mais importante, uma vez que a obtenção de altas produtividades depende de um adequado suprimento de N (ZULUAGA et al., 2019). O N é requerido para a produção da área fotossinteticamente ativa (principalmente foliar), cuja funcionalidade é fundamental para obtenção de altos rendimentos, além de ser essencial para proteínas de reserva nos grãos, o qual é um importante atributo de qualidade (HAWKESFORD, 2014), conforme já discutido anteriormente. O aumento na adubação nitrogenada resulta em incrementos de produtividade, mas até atingir um ponto de máximo, que depende principalmente do genótipo e ambiente, mas fica em torno de 200 kg de N ha⁻¹ (HAWKESFORD, 2012). O aumento da densidade de semeadura implica em maior competição e extração do N disponível no solo. ARDUINI et al., 2006 et al, observaram que o aumento da densidade de semeadura resultou em maior extração de N do solo, em que foram extraídos aproximadamente 30 kg ha⁻¹ a mais de N quando utilizadas 400 sementes m⁻² em relação a 200 kg ha⁻¹, resultando em maior produtividade. Nesse caso, considerando que a dose de nitrogênio aplicada foi similar independente da densidade de semeadura, implica em uma maior eficiência da utilização de nitrogênio (EUtN). A EUtN é definida como a produtividade de grãos por unidade de N absorvida, isto é, a habilidade de converter o N absorvido em grãos, sendo

influenciada por diversos fatores como atividade fotossintética, arquitetura de planta, habilidade de interceptar luz e a longevidade do dossel para realizar fotossíntese (HAWKESFORD, 2012). A eficiência da adubação nitrogenada também varia em função das novas cultivares que são lançadas a cada ano, as quais podem diferir na resposta à adubação com N em cobertura (SILVA et al., 2019). Sendo assim, a EUtN pode ser otimizada através do aumento da produtividade de grãos por unidade de N disponibilizada para a cultura.

Em cereais como o trigo, 60%-92% do requerimento de N durante o enchimento de grãos é remobilizado das partes vegetativas em senescência (RAGHURAM e SHARMA, 2019) ou seja, da biomassa previamente acumulada. (CHEN et al. 2019) observaram correlação positiva entre a produtividade de trigo e o acúmulo de biomassa até 8-9 ton ha⁻¹ na antese. O maior acúmulo de biomassa ocorre principalmente nos colmos, enquanto que o N é acumulado majoritariamente nas folhas (ARDUINI et al., 2006).

Dentre os componentes de produtividade do trigo, o número de espigas e de grãos por unidade de área, os quais estão diretamente relacionados, são os principais responsáveis por aumentos na produtividade de grãos, conforme observado por ARDUINI et al. (2006). Considerando esses componentes de produtividade, (espigas/grãos m⁻²) o estágio Z.30 (ZADOKS, 1974) é o último momento em que há resposta à aplicação de N (HOFFMAN et al., 2010). MENG et al. (2013) observaram que o maior acúmulo de N e de biomassa ocorre a partir de Z.30 até Z.60-69, ou seja, do final do perfilhamento e início da alongação do colmo até a floração, sendo ambos os parâmetros positivamente correlacionados com o aumento da produtividade até 8- 9 ton ha⁻¹ .

Atualmente, a adubação nitrogenada em trigo é realizada principalmente mediante análise de solo e recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2016). Porém, a dose de N recomendada utiliza como referência o teor de matéria orgânica do solo; a qual é a principal fonte de N no solo (mais de 90%) (MORO et al., 2013). Porém, para que esse nutriente seja disponibilizado às plantas, é necessário que ocorra o processo de mineralização (SANTOS et al., 2019), no qual o N orgânico é convertido em amônio (NH₄⁺) e depois em nitrato (NO₃⁻), via nitrificação (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). Esses processos são influenciados por diversos fatores além do teor de matéria orgânica, como tipo de solo, pH do solo, estoque de N total (SILVA e VALE, 2000), aeração, umidade e temperatura do solo (SIERRA e MARBÁN, 2000). De acordo com FAGERIA et al. (2019), ainda não existem um método laboratorial de rotina que permita avaliar de maneira

satisfatória a capacidade do solo em fornecer N às plantas e que permita fazer recomendações, sendo essas determinadas em função de curvas resposta das plantas às doses. Logo, um dos grandes desafios do manejo do N é a aplicação de doses condizentes com as reais necessidades da cultura e, para tal, o autor sugere a utilização de ferramentas que permitam a identificação da variabilidade nutricional das plantas em tempo real, como por exemplo, através da quantificação dos teores de clorofila e biomassa (BREDEMEIER et al., 2016).

Por essa razão, segundo esses autores, para alcançar altas produtividades, 60 a 70% do N deve ser fornecido em Z.30. O restante deve ser ajustado previamente, na semeadura e Z.22. Embora nesse estágio as plantas absorvam pequenas quantidades de N, por serem jovens e apresentarem baixa taxa de crescimento, a deficiência de N nesse período pode resultar em perdas de produtividade, devido ao menor perfilhamento e potencial redução do tamanho de espigas, uma vez que nesse estágio já se iniciou a indução floral no colmo principal (HOFFMAN et al., 2010).

Nesse sentido, HOFFMAN et al. (2010) propuseram um manejo da adubação nitrogenada em trigo na semeadura e em Z.22 com base no teor de nitrato no solo, sendo ajustado em Z.30 com base no teor de N na planta (BAETHGEN, 1992). Segundo esses autores, devido ao rápido crescimento das plantas em Z.30, a faixa de disponibilidade de nitrato no solo é muito estreita, reduzindo o ajuste entre o N aplicado e nitrato no solo. Nesse sentido, a concentração de N total na planta (%) seria o melhor indicador nesse estágio, sendo o nível crítico entre 3,8% e 4,1% (BAETHGEN, 1992). De acordo com HOFFMAN et al. (2010), em concentrações maiores que 41 g de N kg⁻¹ (4,1%), não há resposta à aplicação de N em Z.30.

Porém, esses estudos de manejo do N foram realizados com genótipos e nas condições edafoclimáticas do Uruguai, sendo que esse tipo de estudo é inédito no Brasil. Além disso, as informações com relação ao ajuste do N em função da densidade de semeadura são escassos e com resultados inconsistentes.

Logo, observa-se a grande importância do adequado ajuste do N em trigo visando altas produtividades, que varia principalmente em função de genótipo, ambiente, densidade e época de semeadura, condições climáticas e N disponível no solo e na planta.

2.3 Densidade de sementeira

A densidade de sementeira ótima (DSO) é definida como o menor número de plantas por unidade de área necessária para maximizar a produtividade (BASTOS et al., 2020), sendo variável em função da região, condições climáticas, tipo de solo, época de sementeira e cultivares (ZECEVIC et al., 2014). Sementeira abaixo da DSO pode reduzir a eficiência no uso de recursos, produtividade e rentabilidade, dependendo da disponibilidade de recursos (LOLLATO et al., 2017, FISCHER et al., 2019), enquanto que sementeira acima da DSO aumenta os custos de produção e podem potencialmente reduzir a produtividade pelo aumento no acamamento e na pressão de doenças e insetos (LAGHARI et al., 2011). No entanto, a definição da DSO ainda é um desafio, sendo os resultados disponíveis variáveis, principalmente em função do potencial de perfilhamento de cada genótipo em um dado ambiente (BASTOS et al., 2020). Perfilhos são ramificações laterais oriundas de células meristemáticas (gemmas) que, em espécies da família *Poaceae*, podem servir como uma compensação de espaços vazios dentro de uma comunidade (ALMEIDA et al., 2004). Em cereais de perfilhamento comum, tais como os cereais de inverno como o trigo, este comportamento pode culminar em maior rendimento de grãos, visto que pode aumentar o número de inflorescências por área, o que, por sua vez, faz com que ocorra um acréscimo nos componentes do rendimento da cultura (CHEN et al., 2010). Dessa forma é fundamental que a DSO seja ajustada para cada genótipo e nas principais regiões produtoras. A densidade de sementeira recomendada no RS é de 250 (cultivares semitardias e tardias) e 300 a 330 (cultivares médias e precoces) sementes viáveis por m² (INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA CULTIVO DO TRIGO E TRITICALE, 2020). Porém, a resposta das cultivares à densidade de sementeira é variável, principalmente em função da interação genótipo x ambiente. Dessa forma, a adequação da densidade de sementeira, em função de genótipos e ambiente, pode potencialmente reduzir a competição e contribuir para o aumento da produtividade do trigo (TAVARES et al., 2014).

Alta população de plantas não garante altos rendimentos, pois nesta condição, embora o número de espigas possa ser maior, estas são constituídas por um menor número de grãos (PEDROSO, 1993; SOUSA et al., 1995), devido a maior competição entre elas (PEDROSO e REGINATTO, 1981), principalmente, com a sementeira realizada em linhas (PEDROSO, 1987), interferindo na participação do colmo principal e dos perfilhos. A população de plantas é, provavelmente, o fator que mais afeta a emissão dos perfilhos, não só aumentando

a produção dos mesmos como interferindo na competição por luz e nutrientes. Em altas densidades há uma diminuição na proporção de perfilhos secundários e terciário (COUNCE et al., 1992), proporcionando assim maior participação dos colmos principais. No entanto isso nem sempre resulta em incremento de produtividade, devido à plasticidade das plantas (CRUSCIOL et al., 2003; LIMA et al., 2010). Nem todos os perfilhos produzidos em uma planta de trigo emitem espigas, sendo que os perfilhos emitidos mais cedo tendem a ser mais férteis.

Magalhães Jr. et al. (1999), estudando a contribuição do colmo principal e dos perfilhos, na produção de grãos de genótipos de arroz irrigado, semeados em duas densidades, verificaram que não houve diferença para o número de panículas por área para nenhum dos genótipos testados, indicando existência de efeito compensatório por parte das plantas capaz de, em densidades menores, produzir maior perfilhamento e, em densidades maiores, diminuir o perfilhamento, de modo que o número de panículas e, conseqüentemente de grãos produzidos por área seja semelhante. Quanto à contribuição do colmo principal os autores constataram acréscimo no número de grãos formados pelo colmo principal em relação à média dos perfilhos, com o acréscimo na população de plantas, indicando que estes tendem a ser menos produtivos. Observações semelhantes foram realizadas por Lauretti et al., (1999).

Oviedo; Herz e Rudorff (2001) observaram que as plantas das parcelas com menor densidade de semeadura (400 plantas m⁻²) tiveram um aumento significativo na produção de grãos (7%) por terem sido mais eficientes em translocarem seus carboidratos para os grãos. Também observaram uma diminuição de 7,3% no índice de colheita para as plantas das parcelas com densidade superior (600 plantas m⁻²).

Trabalhos realizados por (Zagonel; Venancio; Kunz, 2002a; Zagonel et al., 2002b) mostram que variações de população entre 323 e 658 plantas m⁻² e entre 259 e 441 plantas m⁻², não afetaram a produtividade do trigo, mas em ambos os trabalhos foi observada uma tendência de aumento do número de espigas com o aumento da população de plantas, o que pode ser vantajoso no caso de clima favorável.

Segundo Ferreira Filho et al. (1986), uma das práticas de grande importância para a cultura do trigo é a densidade de semeadura, pois os agricultores estão usando densidades muito altas de semente por área e conseqüentemente onerando o custo de produção. Com semeadura muito densa há maior concorrência entre as plantas em relação à água, luz e nutrientes, proporcionando redução no rendimento de grãos da cultura. Por outro lado, semeadura escassa

acarretaria baixo “stand” na cultura associado à maior ocorrência de ervas daninhas e, portanto, redução na produtividade. A recomendação de novas cultivares e a expansão da cultura para novas áreas tornaram necessários novos estudos, visando estabelecer a melhor relação entre o número de plantas por área e o rendimento de grãos.

2.4 Qualidade fisiológica de sementes em função de população

A utilização de sementes de qualidade é um dos principais pilares para obtenção de altas produtividades, sendo que estudos para melhorar a sua qualidade podem gerar grandes impactos positivos na cultura do trigo.

Um dos fatores que podem afetar a qualidade fisiológica das sementes de trigo é a densidade de semeadura, que exerce grande influência sobre o crescimento e desenvolvimento do trigo, sobre a capacidade de utilização dos recursos ambientais pelas plantas, pois altera a dinâmica de competição por luz, água e nutrientes durante o desenvolvimento da cultura (ARDUINI et al., 2006). Assim a qualidade de sementes também pode ser influenciada com a alteração da população de plantas, ocorrendo maior ou menor competição interespecífica dada a influência no crescimento, desenvolvimento e arquitetura das plantas. De acordo com BAGATELI et al. (2019), plantas com maior área fotossintética (área foliar), produzem maior quantidade de matéria seca. Nesse sentido, o maior acúmulo de biomassa proporcionado pela adequação da densidade de semeadura, pode potencialmente melhorar a qualidade fisiológica das sementes de trigo.

Sementes de elevada qualidade apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação e maior taxa de crescimento, produzindo plântulas com maior tamanho inicial o que se reflete em maior crescimento e maior rendimento de grãos (MIELEZRSKI et al., 2008; MUNIZZI et al., 2010). Considerando que a taxa de utilização de sementes certificadas de trigo no Brasil é de aproximadamente 70%, é necessário anualmente, uma quantidade equivalente a 203 mil toneladas de sementes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS, 2011), movimentando em torno de 100 milhões de dólares.

Na produção de sementes, busca-se sempre por materiais de alto vigor, pois a baixa qualidade fisiológica das sementes também é um fator que reduz o estande final de plantas (LIMA; MEDINA; FANAN, 2006). Além da redução do estande, existe a alteração da distribuição espacial das plantas dentro do dossel, isso pode proporcionar maior competição por recursos do meio em um conjunto de plantas

mais próximas e menor competição em outras plantas mais afastadas. Com isso, pode haver alteração nas relações de fonte e dreno, fazendo com que exista uma dinâmica diferenciada na emissão de afillhos férteis, bem como nas suas sementes produzidas (VALÉRIO et al., 2008).

Os estudos envolvendo densidade de semeadura de sementes têm despertado grande interesse entre os investigadores, devido à possibilidade de aumento de produtividade, e qualidade de sementes, sendo vantajoso, quando aliados esses dois fatores. Porém, pesquisas relacionadas com a população de plantas, e qualidade fisiológica das sementes ainda são escassas.

Componentes de rendimento e produtividade de sementes de trigo sob manejo da população de plantas e da adubação nitrogenada, em condições de terras altas

3.1 Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é pertencente à família *Poaceae*, apresenta múltiplos propósitos, sendo o segundo cereal mais cultivado em volume no mundo (USDA, 2020) e um dos mais importantes cultivados no Brasil durante o período hibernal, atingindo 6,9 milhões de toneladas em uma área aproximada de 2,5 milhões de hectares - (CONAB, 2021). Atualmente, há o interesse sócio-econômico em aumentar a produção de trigo no país, pois além do atendimento à demanda doméstica nacional, seu cultivo melhora as condições do solo e fornece palhada para as culturas de verão, como soja e milho.

No Brasil, em razão deste cereal necessitar de temperaturas mais amenas para seu desenvolvimento, a produção de trigo se concentra em maior proporção nos estados da região Sul e Sudeste, com uma área prevista para a safra 2023 recorde, cerca de 3 milhões de hectares e a produção em torno de 9,6 milhões toneladas na próxima safra. Contudo, a demanda interna pelo cereal é maior que a produção, onde o consumo é estimado em 12 milhões de toneladas, sendo assim, foram importadas cerca de 6,2 milhões de toneladas de trigo na safra 2022 (CONAB, 2022).

Na produção de trigo existe grande variabilidade, o que permite o seu cultivo nos mais diversos ambientes, pois segundo Bacaltchuk (2001), o trigo é cultivado em todos os continentes do mundo, desde regiões extremamente frias, como as tundras da Rússia, até regiões quentes, como os cerrados brasileiros ou africanos. Ele também tolera ambientes com umidade elevada, como as regiões produtoras da China, da Inglaterra, ou mesmo da França e, naturalmente, do Rio Grande do Sul.

A cultura do trigo apresenta um elevado potencial de produção, que vem sendo alcançado principalmente pela utilização de cultivares melhoradas geneticamente. Ainda assim, dentre os fatores que interferem na produção de

sementes de trigo pode-se citar o adequado preparo do solo (YOKOYAMA; SILVEIRA; STONE, 2002), a operação de semeadura (densidade, profundidade e espaçamento) (VALÉRIO *et al.*, 2008), a utilização correta de insumos (BRAZ *et al.*, 2006) e de sementes de elevada qualidade (VAZQUEZ; CARVALHO; BORBA, 2008), a escolha da cultivar (COVENTRY *et al.*, 2011), as condições climáticas (VIGANÓ *et al.*, 2010), 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). Portanto o correto manejo da adubação, principalmente o nitrogênio, bem como escolha da época e densidade de semeadura adequadas, são muito importantes para alcançar altas produtividades e qualidade de grãos ou sementes (ZECEVIC *et al.*, 2014).

O estabelecimento de uma população adequada de plantas de forma rápida e uniforme no início do desenvolvimento da cultura é de suma importância para obtenção de resultados satisfatórios (quantidade e qualidade). O número de plantas altera a produção de fitomassa seca de parte aérea e produção de filhotes, que altera sensivelmente a produtividade da cultura, dependendo do estande de plantas estabelecido (MARTIN *et al.*, 2010). Além da redução do estande, existe a alteração da distribuição espacial das plantas dentro do dossel, podendo proporcionar maior competição por recursos do meio em um conjunto de plantas mais próximas e menor competição em outras plantas mais afastadas. Com isso,

pode haver alteração nas relações de fonte e dreno, fazendo com que exista uma dinâmica diferenciada na emissão de afillhos férteis, bem como nas suas sementes produzidas (VALÉRIO *et al.*, 2008). Pela capacidade de emissão de afillhos férteis, o trigo apresenta a propriedade de preencher os espaços vazios na lavoura, compensando possíveis falhas na sementeira (ZAGONEL *et al.*, 2002). Porém, em alguns casos ocorre formação de afillhos inférteis e dessa maneira, o potencial de afillhamento não será expresso em rendimento de sementes (VALÉRIO *et al.*, 2008).

Com todo o exposto acima, podemos observar que a cultura do trigo é um importante componente dos sistemas de produção agrícolas, e tem uma grande relevância para o Brasil. Tendo isso em vista pode ser evidenciada a necessidade de uma triticultura mais competitiva que se consolide, possibilitando a auto-suficiência na produção, diminuição da importação e posteriormente a exportação desse cereal. Porém, a resposta das cultivares à densidade de sementeira é variável, principalmente em função da interação genótipo e ambiente. Dessa forma, a adequação da densidade de sementeira, em função de genótipos e ambiente, pode potencialmente reduzir a competição e contribuir para o aumento da produtividade do trigo (TAVARES *et al.*, 2014).

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi responder as lacunas em aberto, sobre o ajuste da densidade de sementeira e do manejo da adubação nitrogenada, avaliando os componentes de rendimento, produtividade, peso hectolitro de sementes de trigo, produzidas em terras altas, no Sul do Brasil.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo, na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) - Centro Agropecuário da Palma de propriedade da Universidade Federal de Pelotas – UFPel, localizada no município de Capão do Leão/ RS (Latitude 31° 52' 00" S; Longitude 52° 21' 24" W Greenwich; Altitude: 13,24 m.). O solo do campo experimental classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico Típico (áreas altas), de acordo com o Sistema Brasileiro de classificação do solo (SANTOS *et al.*, 2013). O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen e Geiger, é Cfa (subtropical úmido com verão quente) (ALVAREZ *et al.*, 2013), 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.

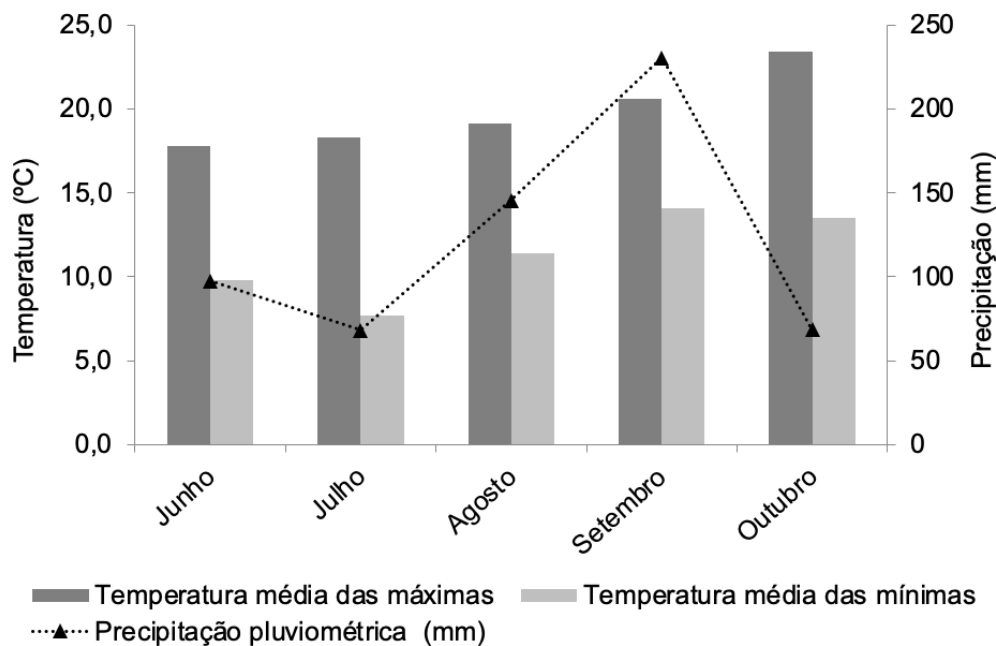


Figura 1. Dados meteorológicos de temperatura e precipitação pluvial ao longo dos meses.

Toda a área foi previamente preparada de acordo com o sistema escolhido (convencional), por ser uma área que estava em pousio, com presença principalmente de gramíneas e a correção foi realizada de acordo com a análise de solo e recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2016), para cada cultura.

O experimento foi conduzido utilizando-se a cultivar de trigo Tbio Aton[®], sendo caracterizado por ciclo e estatura médio, resistente ao crestamento, de moderada resistência à debulha natural e ao acamamento (BIOTRIGO, 2021). Segundo a Biotrigo (2021), a densidade de semeadura recomendada no RS para as cultivares médias e precoces é entre 300 a 330 plantas finais por metro quadrado, sendo que no presente estudo foi utilizada 12 populações de plantas finais, representada na figura a seguir.

Nº Plantas por metro linear	Espaçamento entre linhas (m)	
	0.17	0.25
	População (plantas m ⁻²)	
69	406	276
60	353	240
43	253	172
35	206	140
25	147	100
17	100	68

Figura 2. População de plantas das diferentes combinações de densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas.

Para obtenção dos valores de plantas por metro apresentados na (figura 2), a densidade de semeadura foi ajustada conforme a porcentagem de germinação das sementes, acrescidos de 10% devido a perdas variáveis e não controláveis. O delineamento experimental foi de casualização por blocos em parcelas subdivididas, sendo as parcelas principais compostas pelos espaçamentos entre linhas e as subparcelas pelas densidades de semeadura e dois manejos da adubação nitrogenada (Tradicional e Variável). Foram utilizadas quatro repetições, sendo que cada repetição consistiu de uma parcela com 2m de largura e 5m de comprimento. As parcelas foram ainda distanciadas 50 cm entre si em todos os sentidos para permitir a circulação na área e reduzir as chances de erros de amostragem. A semeadura foi realizada com maquinário, a uma profundidade de 2cm.

A semeadura, realizada em 26 de maio, 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 sendo este manejo de N tradicional (MNT) realizado de acordo com análise de solo e recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2016) das informações técnicas para trigo e triticales (KUHNEM et al., 2020).

N Fixo	MO (%)			Cultura antecedente: principalmente gramíneas nativas
	2			
				Recomendação de N p 3 ton ha (kg ha-1)
Semeadura	kg ha			80
Fórmula (%)	300			
5	15	kg		
20	60	kg		Uréia (% N)
20	60	kg		45

Figura 3. Manejo realizado do Nitrogênio fixo, realizado na semeadura.

N em cobertura (kg ha-1)	GS 22 (2/3)	GS 31 (1/3)
65	43	22
Uréia em cobertura (kg ha-1)	GS 22 (2/3)	GS 31 (1/3)
144	96	48

Figura 4. Manejo realizado do Nitrogênio fixo, realizado em cobertura e no estágio GS 22 e 31.

Já para o manejo de N variável (MNV), as doses de nitrogênio serão ajustadas segundo o modelo proposto por HOFFMAN et al. (2010) em cobertura na semeadura, no início da fase de perfilhamento Z.22 (de acordo com o teor de nitrato no solo) e a última aplicação no início da fase de alongamento do colmo, estágio de crescimento Z.30 (de acordo com o acúmulo de biomassa), (ZADOKS, 1974).

N-NO ₃ ⁻ en suelo (ppm)	Dosis de N (kg/ha)
≤ 6	45
7-10	20-40
11-13	15-20
≥ 14	0

Figura 5. Recomendação de N proposto por HOFFMAN et. Al, em cobertura.

Esp	Pop	Rep.	N	N03 parcela (mg L-1)	N (kg ha-1)				Uréia (kg ha-1)	Uréia (g parcela)
					<= 6	>6.1, <= 10	=11, <= 13.	>= 14		
17	17	1	V	3.68	45				100	86.7
17	25	1	V	0.28	45				100	86.7
17	35	1	V	7.91		35			78	67.4
17	43	1	V	0.28	45				100	86.7
17	60	1	V	0.28	45				100	86.7
17	69	1	V	8.52		35			78	67.4
17	43	2	V	2.85663	45				100	86.7
17	60	2	V	4.60178	45				100	86.7
17	35	2	V	5.87552	45				100	86.7
17	25	2	V	1.58713	45				100	86.7
17	17	2	V	0.28415	45				100	86.7

Figura 6. Manejo realizado do Nitrogênio variável, no estágio Z.22, de acordo com o teor de nitrato no solo.

Campo	População de plantas m/linear	Espaçamento entre linhas (m)	kg ha N	kg ha Uréia	kg Uréia por parcela (g)
1	17	0.17	55	122	177
2	25	0.17	55	122	177
3	35	0.17	55	122	177
4	43	0.17	40	89	128
5	60	0.17	15	33	48
6	69	0.17	40	89	128
7	17	0.25	55	122	199
8	25	0.25	55	122	199
9	35	0.25	40	89	144
10	43	0.25	50	111	181
11	60	0.25	15	33	54
12	69	0.25	40	89	144

Figura 7. Manejo realizado do Nitrogênio variável, no estágio GS 31 de acordo com o teor de N na planta, proposto por (BAETHGEN, 1992).

O manejo de adubação (K, P e outros nutrientes), controle de plantas daninhas, insetos praga e doenças foi realizado conforme as informações técnicas para trigo e triticales (KUHNEM et al., 2020).

		Espaçamento entre linhas															
		Bloco I				Bloco II				Bloco III				Bloco IV			
		0,17 m		0,25 m		0,17 m		0,25 m		0,17 m		0,25 m		0,17 m		0,25 m	
		0.5	3.5	0.5	3.5	0.5	3.5	0.5	3.5	0.5	3.5	0.5	3.5	0.5	3.5	0.5	3.5
	5	17 (NV)	17 (NV)	43 (NV)	43 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)
	5	17 (NF)	17 (NF)	43 (NF)	43 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)
	0.5																
	5	25 (NV)	25 (NV)	60 (NV)	60 (NV)	25 (NV)	25 (NV)	25 (NV)	25 (NV)	25 (NV)	25 (NV)	25 (NV)	25 (NV)	25 (NV)	25 (NV)	25 (NV)	25 (NV)
	5	25 (NF)	25 (NF)	60 (NF)	60 (NF)	25 (NF)	25 (NF)	25 (NF)	25 (NF)	25 (NF)	25 (NF)	25 (NF)	25 (NF)	25 (NF)	25 (NF)	25 (NF)	25 (NF)
	0.5																
	5	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	35 (NV)	69 (NV)	69 (NV)	60 (NV)	60 (NV)	69 (NV)	69 (NV)	60 (NV)	60 (NV)	69 (NV)	69 (NV)	60 (NV)	60 (NV)
	5	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	35 (NF)	69 (NF)	69 (NF)	60 (NF)	60 (NF)	69 (NF)	69 (NF)	60 (NF)	60 (NF)	69 (NF)	69 (NF)	60 (NF)	60 (NF)
	0.5																
	5	43 (NV)	43 (NV)	25 (NV)	25 (NV)	43 (NV)	43 (NV)	69 (NV)	69 (NV)	43 (NV)	43 (NV)	69 (NV)	69 (NV)	69 (NV)	69 (NV)	69 (NV)	69 (NV)
	3	43 (NF)	43 (NF)	25 (NF)	25 (NF)	43 (NF)	43 (NF)	69 (NF)	69 (NF)	43 (NF)	43 (NF)	69 (NF)	69 (NF)	69 (NF)	69 (NF)	69 (NF)	69 (NF)
	0.5																
	5	60 (NV)	60 (NV)	17 (NV)	17 (NV)	17 (NV)	17 (NV)	43 (NV)	43 (NV)	17 (NV)	17 (NV)	43 (NV)	43 (NV)	43 (NV)	43 (NV)	43 (NV)	43 (NV)
	5	60 (NF)	60 (NF)	17 (NF)	17 (NF)	17 (NF)	17 (NF)	43 (NF)	43 (NF)	17 (NF)	17 (NF)	43 (NF)	43 (NF)	43 (NF)	43 (NF)	43 (NF)	43 (NF)
	0.5																
	5	69 (NV)	69 (NV)	69 (NV)	69 (NV)	60 (NV)	60 (NV)	17 (NV)	17 (NV)	60 (NV)	60 (NV)	17 (NV)	17 (NV)	17 (NV)	17 (NV)	17 (NV)	17 (NV)
	5	69 (NF)	69 (NF)	69 (NF)	69 (NF)	60 (NF)	60 (NF)	17 (NF)	17 (NF)	60 (NF)	60 (NF)	17 (NF)	17 (NF)	17 (NF)	17 (NF)	17 (NF)	17 (NF)
	0.5																
	61.0																

Figura 8. Croqui do experimento, com diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas e com Nitrogênio Variável (NV) e Fixo (NF). Os números dentro das parcelas referem-se ao número de plantas por metro linear.

Os caracteres avaliados foram: número de perfilhos por metro, de cada parcela, avaliados sempre no mesmo local demarcado na área central da parcela, e

número de perfilhos por planta.



Figura 9. Avaliação de número de perfilhos, na população de 60 plantas por metro aos 84 DAS. Foto: Carem Saraiva.

A determinação da produção de matéria verde e seca da parte aérea foi realizada em Z.20, Z.22, Z.30, Z.33, Z.45, Z.60, Z.69, Z.85 e Z.91. Foi coletada uma porção de 1 metro linear. As plantas foram removidas aproximadamente no ponto do nível do solo com auxílio de uma foice de corte. O material foi acondicionado em sacos de papel, tiveram suas massas aferidas em balança digital (massa verde) e, posteriormente, secados em estufa a 65°C, até atingirem massa seca constante (~72h).



Figura 10. Coleta para determinação da massa verde na população de 43 plantas por metro aos 67 DAS. Foto: Carem Saraiva.

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).

A umidade foi determinada através do emprego do método da estufa a 105± 3C, por 24 horas, de acordo com BRASIL (1992), sendo os resultados expressos em porcentagem de teor água, em base úmida.

O peso do hectolitro é um importante parâmetro utilizado na classificação e comercialização do trigo. Esse parâmetro reflete a sanidade dos grãos e sementes e o seu grau de desenvolvimento, além de ser um indicador do rendimento de extração de farinha (GERMANI E CARVALHO, 1999). 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.

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

Na análise de variância foi observada interação significativa entre população e espaçamento entre linhas para a variável número de perfilhos por metro apenas aos 30 dias após a semeadura (DAS), sendo os efeitos simples de população significativos em todos os períodos de avaliação (Figura 11).

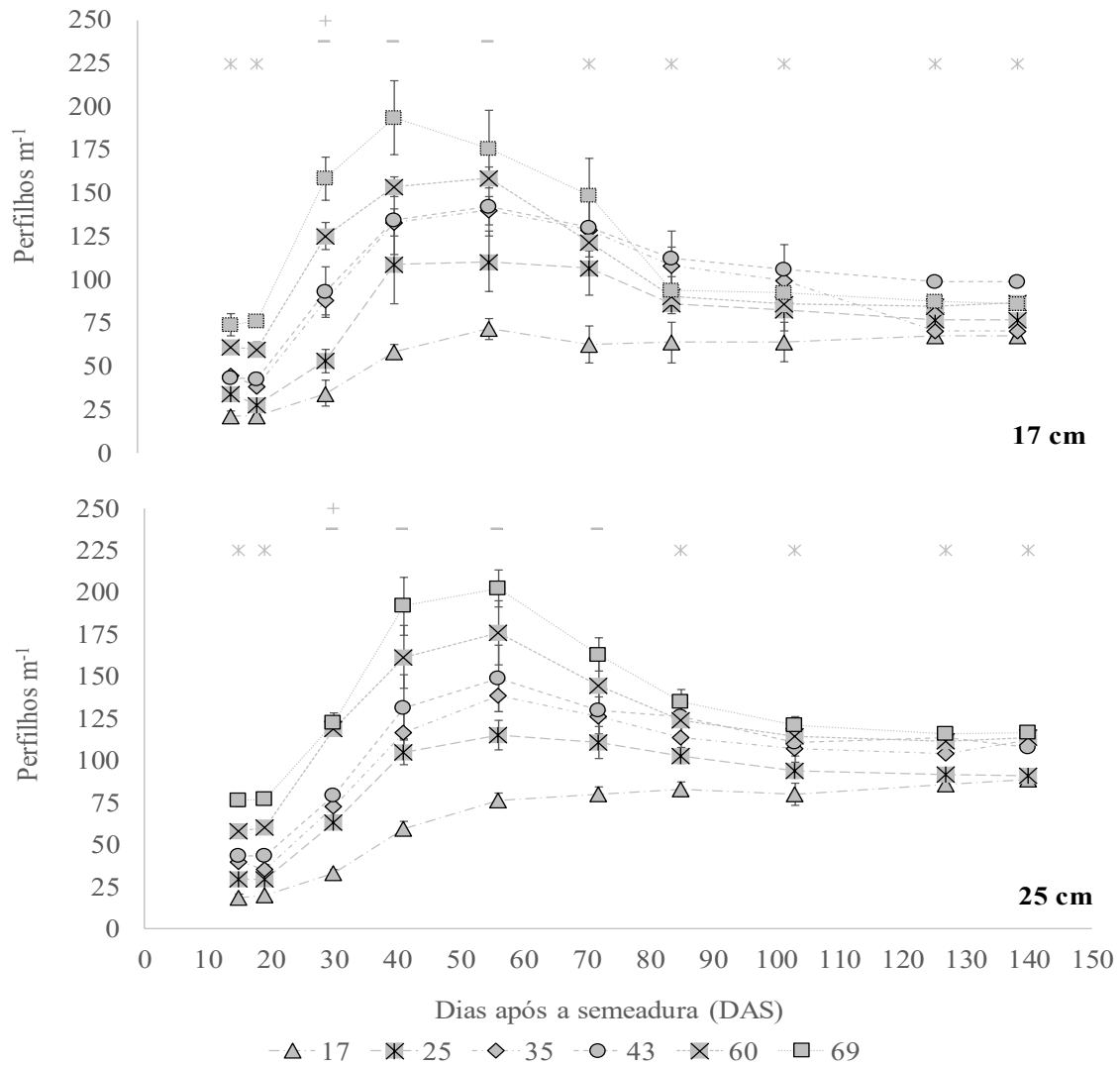


Figura 11. Perfilhamento da cultivar de trigo Aton em função do espaçamento entre linhas, densidade de semeadura. + interação significativa entre os fatores; - regressão linear significativa; *regressão quadrática significativa. Fator de conversão de plantas m^{-1} para plantas por m^{-2} : 5,88 (17 cm) e 4 (25 cm).

Considerando-se o perfilhamento em função da população de plantas na linha em cada momento de avaliação, observou-se comportamento quadrático aos 15, 19, 85, 103, 127 e 140 DAS e linear aos 41, 56 e 72 DAS. Pode-se observar claramente que as maiores populações apresentaram um maior número de perfilhos nas fases iniciais até o período de floração (~70 DAS), momento em que geralmente acontece o máximo perfilhamento. Após esse período, as diferenças no número de perfilhos entre as populações foi reduzida, principalmente devido à uma maior extinção de perfilhos nas maiores populações, como observado na (Figura 12). O número máximo de perfilhos estimado aos 127 DAS (103,3) foi observado com a população de 62,7 plantas por metro.



Figura 12. Extinção de perfilhos de trigo na população de 69 plantas por metro aos 117 DAS. Foto: Mateus Pasa.

A emissão, o desenvolvimento e a sobrevivência dos perfilhos são importantes, pois essas estruturas fazem parte dos componentes de produção e são também supridoras de assimilados ao colmo principal (MEROTTO JUNIOR, 1995). Valério et al. (2008), Hilgenberg (2010) e Zagonel et al. (2002) em trabalhos com várias cultivares e anos de cultivo observaram uma diminuição linear do número de perfilhos com o aumento da densidade de plantas. O maior número de extinção de perfilhos em altas densidades pode ser explicado devido à severa redução da intensidade de radiação fotossinteticamente ativa e pela competição por água entre as plantas (ALMEIDA; MUNDSTOCK, 2001; EVERS et al., 2006). Segundo Valerio et al. (2008), o perfilhamento está relacionado com o genótipo do trigo, não havendo clareza para a escolha da densidade de plantas mais adequada para as cultivares de um modo geral, fato observado no presente trabalho onde a resposta foi diferente entre os espaçamentos. No entanto, observou-se que há uma diminuição/extinção do número de perfilhos com o aumento da densidade de plantas, mas principalmente que não há uma relação direta entre a variação do espaçamento e a densidade de sementeira, sendo a resposta mais dependente da cultivar utilizada.

Considerando-se o fator espaçamento entrelinhas, foram observadas diferenças apenas aos 85, 103, 127 e 140 DAS (Figura 13), em que o máximo perfilhamento foi observado quando utilizou-se espaçamento de 25 cm entre linhas.

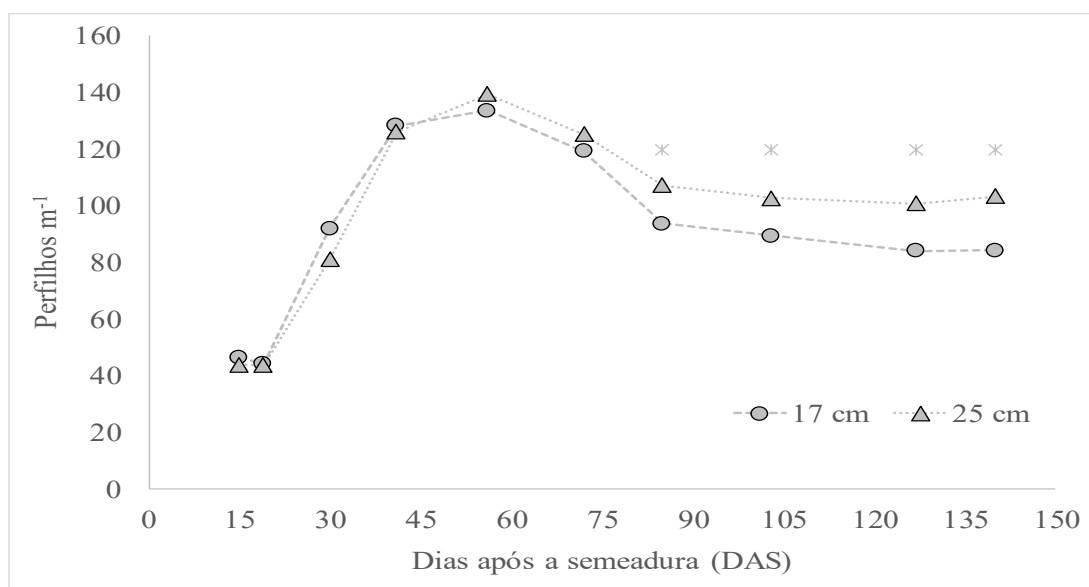


Figura 13. Perfilamento da cultivar de trigo Aton em função do espaçamento entre linhas. *Significativamente diferentes de acordo com o teste de Duncan a 5%.

De maneira geral o maior espaçamento no presente estudo, representado pelo espaçamento de 25 cm entre linhas, apresentou um maior número de perfilhos durante o ciclo da cultura e menor extinção de perfilhos, como podemos observar na (Figura 13), sendo que aos 80 dias após a semeadura, tende-se a estabilizar a extinção dos perfilhos até o final do ciclo da cultura, onde podemos notar significância em relação ao espaçamento utilizado, sendo que o espaçamento maior (25 cm), apresentou um maior número de perfilhos.

O manejo de nitrogênio de forma isolada não interferiu no perfilamento (Figura 14).

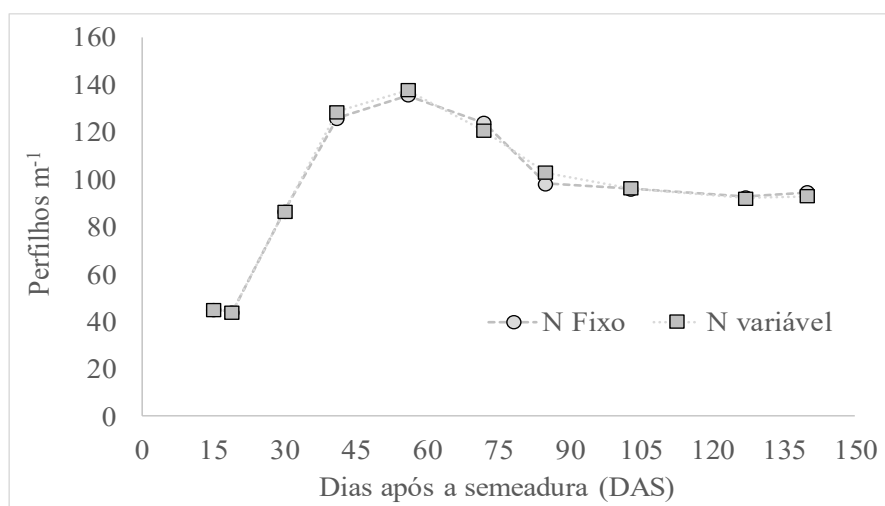


Figura 14. Perfilamento da cultivar de trigo Aton em função do manejo do nitrogênio.

A importância do nitrogênio para a cultura do trigo, bem como para outras gramíneas, é indiscutível. O fornecimento adequado de nitrogênio ao trigo aumenta a possibilidade de lucro ao produtor, devido à redução nos custos de produção, à melhor sanidade da lavoura (Tanaka et al. 2008) e à redução da contaminação de águas subterrâneas por nitrato. No que diz respeito à diferentes dosagens de nitrogênio, trabalhos relatam diferentes quantidades ótimas, o que é atribuído, principalmente, à cultura anterior, teor de matéria orgânica do solo, as condições climáticas, cultivar, dentre outros.

Nakayama, Fabricio e Santos (1983), realizando experimento com adubação, testando diferentes doses e épocas de aplicação de N em cobertura no trigo na UEPAE Dourados, também não verificaram diferenças significativas na produção, e outros caracteres avaliados. Para as épocas de aplicação de N em cobertura, Nakayama et al. (1983) e Vieira et al. (1995) também não verificaram diferenças no rendimento do trigo avaliando diferentes épocas de aplicação em cobertura.

Concordando com os dados aqui encontrados, em estudo realizado por Sangoi et al. (2007) avaliando aplicações de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos do trigo conclui que as aplicações nos estádios iniciais incrementaram o número de perfilhos por área em relação a aplicações mais tardias como no alongamento do colmo, principalmente devido à presença do N nesse estágio fomentar a formação de perfilhos e sua ausência acentua a dominância apical. Entretanto o número de perfilhos que se tornarão férteis e irão gerar espigas depende das condições edafoclimáticas durante essa fase, caso haja algum estresse ambiental este pode ser abortado antes (Maas et al., 1994).



Figura 15. Manejo do Nitrogênio Variável, no espaçamento 25 cm entrelinhas, no estágio Z.22, de acordo com o teor de nitrato no solo. Foto: Carem Saraiva.

Para a variável número de perfilhos por planta não foi observada interação significativa entre os fatores estudados, apenas efeito simples de população e espaçamento entre linhas (Figura 16). Considerando o efeito de população, foi observado comportamento linear decrescente, ou seja, o número de perfilhos por planta diminuiu conforme se incrementou a população de plantas por metro. Com relação ao espaçamento entrelinhas, maior número de perfilhos por plantas foi observado no maior espaçamento (25 cm).

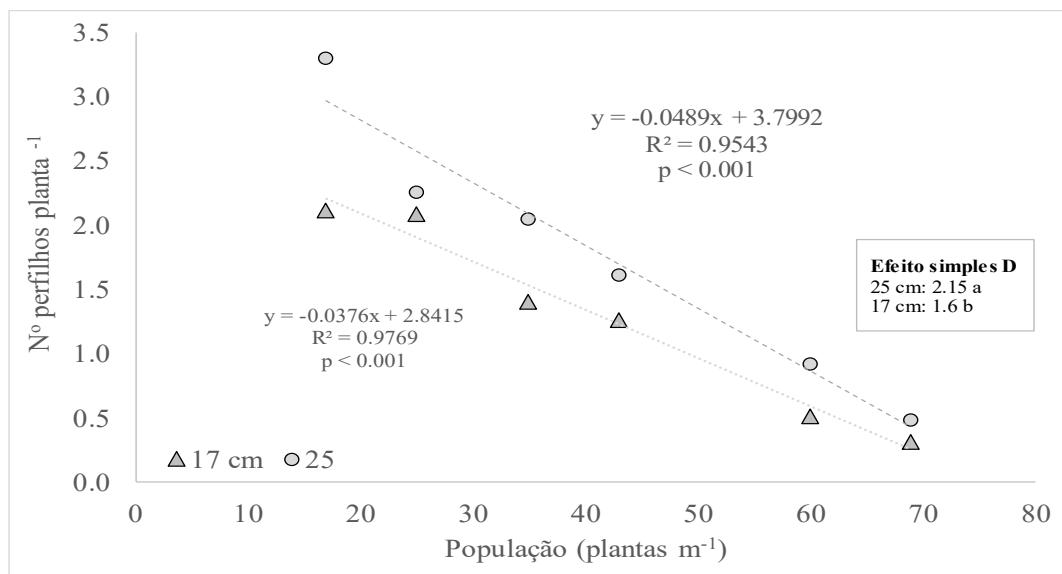


Figura 16. Número de perfilhos por planta da cultivar de trigo Aton em função do espaçamento entrelinhas e da densidade de sementeira. Fator de conversão de plantas m⁻¹ para plantas por m⁻²: 5,88 (17 cm) e 4 (25 cm).

Zagonel et al. (2002b) ao avaliarem populações de 323, 441 e 658 plantas m⁻², observaram que o aumento na população de plantas resultou na emergência de um menor número de perfilhos. Evers et al. (2006) também observaram que o número de perfilhos foi menor em altas populações de plantas, com mais perfilhos sendo produzidos pelas plantas em condições de plena luminosidade do que em plantas sombreadas. De maneira geral, em condições de altas populações de plantas o perfilhamento parece cessar antes no desenvolvimento de plantas, devido à severa redução da intensidade de radiação fotossinteticamente ativa nas camadas mais baixas dentro do dossel das plantas. Outro mecanismo que pode estar envolvido seria a baixa taxa de radiação vermelha na base de cada planta (ALMEIDA; MUNDSTOCK, 2001; EVERS et al., 2006).

Valério et al. (2009), observaram em seu estudo que o maior número de perfilhos emitidos em menores populações de plantas não foram suficientes para superar o maior rendimento de sementes obtido em populações elevadas, isto porque o número de espigas por metro quadrado é maior em

maiores densidades, colaborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Para a produtividade, não foi observada interação significativa entre os fatores, população, espaçamento e manejo da adubação nitrogenada, apenas os efeitos simples de população e espaçamento (Tabela 1).

Tabela 1. Produtividade da Cultivar Aton em função da densidade de semeadura, população de plantas e manejo do nitrogênio.

	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Produtividade (scs ha ⁻¹)
<u>Espaçamento (E)</u>		
17	3158.9 a	52.6 a
25	2922.6 b	48.7 b
<u>Densidade (D)</u>		
17	3007.7	50.1
25	3062.3	51.0
35	3143.5	52.4
43	3268.7	54.5
60	3004.0	50.1
69	2758.2	46.0
<i>p (Linear)</i>	0.03325	0.03325
<i>p (Quadrática)</i>	<0.001	<0.001
Equação	$y = -0.486x^2 + 38.059x + 2461.6$	$y = -0.0081x^2 + 0.6343x + 41.027$
R ²	0.9181	0.9181
x máx	39.2	39.15
y máx	3206.71	53.44
<u>Nitrogênio (N)</u>		
F	3043.3	50.7
V	3038.2	50.6
<i>valor p</i>		
E	0.001	0.0012
D	0.003	0.0031
N	0.941	0.9412
E*D	0.340	0.3402
E*N	0.326	0.3264
D*N	0.350	0.3501
E*D*N	0.656	0.6558

Considerando o efeito simples de espaçamento, a produtividade no espaçamento de 17 cm entrelinhas foi 7,8% maior que 25 cm (236 kg ha⁻¹). Silva & Albrecht (1982), Silva et al. (1983) e Tragnago & Bonetti (1982) também concordam com esses dados. Silva et al. (1981) encontraram resultados diferentes, já que o rendimento de grãos aumentou com o incremento dos espaços entre linhas.

Considerando-se o efeito da população de plantas, observou-se comportamento quadrático significativo, como máxima produtividade de 3206,71 kg ha⁻¹ na população de 39.2 plantas por metro linear (figura 17).

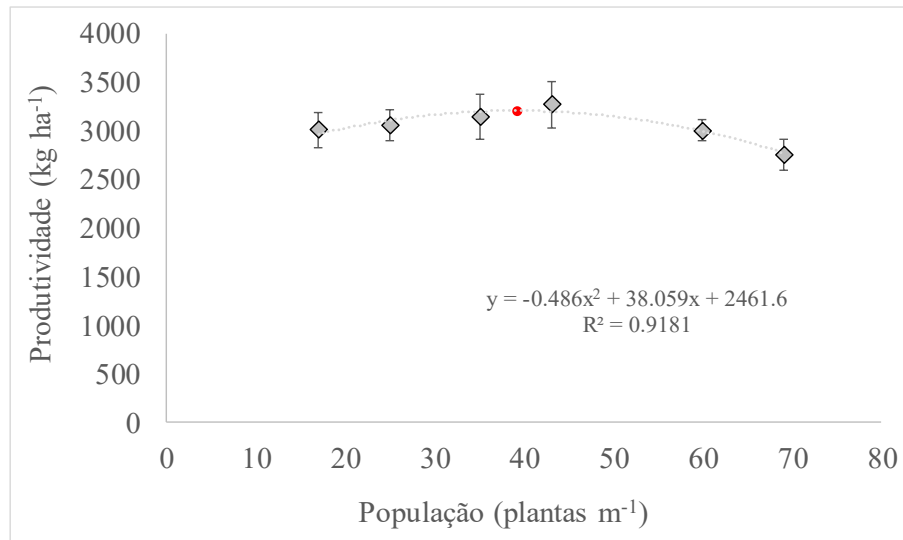


Figura 17. Produtividade da cultivar Aton em função da população de plantas. x máx: 39.2; y máx: 3206.71. Fator de conversão de plantas m⁻¹ para plantas por m⁻²: 5,88 (17 cm) e 4 (25 cm).

Diversos autores têm observado a resposta da produtividade do trigo com a variação da densidade de plantas (DIDONET; COSTA, 2004; ZAGONEL et al.,2002), um resultado que pode estar relacionado com a capacidade do trigo em perfilhar, compensando a falta de plantas e também a compensação entre os componentes de produção, o que resulta na manutenção da produtividade (HOLEN et al, 2001).

A variação da densidade de plantas afetou a produtividade, que respondeu de forma quadrática, com uma tendência de incremento da produtividade onde o ponto máximo da função é encontrado na densidade de 39.2 plantas por metro, o que representa em torno de 80 kg ha⁻¹ de sementes e nas populações maiores ocorreu uma diminuição na produtividade.

Normalmente, os tricultores, preocupados com o estabelecimento de uma boa população de plantas, utilizam quantidades de sementes superiores às recomendadas, atualmente utilizam em torno de 120-150 kg de sementes (EMBRAPA, 2022), desconsiderando o fato de que plantas de trigo, principalmente as cultivares do tipo moderno, apresentam alta capacidade de afilhamento, podendo compensar uma menor população por área (YOSHIDA, 1981). Com isso, considerando os fatores edafoclimáticos do local do ensaio, é desnecessária a adoção de mais do que 230 sementes viáveis por m², o que daria em torno de 80 kg ha⁻¹, (considerando-se um espaçamento entrelinhas de 17cm), pois implicaria

em maior consumo de sementes, ocorrendo desperdício do insumo mais importante na produção agrícola, além de possibilitar problemas de acamamento de plantas e uma maior incidência de doenças, então teríamos uma necessidade de sementes entre 33 e 45% menor.

Uma alta população de plantas não garante altos rendimentos, pois nesta condição, embora o número de perfilhos possa ser maior, estas são constituídas por um menor número de grãos (PEDROSO, 1993; SOUSA et al., 1995).

A resposta obtida na produção de grãos do presente trabalho está de acordo com Satorre (1999). Segundo o autor, a resposta à população de plantas em grãos é melhor descrita por um modelo de parábola, onde a produção de grãos e a maioria de seus componentes diminuem nas mais altas populações de plantas. Esse fato tem sido atribuído geralmente à alteração na distribuição de recursos para os órgãos de armazenamento devido à competição.

Wang et al. (1997) também comprovaram uma redução linear da produtividade em densidades que variaram de 325 a 650 plantas m⁻². Possivelmente esse efeito seja em função de uma compensação entre a relação fonte/dreno dentro da planta em densidades maiores.

O espaçamento de 17 cm entrelinhas, proporcionou uma produtividade de quase 3158.9 por hectare (Figura 18), tendo uma vantagem em relação ao maior espaçamento utilizado entrelinhas de 25 cm, de aproximadamente 236 kg por hectare a mais.

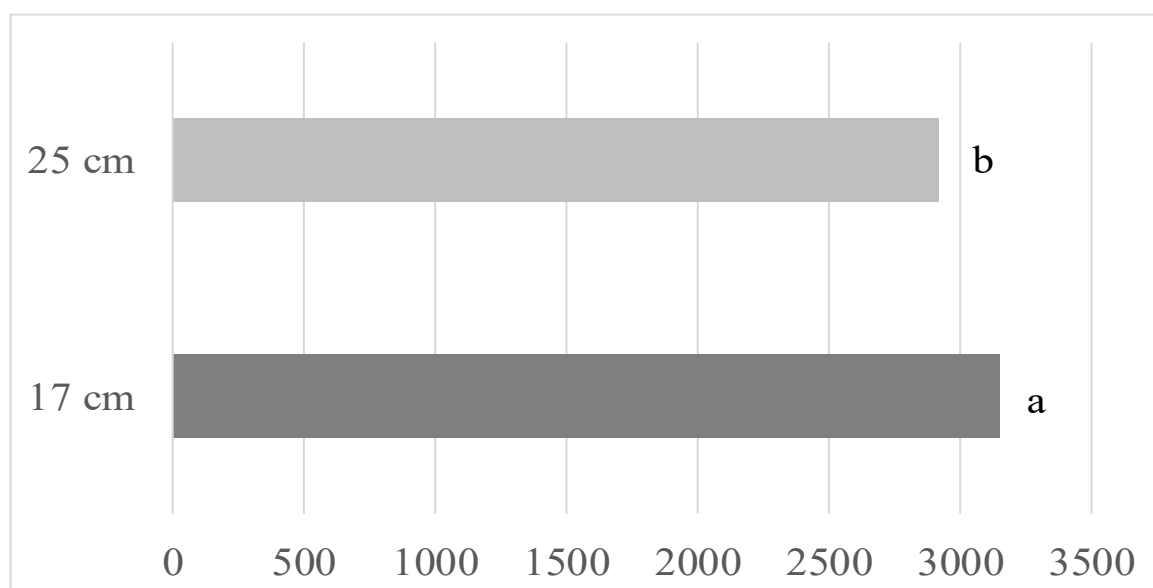


Figura 18. Produtividade da Cultivar Aton em função do espaçamento entrelinhas.

Em relação aos dados de matéria seca, quando a água de uma amostra vegetativa é removida através da secagem, permanece somente uma fração sólida, que pode ser convertida em nutrientes. Esta fração é denominada de Matéria Seca

(MS), e as comparações de produção entre plantas, utilizam como um importante parâmetro na produção, o teor de matéria seca.

Analisando a produção de matéria seca, em relação a população de plantas em diferentes estádios durante o desenvolvimento da cultura, observa-se um aumento gradativo linear com o aumento das populações até o estágio GS 57; Já no estágio GS 89, observamos o contrário, uma redução no acúmulo de matéria seca em função do aumento da população (Figura 19). Esse resultado provavelmente seja decorrente de um maior acúmulo de matéria seca inicial nas maiores populações, que foi observado nos estádios anteriores, até um determinado ponto onde há início da transferência para o enchimento de grãos, enquanto que nas menores populações o acúmulo de MS se prolongou durante um período maior.

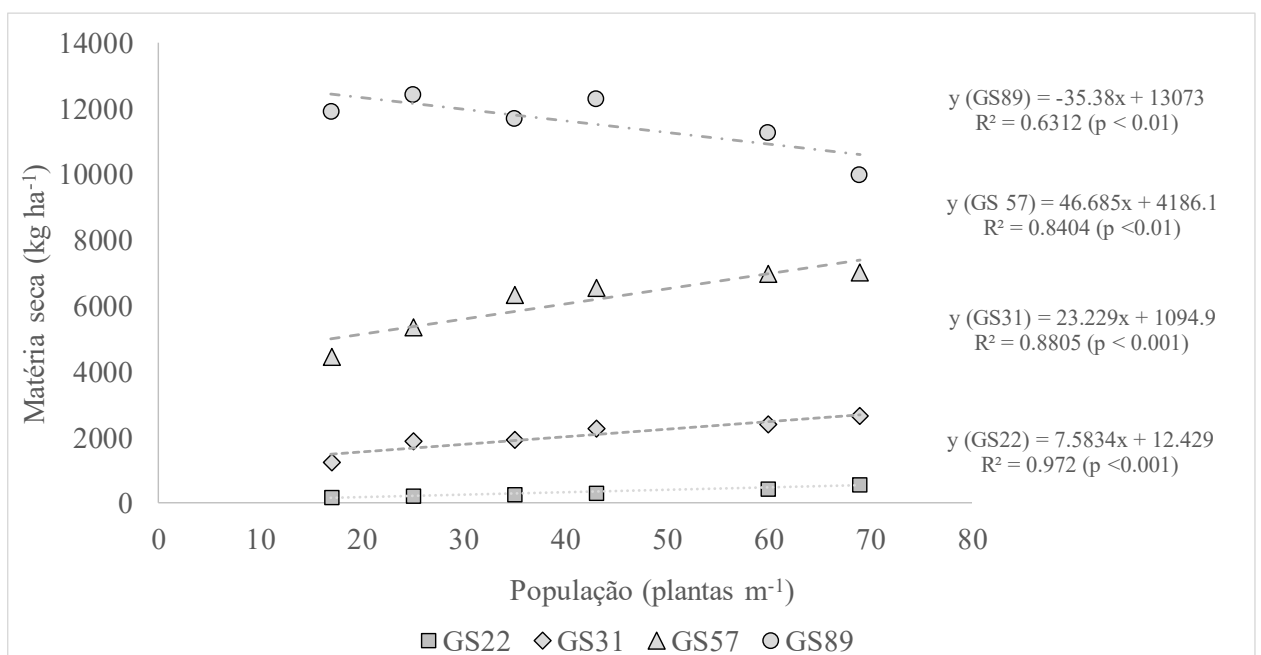


Figura 19. Produção de matéria seca da cultivar Aton em função da densidade de sementeira. Fator de conversão de plantas m⁻¹ para plantas por m⁻²: 5,88 (17 cm) e 4 (25 cm).

O rendimento de uma cultura é dependente do seu crescimento e distribuição da matéria seca e fresca entre os órgãos da planta, e o transporte de metabólitos que são governados por um sistema fonte-dreno estão associados a uma maior produção de massa (DUARTE; PEIL, 2010). Plantas cultivadas em menores populações emitem maior número de perfilhos para compensar o acúmulo de matéria seca. Contudo, para se tornar produtivo, um perfilho deve exibir taxas de crescimento próximas do colmo principal (FIOREZE; RODRIGUES, 2014), o que não acontece com muita frequência no trigo,

ou então a possibilidade de abortamento aumenta, principalmente sob estresse (ELHANlet al., 2007), então esta diminuição de perfilhos férteis encontrados em populações menores, pode em parte explicar as menores produtividades encontradas em densidades de plantas mais baixas.

A (Figura 20), apresenta os resultados obtidos da biomassa seca de trigo, em função dos diferentes espaçamentos entrelinhas. Observamos diferença significativa a partir do estágio GS 31, onde o espaçamento menor utilizado, resultou em maior produção de massa seca.

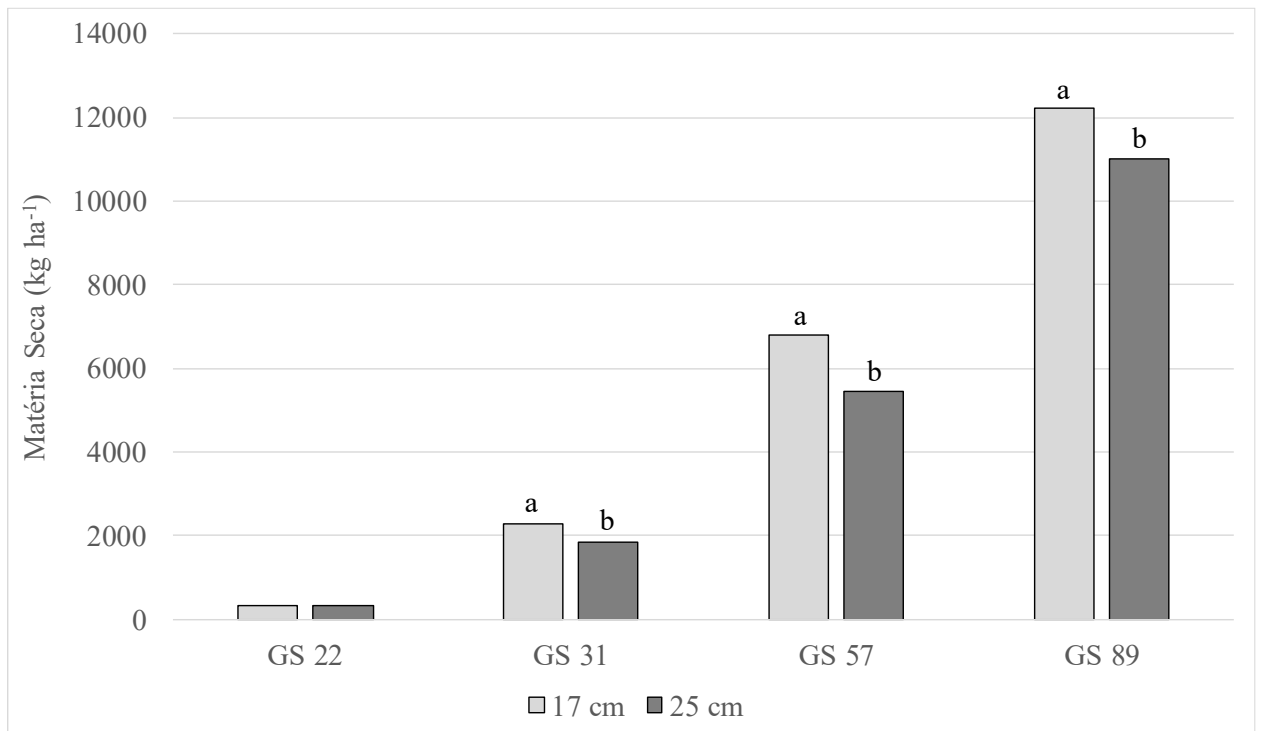


Figura 20. Produção de matéria seca da cultivar Aton em função do espaçamento entrelinhas.

MENG et al. (2013) observaram que o maior acúmulo de N e de biomassa ocorre a partir de Z.30 até Z.60-69, ou seja, do final do perfilhamento e início da alongação do colmo até a floração, sendo ambos os parâmetros positivamente correlacionados com o aumento da produtividade até 8- 9 ton ha⁻¹ .

Analisando a produção de matéria seca não foi observado efeito significativo do manejo de nitrogênio, sendo que ambos os manejos deste nutriente resultaram em dados bastante parecidos ao longo do ciclo da cultura (figura 21). Essa ausência de resposta ao manejo de N ocorreu, provavelmente, pelo fato de, este nutriente ter sua disponibilidade alterada por fatores como potencial de mineralização, nitrificação, temperatura e pluviosidade (JACKSON; BLOOM 1990; OLIVOTO et al. (2017).

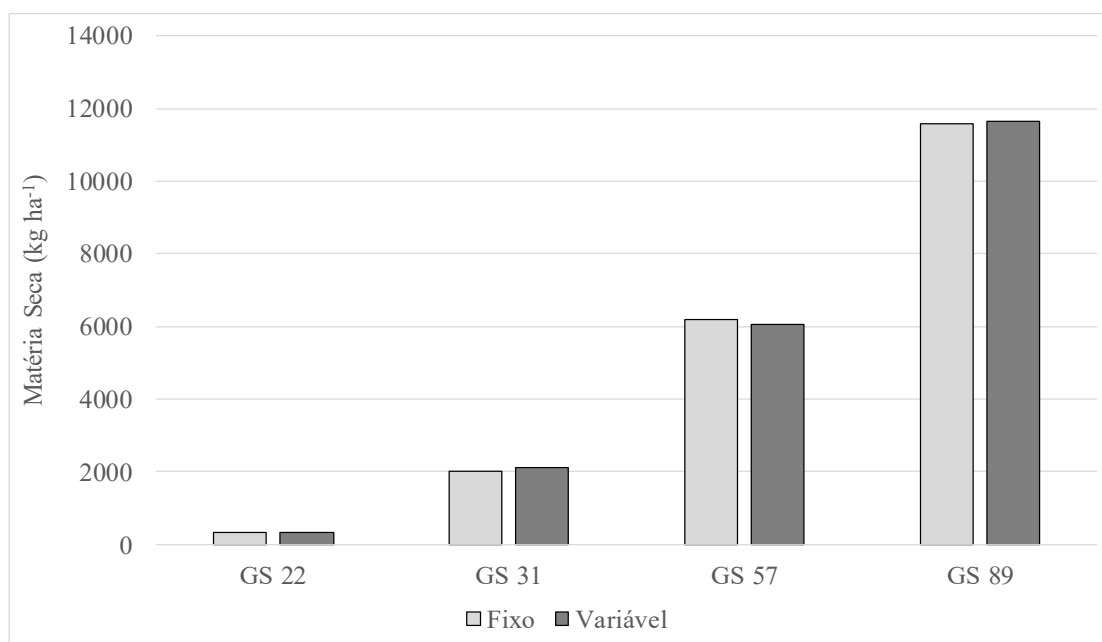


Figura 21. Produção de matéria seca da cultivar Aton em função do manejo do nitrogênio.

Considerando-se o peso hectolitro (PH), houve resposta linear crescente para o manejo de N variável, ou seja, a medida que aumentou-se a população houve aumento do PH. Por outro lado, no manejo do N fixo, não foi observado efeito significativo de população (Figura 22). Esse fato pode estar atrelado ao maior acúmulo de matéria seca conforme incrementou-se a população, assim pode ter ocorrido maior remobilização para o enchimento de grãos além de receber uma aplicação de N, de acordo com o que a planta realmente necessitava, já quando obtemos menores valores de matéria seca (figura 19), nas populações menores, mesmo com aplicações de N em quantidades satisfatória para a cultura, não foi o suficiente para elevar o PH, interferindo negativamente. Conforme Taiz & Zeiger (2004) a redução da área fotossintetizante da planta, reduz a conversão de energia diminuindo assim a produção de fotoassimilados essenciais para a manutenção e enchimento do grão.

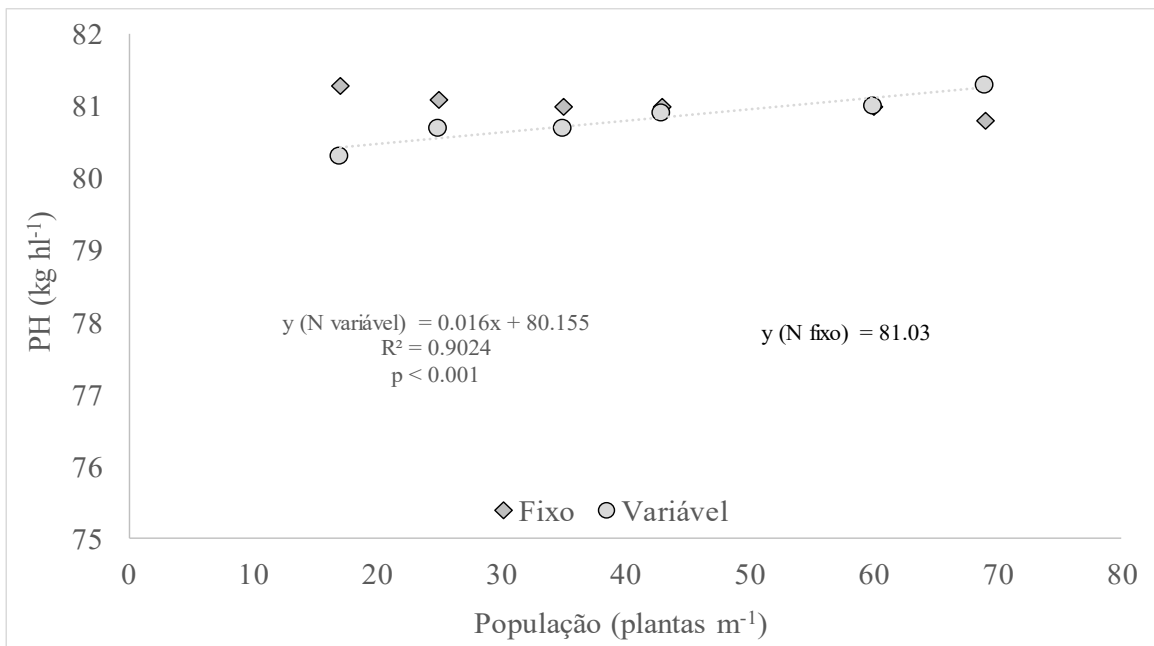


Figura 22 . Peso do hectolitro da cultivar Aton em função do manejo do nitrogênio e da população de plantas. Fator de conversão de plantas m⁻¹ para plantas por m²: 5,88 (17 cm) e 4 (25 cm).

Entretanto, a resposta obtida pelo manejo fixo se opõem ao exposto acima, mesmo que de forma não significativa, visualizamos o máximo valor de PH, nas populações menores. Vários trabalhos foram realizados buscando compreender como as cultivares de trigo respondem a distintas épocas de aplicação de nitrogênio durante o ciclo, visando determinar quais os períodos de maior demanda pela cultura. Conforme Bredemeier & Mundstock (2001) a aplicação de N no momento adequado pode elevar a eficiência do uso desse nutriente pela cultura e também alterar o rendimento, por meio de estímulos dos componentes. Segundo Furlani et al. (2002), uma chuva sobre a lavoura madura reduz a massa hectolétrica e, conseqüentemente, afeta a qualidade de grãos, fato este que ocorreu, pois tivemos bastante precipitação no final do experimento.

Para o efeito do manejo do nitrogênio em cada população, observou-se efeito significativo apenas quando foram utilizadas 17 plantas por metro, onde o N fixo apresentou maior PH do que no N variável.

Tabela 2. Peso do hectolitro da cultivar Aton em função do espaçamento entrelinhas, densidade de população de plantas e manejo do nitrogênio.

PH (kg hl)	
Fixo	Variável

Espaçamento (E)

17 cm	80.96
25 cm	80.92

Densidade (D)

17	81.3 A	80.3 B
25	81.1	80.7
35	81	80.7
43	81	80.9
60	81	81
69	80.8	81.3

<i>p</i> (Linear)	<0.001
<i>p</i> (Quadrática)	0.82893
Equação	$y = 0.0157x + 80.14$
R ²	0.9024

Nitrogênio (N)

Fixo	81.06
Variável	80.82

valor p

E	0.70
D	0.78
N	0.03
E*D	0.86
E*N	0.07
D*N	0.02
E*D*N	0.53

3.4 Conclusões

Populações maiores resultam em maior número de perfilhos por área e acúmulo de biomassa inicial, porém, ao final do ciclo as diferenças são menores, pois há um maior perfilhamento individual das plantas nas menores populações.

O manejo de N fixo e variável não influenciaram significativamente os componentes de rendimento e produtividade da cultivar estudada.

O espaçamento de 17 cm entrelinhas propiciou maior produtividade e maior produção de massa seca, a partir do GS 31.

A produtividade máxima é obtida com população de aproximadamente 40 plantas por metro linear (235 plantas m⁻²), que representa em torno de 80 kg ha⁻¹ de sementes.

Qualidade fisiológica de sementes de trigo em função de diferentes populações de plantas, em condições de terras altas.

4.1 Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é cultivado no Brasil durante o inverno e primavera, principalmente no RS e no PR, porém, aproximadamente metade do consumo nacional ainda é proveniente de importações. Dentre os condicionantes desse cenário, destacam-se as baixas produtividades e qualidade das sementes obtidas em algumas regiões. A produção brasileira de trigo na safra 2021, foi de 7,6 milhões de toneladas, em uma área de 2.739,3 mil hectares, (CONAB, 2021), sendo a principal cultura de inverno do país.

A utilização de sementes de qualidade é um dos principais pilares para obtenção de altas produtividades, sendo que estudos para melhorar a sua qualidade podem gerar grandes impactos positivos na cultura do trigo; As sementes podem 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 dos 4 atributos, sendo eles, 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).

Devido a essa necessidade de incrementos no rendimento, surge a demanda pela produção e obtenção de sementes de elevada qualidade (LIMA; MEDINA; FANAN, 2006). Sementes de elevada qualidade apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação e maior taxa de crescimento, produzindo plântulas com maior tamanho inicial o que se reflete em maior crescimento e maior rendimento de grãos (MIELEZRSKI *et al.*, 2008; MUNIZZI *et al.*, 2010). Considerando que a taxa de utilização de sementes certificadas de trigo no Brasil é de aproximadamente 70%, é necessário anualmente, uma quantidade

equivalente a 203 mil toneladas de sementes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS, 2011), movimentando em torno de 100 milhões de dólares.

Um dos fatores que podem afetar a qualidade fisiológica das sementes de trigo é a densidade de semeadura, que exerce grande influência sobre o crescimento e desenvolvimento do trigo, sobre a capacidade de utilização dos recursos ambientais pelas plantas, pois altera a dinâmica de competição por luz, água e nutrientes durante o desenvolvimento da cultura (ARDUINI et al., 2006). Esta técnica de manejo na cultura do trigo exerce influência na emissão e sobrevivência de perfilhos e na arquitetura das plantas, o que pode afetar a eficiência destas em utilizar a radiação solar (Benin et al., 2012).

Segundo Sangoi et al. (2007), devido às variações espaciais entre as plantas, diferenças no comportamento em campo são observadas, tais como capacidade de perfilhamento, ciclo de maturação, arquitetura de planta e potencial produtivo. Essas diferenças podem interferir na capacidade de absorção, assimilação e conversão de nutrientes e, conseqüentemente, na produtividade e qualidade final das sementes produzidas, onde pode ser observada diferença na qualidade fisiológica das sementes que são produzidas no colmo principal em relação aos perfilhos, em função da maturação não ser uniforme.

Assim a qualidade de sementes também pode ser influenciada com a alteração da população de plantas, ocorrendo maior ou menor competição interespecífica dada a influência no crescimento, desenvolvimento e arquitetura das plantas. De acordo com BAGATELI et al. (2019), plantas com maior área fotossintética (área foliar), produzem maior quantidade de matéria seca. Nesse sentido, o maior acúmulo de biomassa proporcionado pela adequação da densidade de semeadura, pode potencialmente melhorar a qualidade fisiológica das sementes de trigo.

Com todo o exposto acima, podemos observar que a cultura do trigo é um importante componente dos sistemas de produção agrícolas, e tem uma grande relevância para o Brasil. Tendo isso em vista pode ser evidenciada a necessidade de uma triticultura mais competitiva que se consolide, possibilitando a auto-suficiência na produção, diminuição da importação e posteriormente a exportação desse cereal. Os estudos envolvendo densidade de semeadura e qualidade de sementes têm despertado grande interesse entre os investigadores, devido à possibilidade de aumento de produtividade, e qualidade de sementes, sendo vantajoso, quando aliados esses dois fatores. Porém, pesquisas relacionadas com a população de plantas, e qualidade fisiológica das sementes ainda são escassas.

Dentro desse contexto, estudos que objetivam avaliar a qualidade fisiológica

de sementes de trigo em cultivares modernas associados a população de plantas são em número reduzido. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade fisiológica de sementes de trigo da cultivar TBIO Aton®, obtidas de diferentes populações de plantas, produzidas no Sul do Brasil em terras altas.

4.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo, na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) - Centro Agropecuário da Palma de propriedade da Universidade Federal de Pelotas – UFPel, localizada no município de Capão do Leão/ RS (Latitude 31° 52' 00" S; Longitude 52° 21' 24" W Greenwich; Altitude: 13,24 m.). O solo do campo experimental classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico Típico (áreas altas), de acordo com o Sistema Brasileiro de classificação do solo (SANTOS et al, 2013). O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen e Geiger, é Cfa (subtropical úmido com verão quente) (ALVAREZ et al., 2013), 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 23).

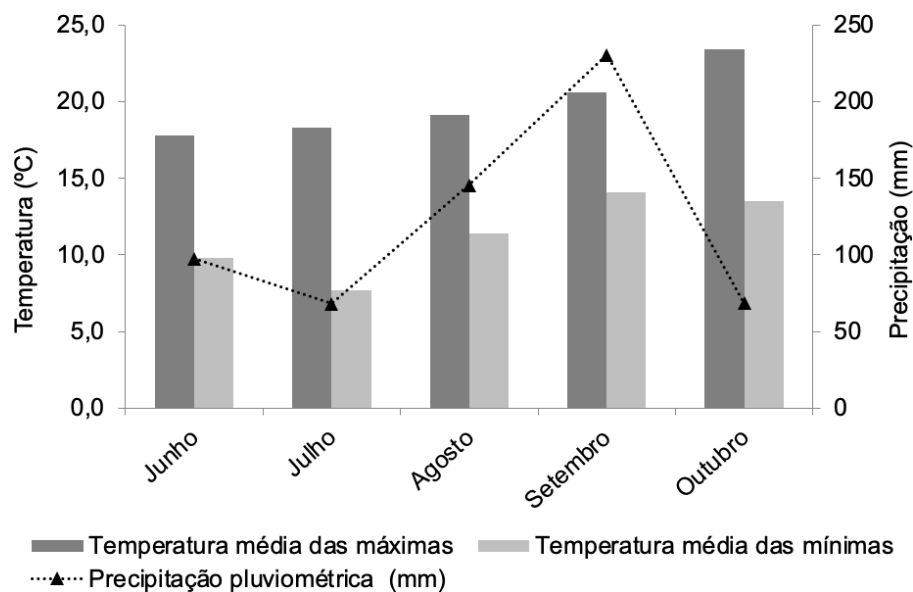


Figura 23. Dados meteorológicos de temperatura e precipitação pluvial ao longo dos meses.

Toda a área foi previamente preparada de acordo com o sistema escolhido

(convencional), por ser uma área que estava em pousio, com presença principalmente de gramíneas e a correção foi realizada de acordo com a análise de solo e recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2016), para cada cultura.

O experimento foi conduzido utilizando-se a cultivar de trigo Tbio Aton[®], sendo caracterizado por ciclo e estatura médio, resistente ao crestamento, de moderada resistência à debulha natural e ao acamamento (BIOTRIGO, 2021). Segundo a Biotrigo (2021), a densidade de semeadura recomendada no RS para as cultivares médias e precoces é entre 300 a 330 plantas finais por metro quadrado, sendo que no presente estudo foi utilizada 12 populações de plantas finais, representada na figura a seguir.

Nº Plantas por metro linear	Espaçamento entre linhas (m)	
	0.17	0.25
	População (plantas m ⁻²)	
69	406	276
60	353	240
43	253	172
35	206	140
25	147	100
17	100	68

Figura 24. População de plantas das diferentes combinações de densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas.

Para obtenção dos valores de plantas por metro linear apresentados na (figura 24), a densidade de semeadura foi ajustada conforme a porcentagem de germinação das sementes, acrescidos de 10% devido a perdas variáveis e não controláveis. O delineamento experimental foi de casualização por blocos em parcelas subdivididas, sendo as parcelas principais compostas pelos espaçamentos entre linhas (0,17 e 0,25 cm) e as subparcelas pelas densidades de semeadura, sendo elas (17,25,35,43,60 e 69) plantas por metro. Foram utilizadas quatro repetições, sendo que cada repetição consistiu de uma parcela com 2m de largura e 5m de comprimento. As parcelas foram ainda distanciadas 50cm entre si em todos os sentidos para permitir a circulação na área e reduzir as chances de erros de amostragem. A semeadura foi realizada com semeadora de parcelas de fluxo contínuo SHP 249, a uma profundidade de 2cm.

Espaçamento	População (plantas m ⁻¹)	Densidade de semeadura (kg ha ⁻¹)
17	17	44
17	25	65
17	35	90
17	43	111
17	60	155
17	69	178
25	17	30
25	25	44
25	35	61
25	43	75
25	60	105
25	69	121

Figura 25. Densidade de semeadura (kg ha⁻¹) dos diferentes arranjos populacionais da cultivar Aton, na safra 2020-2021.

A semeadura, realizada em 26 de maio, 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, sendo este manejo de N tradicional (MNT) realizado de acordo com análise de solo e recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2016) das informações técnicas para trigo e triticales (KUHNEM et al., 2020). 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.

Para avaliar a qualidade fisiológica das sementes, foi instalado e conduzido os testes no Laboratório Didático de Análise de Sementes, do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Capão do Leão, RS.

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}), onde após foram armazenadas em câmara fria ($15,6\pm 2^\circ\text{C}$), com umidade relativa entorno de $40\pm 5\%$, até serem realizadas todas as análises de controle de qualidade.

Para determinação da qualidade fisiológica inicial foram realizados os testes de primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G), envelhecimento acelerado (EA) e emergência em canteiro de areia (EC).

Primeira contagem de germinação (PCG): foi conduzido juntamente com o teste de germinação, e a avaliação foi realizada no quarto dia após a montagem do teste.

Germinação (G): foi conduzido com 200 sementes para cada lote, divididas em quatro sub amostras de 50 sementes, semeadas entre papel, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, mantidos em germinador a 20°C . As avaliações foram realizadas aos oito dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

A condução do teste de envelhecimento acelerado (EA), foi realizada uma adaptação em relação ao teste de (Lima et al., 2006), onde as sementes permaneceram em BOD a 43°C por 48 horas, depois as sementes foram colocadas em caixas tipo gerbox, de forma homogênea sobre a tela metálica, e com 40 mL de solução salina saturada no interior da caixa (Pedroso et al., 2010), composta por 11 gramas de NaCl por 100 mL de água destilada. Posteriormente, foram utilizadas 200 sementes por repetição, divididas em quatro subamostras de 50 sementes e submetidas ao teste padrão de germinação, sendo avaliadas após oito 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 areia. 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 décimo quarto dia após a implantação do teste, onde ocorreu a estabilização da emergência.

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

Sabe-se que as sementes possuem máxima qualidade no momento da maturidade fisiológica (Peske, 2014) , portanto a colheita das sementes foi realizada neste momento e posteriormente realizada a secagem até próximo de 13%, para armazenar. Portanto o grau de umidade das sementes é fator importante na colheita e beneficiamento, pois pode influenciar a qualidade fisiológica das sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A umidade de colheita, teve uma resposta quadrática, onde encontramos o ponto mínimo com uma úmidade de 15,89%, na população de 66,82 plantas por metro (Figura 26), tivemos ainda um aumento na úmidade na medida que diminuimos a população, dado este que pode estar ao atrelado ao fato de que nas menores populações os perfilhos são emitidos temporalmente e conseqüentemente o florescimento é prolongado fazendo com que as sementes madurem em diferentes estádios, o que pode acarretar no aumento da úmidade, e desuniformidade para o momento ideal de colheita.

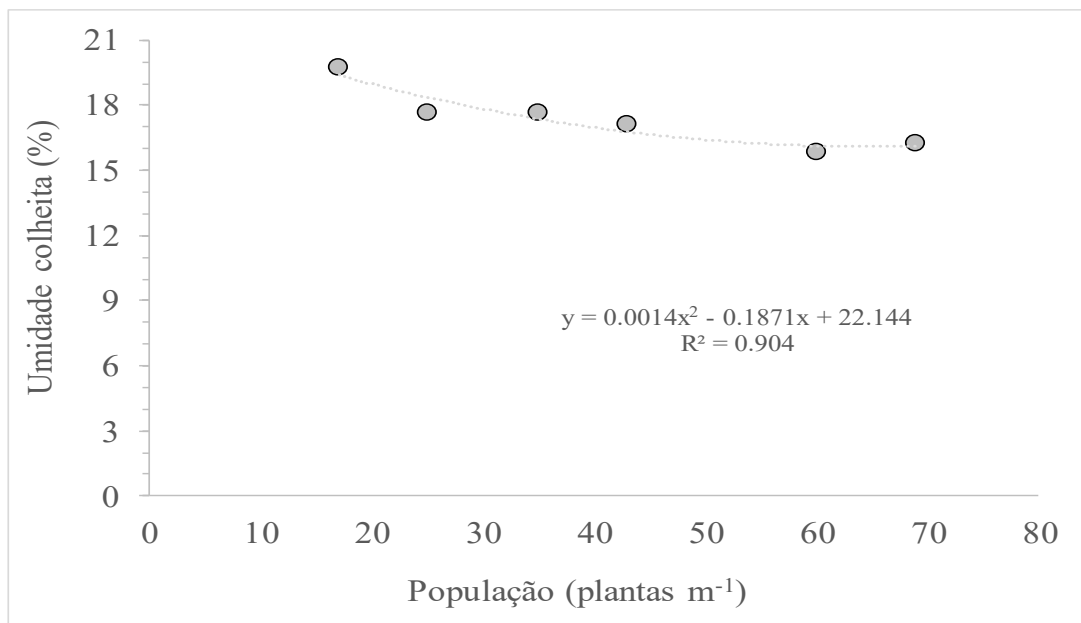


Figura 26. Umidade de colheita da cultivar Aton em função da densidade de semeadura, população de plantas e manejo do nitrogênio. x min: 66.82; y min: 15.89. Fator de conversão de plantas m⁻¹ para plantas por m⁻²: 5,88 (17 cm) e 4 (25 cm).

Peske et al (2003), também ratifica a influência do grau de umidade na atividade metabólica da semente, nos processos de germinação e deterioração, por isso, conclui que a apreciação desse atributo permite a adequação nos processos de colheita, secagem, acondicionamento e armazenamento, bem como na constância de qualidade física, fisiológica e sanitária da semente.

A primeira contagem de germinação apresentou uma resposta quadrática em função da população de plantas (Figura 27), com o máximo de vigor verificado para a população de 46,26 plantas por metro linear, apresentando 27,68% na primeira contagem de germinação. Efeito este foi observado por Barbieri et al. (2013), em que reduções na população de plantas de trigo (0; 20; 40 e 60%, em relação à população de 350 plantas.m-2) afetaram negativamente a qualidade fisiológica das sementes produzidas.

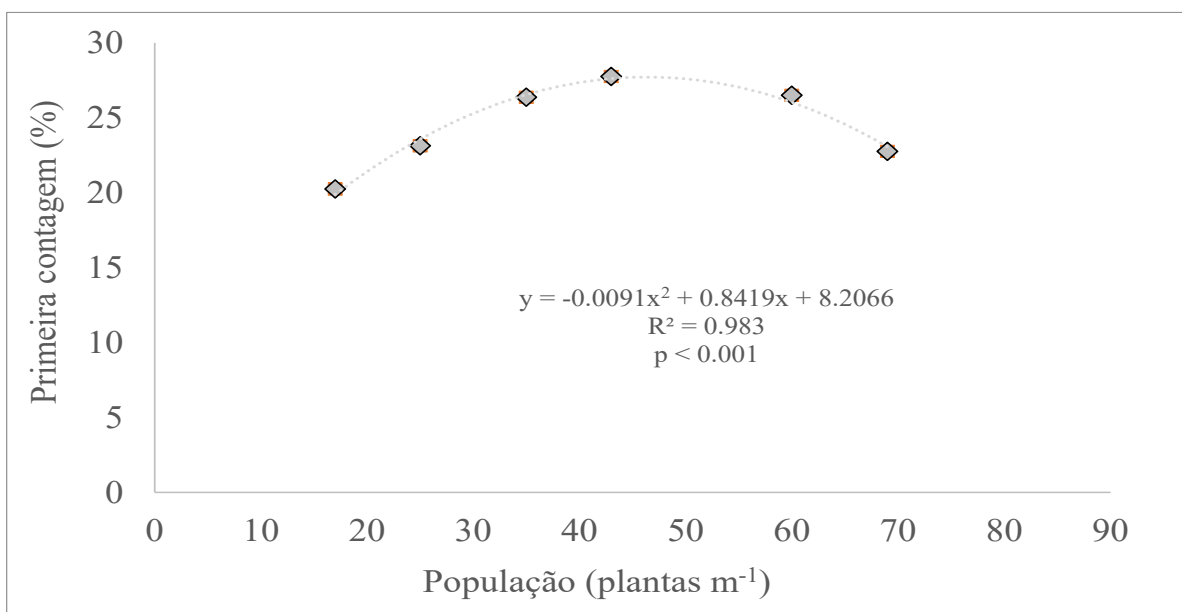


Figura 27. Primeira contagem de germinação de sementes da cultivar Aton em função da população de plantas. Fator de conversão de plantas m⁻¹ para plantas por m⁻²: 5,88 (17 cm) e 4 (25 cm). x máx: 46.26; y máx: 27.68.

Na produção de sementes, busca-se sempre por materiais de alto vigor, como mostra a (Figura 28) que demonstra a primeira contagem, pois a baixa qualidade fisiológica das sementes é um dos fatores que reduz o estande final de plantas (LIMA; MEDINA; FANAN, 2006). Além da redução do estande, existe a alteração da distribuição espacial das plantas dentro do dossel, podendo resultar em maior competição por recursos do meio em um conjunto de plantas mais próximas e menor competição em outras plantas mais afastadas. Com isso, pode haver alteração nas relações de fonte e dreno, fazendo com que exista uma dinâmica diferenciada na emissão de afilhos férteis, bem como nas suas sementes produzidas (VALÉRIO et al., 2008).



Figura 28. Primeira contagem de germinação, da população de 43 plantas por metro linear. Foto: Carem Saraiva.

Em relação a viabilidade das sementes, representado pela porcentagem de germinação, podemos notar um resultado linear positivo, ou seja, a germinação incrementou em resposta ao aumento da população de plantas (Figura 29). No entanto, a germinação variou de 85% a 90%, mantendo-se dentro dos padrões legais para comercialização de sementes, ou seja, superior à 80%, padrão mínimo estabelecido pela Instrução Normativa N°. 45 (BRASIL, 2013).

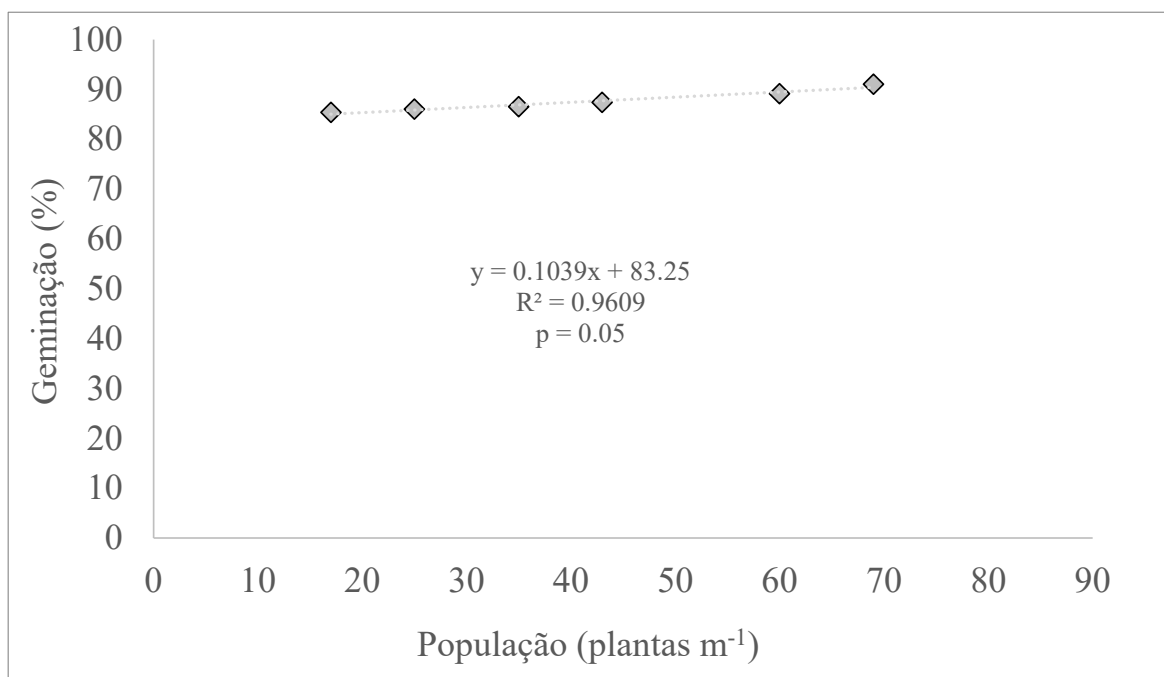


Figura 29. Germinação de sementes da cultivar Aton em função da população de plantas. Fator de conversão de plantas m⁻¹ para plantas por m⁻²: 5,88 (17 cm) e 4 (25 cm).

O processo de germinação depende basicamente da capacidade da semente absorver água (DODD & DONOVAN 1999) e das reservas

armazenadas no endosperma serem convertidas e mobilizadas para suporte energético do embrião (LIN & KAO 1995). No entanto, a constituição genética da cultivar e sua interação com o ambiente em que foi originada, podem afetar o percentual de germinação das sementes (DODD & DONOVAN 1999), principalmente devido as mudanças na organização estrutural e síntese proteica no momento da germinação do embrião (RAMAGOPAL 1990).

População (P)	Sementes	
	Anormais (%)	Mortas (%)
17	2.6	11.9
25	4.1	10.1
35	4.3	9.4
43	4.5	8.1
60	3.8	7.1
69	2.9	6.4
Espaçamento (E)		
17	4.0	8.9
25	3.4	8.8
valor p		
P	0.30	0.00
E	0.27	0.84
P*E	0.99	0.50

Figura 30. Sementes anormais e mortas da cultivar Aton em função da população de plantas. Fator de conversão de plantas m^{-1} para plantas por m^{-2} : 5,88 (17 cm) e 4 (25 cm).

No decorrer do teste de germinação foi percebido a manifestação de diversos pontos de crescimento de microrganismos, que provavelmente vieram do campo de produção de semente, principalmente giberela (Figura 31), advindo da alta precipitação no momento da floração, estes fungos proliferaram ao redor de onde estavam localizadas as sementes, nesse sentido pode ter influenciado negativamente sua germinação, assim elevando as porcentagens de sementes mortas e plântulas anormais, demonstrado na (Figura 30).



Figura 31. Espiga com presença de giberela. Foto: Carem Saraiva.

Para o teste de envelhecimento acelerado, que avalia o vigor das sementes nenhuma das variáveis apresentadas na (figura 32) houve efeito significativo dos tratamentos, o que pode estar relacionada com a área experimental, pois durante a produção das sementes, ocorreu muita precipitação pluviométrica, principalmente durante a floração que é um estágio mais crítico pra cultura do trigo, pensando em produção de sementes. Resultados semelhantes foram obtidos nos testes de germinação.

População (P)	Germinação	Anormais		Mortas
		-----%-----		
17	84	11	5	
25	85	10	6	
35	84	9	7	
43	84	10	6	
60	86	9	5	
69	87	8	5	
Espaçamento (E)				
17	85	9	6	
25	85	10	6	
valor p				
P	0.65	0.54	0.80	
E	0.75	0.50	0.92	
P*E	0.95	0.98	0.93	

Figura 32. Germinação, sementes anormais e mortas de sementes da cultivar Aton submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, em função da população de plantas e espaçamento entre linhas. Fator de conversão de plantas

m^{-1} para plantas por m^{-2} : 5,88 (17 cm) e 4 (25 cm).

Os trabalhos que abordam o efeito da população de plantas sobre a qualidade fisiológica de sementes na cultura do trigo são escassos e, de certa forma, contraditórios, uma vez que é limitado o número estudos nesta temática. Contudo, Vazquez et al. (2008) concluíram que variações na população de plantas de soja (400.000, 340.000, 280.000, 220.000 e 160.000 plantas.ha⁻¹) não interferiram na qualidade fisiológica das sementes produzidas.

Por outro lado, ao se considerar o espaçamento entre linhas de 0,17 e 0,25 a qualidade fisiológica das sementes se comportaram de maneira muito similar, sendo este fator não tendo interferência nos resultados obtidos .

Através da (Figura 33) para os testes de emergência a campo, onde as condições são totalmente adversas e incontroláveis, obtivemos uma média de 79.1 de emergência, onde não houve interação significativa para espaçamento e população de plantas.

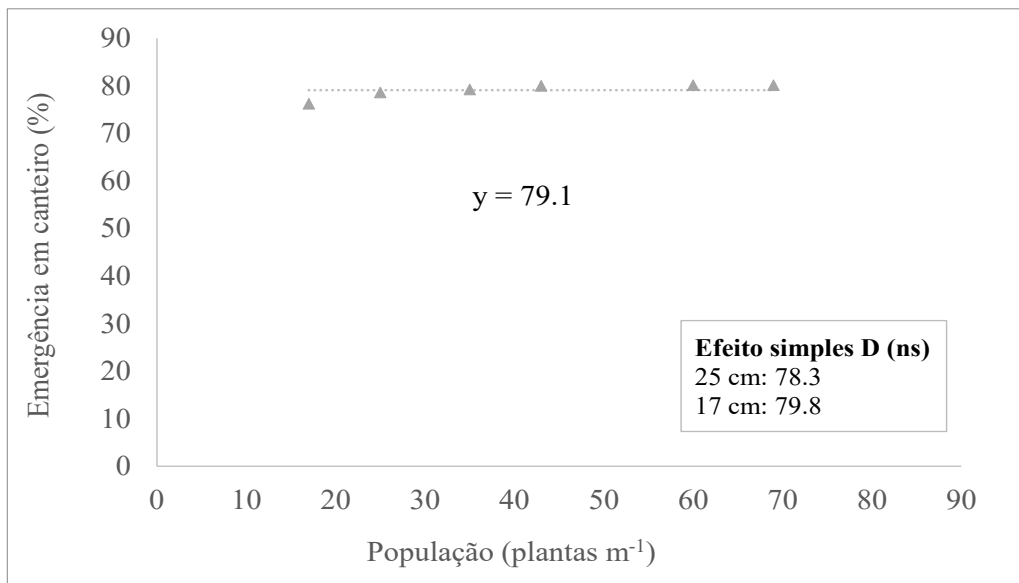


Figura 33. Emergência em canteiro de sementes de trigo da cultivar Aton em função da população de plantas. Fator de conversão de plantas m^{-1} para plantas por m^{-2} : 5,88 (17 cm) e 4 (25 cm).

4.4 Conclusões

Sementes produzidas em maiores populações de plantas apresentam maior germinação.

O vigor das sementes, representado pela primeira contagem de germinação, apresenta máximo desempenho com população de 46 plantas por metro linear

A qualidade de sementes da cultivar Aton® não é influenciada pelo espaçamento entrelinhas.

REFERÊNCIAS

- ABITRIGO. História do trigo – **Trigo no Brasil**. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/conhecimento-trigo.php>. Acesso em abril de 2022.
- ALMEIDA, M.L. de; MUNDSTOCK, C.M. A qualidade da luz afeta o afilamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 401-408, 2001.
- ALMEIDA, M. L.; SANGOI, L.; MEROTTO JUNIOR, A.; ALVES, A. C.; NAVA, C. N.; KNOPP, A. C. Tiller emission and dry mass accumulation of wheat cultivars under stress. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 3, p. 266-270, Maio/Jun., 2004.
- ALVAREZ, C.G.D.; VON PINHO, R.G.; BORGES, I.D. Avaliação de características agrônômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.402-408, 2006.
- 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.
- ARDUINI, I.; MASONI, A.; ERCOLI, L.; MARIOTTI, M. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. **European Journal of Agronomy**, v.25, p.309–318, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. Anuário 2011: **Agricultura sem fronteiras**. 2011. 86 p.
- BAETHGEN, W. Fertilización nitrogenada de cebada cervecera en el litoral oeste del Uruguay. INIA La Estanzuela. **Serie Técnica Nº 24**, 1992.
- BASTOS, L.M.; CARCIOCHI, W.; LOLLATO, R.P.; JAENISCH, B.R.; REZENDE, C.R.; SCHWALBERT, R.; VARA PRASAD, P.V.; ZHANG, G.; FRITZ, A.K.; FOSTER, C.; WRIGHT, Y.; YOUNG, S.; BRADLEY, P.; CIAMPITTI, I.A. Winter Wheat Yield Response to Plant Density as a Function of Yield Environment and Tillering Potential: A Review and Field Studies. **Frontiers in Plant Science**, v.11, p.1-17, 2020.
- 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 outubro de 2022.
- BENIN, G.; PINNOW, C.; SILVA, C.L.; PAGLIOSA, E.S.; BECHE, E.; BORNHOFEN, E.; MUNARO, L.B.; SILVA, R.R. Análises biplot na avaliação de cultivares de trigo em diferentes níveis de manejo. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n.

1, p. 28-36, 2012.

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.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 1992. 365p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 45 de 2013. Brasília, DF: **MAPA/DAS/CSM**, 2013.38 p.

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.

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.

CARON, D. A. PRODUÇÃO DE CULTURAS DE INVERNO (TRIGO E CANOLA) E IMPLANTAÇÃO DE CULTURAS DE VERÃO (MILHO E SOJA). Trabalho de conclusão de curso ,87 f .2011 . **Universidade Federal De Santa Catarina** Florianópolis ,2015 .

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.

CHEN, S.; ZHANG, X.; SUN, H.; REN, T.; WANG, Y. Effects of winter wheat row spacing on evapotranspiration, grain yield and water use efficiency. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 8, p. 1126-1132, Aug., 2010.

COUNCE, P.A.; WELLS, B.R.; GRAVOIS, K.A. Yield and harvest-index responses to pre-flood nitrogen fertilization at low rice plant population. **Journal Production Agriculture**, 1992, 5: 492-497.

CRUSCIOL, C.A.C.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; SILVA, R.H.; GONÇALVES, J.R.P. Densidade de semeadura em cultivo tardio do arroz irrigado por inundação e contribuição do colmo principal e dos perfilhos na produtividade de grãos. **Cultura Agronômica**, v.12, p.9-22, 2003.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.8, n.9, safra 2020/21. **Online**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos>. ISSN: 2318-6852. Acessado em 20 out. 2022.

COVENTRY, D. R. *et al*/Wheat quality and productivity as affected by varieties and sowing time in Haryana, India. **Field Crops Research**, v. 123, n. 3, p. 214-225, 2011.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO DA SBCS. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: NRS/SBCS 11ed.,2016. 376p.

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.

DAVIDSON, D.J.; CHEVALIER, P.M. Preanthesis tiller mortality in spring wheat. **Crop Science**, v.30, p.832-836, 1990.

DIDONET, A.D.; COSTA, J. GOMES C. DA. Populações de plantas e rendimento de grãos em feijoeiro comum de ciclo precoce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n.2, p.105- 109, 2004.

DODD GL & DONOVAN LA. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. **American Journal of Botany** 86: 1146–1153.

DUARTE, T. S.; PEIL, R. M. N. Relações fonte:dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p.271-276, Jul./Set., 2010.

ELHANI, S.; MARTOS, V.; RHARRABTI, Y.; ROYO, C.; GARCÍA DEL MORAL, L.F. Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum turgidum*L.var. durum) grain yield and its components grown in Mediterranean environments. **Field Crops Research**,v.103, n.1, p.25-35,2017. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.05.008>.

ELLO, G.E. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v.41, p.151-159, 2019.

EMBRAPA. A importância do trigo para a sustentabilidade da agricultura brasileira.26/05/2017.< <https://www.embrapa.br/acessoainformacao>>, acesso em 02/12/2022.

EVERS, J.B.; VOS, J.; ANDRIEU, B.; STRUIK, P.C. Cessation of Tillering in Spring Wheat in Relation to Light Interception and Red : Far-red Ratio. **Annals of Botany**, v. 97, p. 649– 658, 2006.

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.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Enhancing N use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v.88, p.97–185, 2005

FAOSTAT/TRADE. **Crops and livestock products**. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>> Acesso em: 29 Jan. 2021.

FAOSTAT/PRODUCTION. **Crops**. Disponível em: www.fao.org/faostat/en/data/QC Acesso em: 27 Jan. 2021.

FISCHER, R.A.; MORENO RAMOS, O.H.; ORTIZ MONASTERIO, I.; SAYRE, K.D. Yield response to plant density, row spacing and raised beds in low latitude spring wheat with ample soil resources: an update. **Field Crops Research**, v.232, p.95–105, 2019.

FIOREZE, S.L.; RODRIGUES, J.D. Componentes produtivos do trigo afetados pela densidade de semeadura e aplicação de regulador vegetal. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p. 39-54, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p39>.

FERREIRA FILHO, A. W. P.; CAMARGO, C. E. de O.; CASTRO, J. L. de; FREITAS, J. G.; Estudo da densidade de semeadura do trigo para o Estado de São Paulo.. In: **REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO**, 14., 1986, Londrina. Resumos... Londrina: IAPAR, 1986. v. 1. p. 95.

FLANDRIN, J. L.; MONTANARI, M. (Dir.). História da alimentação. São Paulo: **Estação Liberdade**, 1998.

FURLANI, A.M.C.; GUERREIRO FILHO, O.; COELHO, R.M.; BETTI, J.A.; FREITAS, S.S. Recomendações da comissão técnica de trigo para 2002. 3.ed. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 2002. 92p. (Série tecnológica APTA. Boletim técnico IAC, 167).

HAWKESFORD, M.J. Improving Nutrient Use Efficiency in Crops. eLS: **John Wiley & Sons**, Ltd. 2012.

HOFFMAN, E.; PERDOMO, C.; ERNST, O.; BORDOLI, M.; PASTORINI, M.; PONS, C.; BORGHI, E. Propuesta para el manejo del nitrógeno en cultivos de invierno en Uruguay, **Informaciones Agronómicas**, v.46, p.13-18, 2010.

HOLEN, D.L.; BRUCKNER, P.L.; MARTIN, J.M.; CARLSON, G.R.; WICHMAN, D.M.; BERG, J.E. Response of winter wheat to simulated stand reduction. **Agronomy Journal**, v.93, p.364-370, 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.

KUHNEM, P.; ROSA, A.C.; WAGNER, F.; ROSA, A.T.S. **Informações técnicas para trigo e triticales** : Safra 2020, Passo Fundo : Biotrigo Genética, 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1123960/informacoes-tecnicas-para-trigo-e-triticales-safra-2020>> Acesso em 15 novembro. 2022.

LAGHARI, G.M.; OAD, F.C.; TUNIO, S.; CHACHAR, Q.; GHANDAH, A.; SIDDIQUI, M.H.; HASSAN, S.W.U.; ALI, A. Growth and yield attributes of wheat at different seed rates. **Sarhad Journal of Agriculture**, v.27, 177–183, 2011.

LAURETTI, L.B.; ANDREOTTI, M.; SILVA, R.H.; GONÇALVES, J.R.P.; BARELLA, C.F. Efeito da densidade de semeadura na participação do colmo principal e dos perfilhos na produtividade da cultura do arroz irrigado por inundação em cultivo tardio na região de Botucatu-SP. In: 1 Congresso Brasileiro de arroz irrigado e XXIII **Reunião da cultura do arroz irrigado**, Pelotas, RS. 1999. Anais... Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 1999, p.227-230.

LIMA, T. C.; MEDINA, P. F.; FANAN, S. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 106-113, 2006.

LIMA, E.V.; CRUSCIOL, C.A.C.; MATEUS, G.P. Participação do colmo principal e dos afillhos na produtividade do arroz irrigado, em função da densidade de semeadura. **Revista Bragantia, Campinas**, v.69, n.2, p.387-393, 2010.

- LIN CC & KAO CH. 1995. NaCl stress in rice seedlings: Starch mobilization and the influence of gibberellic acid on seedling growth. **Botanical Bulletin of Academia Sinica** 36: 169-173.
- LOLLATO, R. P.; EDWARDS, J. T.; OCHSNER, T. E. Meteorological limits to winter wheat productivity in the U.S. Southern Great Plains. **Field Crops Research**, v.203, 212–226, 2017.
- MAGALHÃES JR., A.M. de; FAGUNDES, P.R.R.; FRANCO, D.F.; TERRES, A.L.; SILVA, G.F.S.; TAVARES, L.F. da S. Avaliação preliminar da contribuição do perfilho central de distintos genótipos de arroz irrigado em duas densidades de semeadura na produção de grãos. In: 1 **Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado e XXIII Reunião da cultura do arroz irrigado**, Pelotas, RS. 1999. Anais... Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 1999, p.51-54.
- MARTIN, T. N. *et al* Fitomorfologia e produção de cultivares de trigo duplo propósito em diferentes manejos de corte e densidades de semeadura. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1695-1701, 2010.
- 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 Mudanças. **SIGEF**, 2021. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/sigefsementes/index.htm>. Acesso em 23 out. 2021.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. *In*: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p. cap. 3, p. 1-24.
- MAAS, E.V. et al. Tiller development in salt-stressed wheat. **Crop Science**, Madison, v.34, n.6, p.1594-1603. 1994.
- MENG, Q.; YUE, S.; CHEN, X.; CUI, Z.; YE, Y.; MA, W.; TONG, Y.; ZHANG, F. Understanding Dry Matter and Nitrogen Accumulation with Time-Course for HighYielding Wheat Production in China. **PlosOne**, v.8, e68783, 2013.
- MEROTTO JUNIOR, A. Processo de afilhamento e crescimento de raízes de trigo afetados pela resistência do solo. Porto Alegre, 1995. 114p. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFRGS, 1995.
- MIELEZRSKI, F. et al. Desempenho em campo de plantas isoladas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 139-144, 2008.
- MORO, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; NASCENTE, A.S.; CANTARELLA, H. Teor de nitrogênio inorgânico no solo em função de plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e inibidor de nitrificação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, p.424-435, 2013.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras:**UFLA**, 2002. 626 p.
- MUNIZZI, A. et al. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.
- NAKAYAMA, L. H. I.; FABRICIO, A. D.; SANTOS, R. F. Efeitos de doses e épocas

de aplicação de nitrogênio para a cultura do trigo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO NORTE BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 9, 1983, Brasília. Anais... Dourados. **Embrapa-UEPAE** Dourados, 1983. p.170-174

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.

OVIDO, A.F.P.; HERZ, R.; RUDORFF, B.F.T. Efeito do estresse hídrico e da densidade de plantio no uso da radiação e produtividade da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). **Revista Biociências**, Taubaté, v.7, n. 1, 2001. p. 23-33.

OZTURK, A.; CAGLAR, O.; BULUT, S. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.192, p.10-16, 2006.

PEDROSO, B.A. Efeito do ponto de colheita de duas cultivares de arroz irrigado em quatro densidades de semeadura 1991/1992. In: **Reunião da Cultura do Arroz Irrigado**, 10, 1993, Pelotas. Anais... Pelotas: Cpact, 1993. p.112.

PEDROSO, B.A; REGINATO, M. da P.V. Densidade de semeadura em arroz irrigado. In: **Reunião da Cultura do Arroz Irrigado**, 11., 1981, Pelotas, Anais... Pelotas: UEPAE- Pelotas, 1981, p.141-145.

PEDROSO, B.A . Densidade e espaçamento entre linhas para arroz (*Oryza sativa*) irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.40, n.370, p.56-60, 1987.

PESKE, S. et al. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas – RS, 2003. 1ª edição. 415 p.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

RAGHURAM, N.; SHARMA, N. Improving Crop Nitrogen Use Efficiency. In: MOOYOUNG, M.; GRODZINSKI, B.; MADAN, P.; MARCONE, M. (eds). **Comprehensive Biotechnology: Volume 4, Agricultural and Related Biotechnologies**. 3rd Edition. Pergamon. p. 211-220, 2019.

RAMAGOPAL S. 1990. Inhibition of seed germination by salt and its subsequent effect on embryonic protein synthesis in barley. **Journal of Plant Physiology** 136: 621-625.

ROSSI, R. M.; NEVES, M. F. (Coord.). Estratégias para o trigo no Brasil. São Paulo: **Atlas**, 2004.

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

SIERRA, J.; MARBÁN, L. Nitrogen mineralization pattern of an oxisol of Guadeloupe, French West Indies. **Soil Science Society of American Journal**, v.64, p.2002-2010, 2000.

SANGOI, L. et al. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1564-1570. 2007.

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.1564-1580, 2007.

SANTOS, A.B.; SILVA, M.A.S.; SILVEIRA, P.M.; CARVALHO, G.D.; STONE, L.F. Nitrogen sufficiency index for estimating nitrogen fertilizer requirement of irrigated rice. *Revista Ceres*, v.66, p.422-430, 2019.

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.

SILVA, C.A.; VALE, F.R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2461-2471, 2000.

SEAGRI - SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, IRRIGAÇÃO, REFORMA AGRÁRIA, PESCA E AQUICULTURA. Disponível em . Acesso em 03 novembro de 2022.

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.

SCHEEREN, Pedro Luiz; CUNHA, Gilberto Rocca; QUADROS, Fábio José Siqueira; MARTINS, Luiz Fernando. **Efeito do frio em trigo**. 2000. Acesso em: 01 novembro. 2022.

SOUSA, R.O.; GOMES, A.S.; MARTINS, J.F.S.; PEÑA, Y.A. Densidade de semeadura e espaçamento entre linhas para arroz irrigado no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.1, n.2, p.67-74, 1995.

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

TANAKA, M. A. S.; FREITAS, J. G.; MEDINA, P. F. Incidência de doenças fúngicas e sanidade de sementes de trigo sob diferentes doses de nitrogênio e aplicação de fungicida. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 4, p. 313-317, 2008

TAVARES, L.C.V.; FOLONI, J.S.S.; BASSOI, M.C.; PRETE, C.E.C. Genótipos de trigo em diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, p.166-174, 2014.

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.

VALÉRIO, I. P. et al Desenvolvimento de afillhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 319-326, 2008.

VIGANÓ, J. *et al* Qualidade fisiológica de sementes de trigo em resposta aos efeitos de anos e épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 86-96, 2010.

VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; BENIN,G.; MAIA,L.C.; SILVA,J.A.G.; SCHIMIDT, D.M.; SILVEIRA, G. Fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afillhos em trigo. *Semina: Ciências Agrárias*,v.30, n.1, p. 1207-1218, 2009. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n4Sup1p1207>

VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. de et al. Desenvolvimento de

afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p. 319-326, 2008.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 1-11, 2008.

VIEIRA, R. D.; FORNASIERI FILHO, D.; MINOHARA, L.; BERGAMASCHI, M. C. M. Efeito de doses e de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na produção e na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Científica**, São Paulo, v.23, n.2, p.257-264, 1995.

WANG, Z., JINMIM, F.U., MINGRONG, H.E., YANPING, Y.I.N. E HONGMING, C.A.O. Planting density effects on assimilation and partitioning of photosynthates during grain filling in the late-sown wheat. **Photosyntetica**, v. 33, p. 199-204. 1997.

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.

YOKOYAMA, L. P.; SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Rentabilidade das culturas de milho, soja e trigo em diferentes sistemas de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 75-79, 2002.

YOSHIDA, S. Fundamentals of rice crop science. Los Baños. In. Rice Res, Inst., 1981, 269p.

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

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

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

ZECEVIC, V.; BOSKOVIC, J.; KNEZEVIC, D.; MICANOVIC, D. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.74, p.1- 6, 2014.

ZULUAGA, D.L.; SONNANTE, G. The Use of Nitrogen and Its Regulation in Cereals: Structural Genes, Transcription Factors, and the Role of miRNAs. **Plants**, v.8, p.1-15, 2019