

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Alfredo Henrique Suptiz

**PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE
FINAL DE GRÃOS DO TRIGO**

Frederico Westphalen, RS
2024

Alfredo Henrique Suptiz

**PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE
FINAL DE GRÃOS DO TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *campus* Frederico Westphalen, RS, como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Aprovado em 07 de junho de 2024.

Claudir José Basso, Dr. (UFSM)
(Professor/ Orientador)

Gilvan Moisés Bertollo, Dr. (UFSM)

Duana Cancian Garafini, Ma. (UFSM)

Frederico Westphalen, RS
2024

Alfredo Henrique Suptiz

**PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE
FINAL DE GRÃOS DO TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *campus* Frederico Westphalen, RS, como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Profº Drº. Claudir José Basso

Frederico Westphalen, RS
2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meu pai (Gelio Suptiz), minha mãe (Ivete Zandona Suptiz), meu irmão (Gustavo Hugo Suptiz) e minha cunhada (Carine Meier), os quais sempre me apoiaram nesta caminhada, fornecendo todo suporte e incentivo para que conseguisse chegar até aqui. E ao meu sobrinho e afilhado (Henrique Suptiz), que chegou trazendo ainda mais, felicidade, amor, carinho, união e afeto a nossa família! A família é o pilar de tudo! Amo muito vocês!!!

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo agradeço a DEUS, por conceder-me o dom da VIDA, pela proteção, saúde e por sempre estar comigo em toda minha caminhada.

Aos meus pais Gelio Suptiz e Ivete Zandona Suptiz que sempre me apoiaram nesta caminhada, fornecendo todo suporte, incentivo e motivação para que meu sonho se tornasse realidade!!!

Ao meu irmão Gustavo Hugo Suptiz, por todo apoio, conselhos e ajudas! tenho certeza que o Henrique terá muito orgulho do pai que tem! Me inspiro muito em ti e te admiro muito meu irmão!!!

A minha cunhada Carine Meier, por todas as ajudas e conselhos! Se não fosse pelo puxão de orelha teu e do Gustavo para mim continuar estudando talvez não teria chegado até aqui e realizado o sonho de obter o título de engenheiro agrônomo!!!

Agradeço a todos os meus amigos e colegas que estiveram ao meu lado durante esta caminhada, em especial agradeço aos meus amigos, Kelvin Dalla Nora, Lucas de Mattos, Maurício Bonatti, Pedro Rockenbach e Ruan Bortolotto, por toda a parceria e ajuda durante a graduação. Podem ter certeza que sem a amizade de vocês a caminhada seria mais difícil!!!

Ao grupo PET Ciências Agrárias e a todos os membros pela oportunidade de fazer parte desta família! Tenho certeza que o grupo fez muita diferença não só na minha formação acadêmica, mas também pessoal e profissional, tenho muito orgulho de dizer que faço parte do grupo PET ciências agrárias, um grupo de excelência e que é formado por pessoas acima de tudo muito humanas e extremamente diferenciadas! Como sempre falamos com os petianos egressos uma vez petiano sempre petiano!!!

Aos grupos de pesquisa Plantas de lavoura e Melhoramento de plantas e a todos os integrantes, pela parceria, amizade, ensinamento e toda ajuda durante o desenvolvimento e avaliação dos experimentos conduzidos!!!

Ao meu orientador Dr. Claudir José Basso, por todos os conselhos, feedback, conhecimento transmitido e por auxílio e apontamentos durante a elaboração deste trabalho. Quando escolhemos um orientador buscamos não somente por uma área de atuação, mas sim por pessoas que são exemplo que levaremos para a vida! Muito obrigado por tudo professor!!!

Por fim agradeço a Universidade Federal de Santa Maria pela educação gratuita e de qualidade! E a aos professores e funcionários da UFSM campus Frederico Westphalen que contribuíram para a minha formação!!!

Família é a base de qualquer pessoa. É onde se aprende não só os primeiros passos, mas as primeiras lições de vida, é refúgio quando o mundo se torna sem graça ou perigoso, é proteção quando nos sentimos ameaçados, mas, antes de tudo, é o reflexo de quem somos, é nossa essência. E não há nada que nos faça sentir tão bem quanto a nossa família!

- Desconhecido

RESUMO

PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE FINAL DE GRÃOS DO TRIGO

AUTOR: Alfredo Henrique Suptiz

ORIENTADOR: Prof. Dr. Claudir José Basso

A cultura do trigo é extremamente responsiva a adubação nitrogenada, porém, o alto custo dos fertilizantes nitrogenados minerais, aliado as preocupações com a poluição ambiental e os anseios mediante a pratica de uma agricultura sustentável, tem aumentado a utilização de fontes alternativas de nitrogênio (N) nos sistemas de produção, tornando a utilização de plantas de cobertura no período de vazio outonal uma excelente opção de aporte de N para a cultura sucessora. O objetivo do estudo foi avaliar a produtividade final de grãos da cultura do trigo em resposta a diferentes plantas de cobertura e doses de nitrogênio. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2023 na área experimental do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* de Frederico Westphalen/RS. O delineamento experimental empregado, foi de blocos ao acaso (DBA), disposto em um bifatorial 4 X 4 em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais, com três repetições, antecedendo a cultura do trigo, foram implantados: aveia preta (AP), trigo mourisco (TM), nabo forrageiro (NF) e pousio (PO) como testemunha. Posteriormente a semeadura do trigo as parcelas principais foram subdivididas em subparcelas, sendo utilizado quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) durante o ciclo da cultura do trigo. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para determinar os possíveis efeitos de tratamentos e interação. Quando verificado efeito significativo pelo teste F (p<0,05), foram procedidas as devidas análises complementares, sendo aplicado o teste de comparação múltipla de médias Scott-Knott (p<0,05) para o fator manejo e, ajustadas regressões polinomiais para o fator doses de nitrogênio. Para o fator doses de nitrogênio foi observado efeito significativo para as variáveis altura de planta (AP), número de espiguetas por espiga (NEE) e Produtividade final de grãos (Prod). A produtividade de grãos do trigo foi influenciada significativamente apenas pelo fator doses de nitrogênio, não havendo resposta significativa do cultivo do trigo em sucessão as plantas de cobertura. Quanto a dose de nitrogênio, o ponto de máxima eficiência técnica na produtividade de grãos foi observado com aplicação de 19,52 kg ha⁻¹, sendo obtida a maior produtividade do trigo quando aplicado 50 kg ha⁻¹ de N, em sucessão ao trigo mourisco.

Palavra-Chave: *Triticum aestivum*. Aporte de nitrogênio. Produtividade. Ciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

COVER CROPS AND NITROGEN DOSES ON THE FINAL GRAIN YIELD OF WHEAT

AUTHOR: Alfredo Henrique Suptiz

ADVISER: Prof. Dr. Claudir José Basso

The wheat crop is extremely responsive to nitrogen fertilization, but the high cost of mineral nitrogen fertilizers, combined with concerns about environmental pollution and the desire to practice sustainable agriculture, has increased the use of alternative sources of nitrogen (N) in production systems, making the use of cover crops in the autumnal fallow period an excellent option for providing N to the successor crop. The aim of the study was to evaluate the final grain yield of the wheat crop in response to different cover crops and doses of nitrogen. The experiment was conducted in the 2023 agricultural year in the experimental area of the Department of Agronomic and Environmental Sciences at the Federal University of Santa Maria, Frederico Westphalen Campus/RS. The experimental design used was a randomized block design (RBL), arranged in a 4 X 4 bifactor in subdivided plots, with four repetitions. The main plots, with three replications, were planted before the wheat crop: Black oats (AP), Buckwheat (TM), Turnip rape (NF) and fallow (PO) as a control. After sowing the wheat, the main plots were subdivided into subplots, using four doses of nitrogen (0, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹) during the wheat crop cycle. The data was submitted to analysis of variance (ANOVA) to determine the possible effects of treatments and interaction. When a significant effect was found by the F test ($p < 0.05$), further analysis was carried out using the Scott-Knott multiple mean comparison test ($p < 0.05$) for the management factor and polynomial regressions for the nitrogen dose factor. For the nitrogen dose factor, a significant effect was observed for the variables AP, NEE and Prod. Wheat grain yield was only significantly influenced by the nitrogen dose factor, and there was no significant response to wheat grown in succession to cover crops. As for the dose of nitrogen, the point of maximum technical efficiency in grain yield was observed with an application of 19.52 kg ha⁻¹, and the highest wheat yield was obtained when 50 kg ha⁻¹ of N was applied in succession to buckwheat.

Key-words: *Triticum aestivum*. Nitrogen input. Productivity. Nutrient cycling.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Croqui da área experimental	22
FIGURA 2 - Comprimento da espiga (a) e número de grãos por espiga (b) do trigo submetido a quatro doses de nitrogênio e cultivado sob quatro plantas de cobertura.....	28
FIGURA 3 - Altura de planta (a) e número de espiguetas por espiga (b) do trigo cultivado sob quatro manejos de Plantas de Cobertura.....	29
FIGURA 4 - Altura de planta (a) e número de espiguetas por espiga (b) do trigo submetido a quatro doses de nitrogênio. PMET: ponto de máxima eficiência técnica.....	30
FIGURA 5 - Produtividade de grãos do trigo submetido a quatro doses de nitrogênio. PMET: ponto de máxima eficiência técnica.....	31
FIGURA 6 - Acamamento na cultura do trigo, após a ocorrência de fortes rajadas de vento e precipitação torrencial na área experimental no dia 16 de outubro de 2023.....	32

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Resumo da análise de variância e significância do quadrado médio do erro para as fontes de variação (FV) e coeficiente de variação (CV), para os componentes de rendimento do trigo.....	25
TABELA 2 - Comprimento de espiga e número de grãos por espiga do trigo cultivado em quatro condições de manejo de cobertura e quatro doses de nitrogênio.....	26
TABELA 3 - Produção de MS e Acúmulo de N na parte aérea das plantas de cobertura.....	27
TABELA 4 - Produtividade de grãos do trigo do trigo cultivado em quatro condições de manejo de cobertura e quatro doses de nitrogênio.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO TRIGO	13
2.2 IMPORTÂNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO TRIGO .	14
2.1.1 Estratégia e manejo de N na cultura do trigo	15
2.3 PLANTAS DE COBERTURA NO PERÍODO DE VAZIO OUTONAL.....	16
2.3.1 Aveia-preta como planta de cobertura	18
2.3.2 Nabo forrageiro como planta de cobertura	19
2.3.3 Trigo mourisco como planta de cobertura	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5. CONCLUSÕES	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*), é uma gramínea de ciclo anual, cultivado em grande parte do mundo, utilizado na alimentação animal e humana e na produção de um grande número de derivados, como pães, massas e biscoitos. Além disso, especificamente para a região sul do Brasil, a cultura do trigo é uma das opções mais utilizadas pelos produtores rurais no período de inverno, devido aos inúmeros benefícios proporcionados à cultura sucessora, além de ser uma importante opção de renda.

O mundo demanda cada vez mais alimentos, e cabe a nós engenheiros agrônomos juntos dos produtores e demais responsáveis envolvidos na cadeia produtiva, encontrar e implementar formas de aumentar a produção de alimentos de maneira sustentável, a fim de garantir a segurança alimentar da população mundial. A ONU/FAO estimam que para atender a demanda mundial de alimentos por volta do ano 2050, será necessário um aumento de 60% a 70% sobre a produção atual de grãos, carnes, frutas e hortaliças (OLINGER, 2015).

A adubação nitrogenada é considerada uma das práticas mais importantes da cultura, uma vez que o Nitrogênio (N) é uma das bases para se atingir altas produtividades, sendo este o nutriente necessário e absorvido em maior quantidade pelas gramíneas (FACCO; MURARO, 2021). O manejo nutricional adequado e equilibrado, além de grande incremento em produtividade e qualidade de grãos de trigo, também pode tornar a planta mais resiliente. De maneira geral é necessário 33 kg de N por tonelada de grãos produzidos (FACCO; MURARO 2021).

Além disto, o alto custo dos fertilizantes nitrogenados minerais, as preocupações com a poluição ambiental e os anseios mediante uma agricultura sustentável (SÁ *et al.*, 2017), estão impulsionando a utilização de fontes alternativas de N nos sistemas de produção (GAVIRAGHI *et al.*, 2022). Tornando a utilização de plantas de cobertura no período de vazio outonal uma excelente opção de aporte nutrientes essenciais como o N nos sistemas de produção para a cultura sucessora.

A utilização de plantas de cobertura em períodos que o solo permanece em pousio, além de ter em sua grande maioria um baixo custo de implantação, tem papel fundamental na melhoria do sistema plantio direto (SPD) e um forte potencial de aumentar a produtividade das culturas comerciais trabalhadas em rotação, contribuindo ainda de forma positiva na melhoria da saúde química, física e biológica do solo e na ampliação das taxas de sequestro de carbono (C) dos solos agrícolas (CHERUBIN; BAYER; WILDNER, 2022).

Diante disto, a hipótese que fundamenta este trabalho, é de que a implantação de plantas de cobertura no período de vazio outonal (período de tempo entre a colheita da cultura de verão e a implantação da cultura de inverno), juntamente com diferentes doses de nitrogênio impactam positivamente sobre a produtividade final de grãos do trigo. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade final de grãos do trigo em resposta a diferentes plantas de cobertura e doses de nitrogênio.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum*), é uma gramínea de ciclo anual cultivada em grande parte do mundo, utilizada na alimentação animal e humana. O cereal representa 30% da produção mundial de grãos, além de ser o segundo alimento mais consumido pela humanidade (EMBRAPA TRIGO, 2022).

O grão é fonte de nutrientes essenciais para o pleno funcionamento fisiológico normal do organismo humano, sendo um alimento altamente energético, que se destaca por ser uma das principais fontes de carboidrato e proteínas (EMBRAPA TRIGO, 2009). Sendo o consumo da farinha de trigo e de seus derivados fundamental para uma alimentação saudável e equilibrada.

Há cerca de 10.000 anos A.C o trigo está presente na história da humanidade, com relatos de historiadores de que o início do cultivo do trigo se deu na mesopotâmia, em região conhecida como crescente fértil (na atualidade compreende região que vai do Egito ao Iraque) (SINDITRIGO, 2024). A cerca de 2.000 anos A.C os chineses já conheciam o trigo, utilizando este para fazer farinha, macarrões e pastéis, entretanto, é atribuída a invenção do pão aos Egípcios por volta de 4.000 anos A.C (SINDITRIGO, 2024).

Atualmente o Brasil encontra-se na 12ª posição de maior produtor mundial do cereal, com expectativa de produção de 9,5 milhões de toneladas de trigo na safra 2024, em uma área cultivada de aproximadamente 3,2 milhões de hectares (CONAB, 2024).

A cultura do trigo é uma das opções mais utilizadas pelos produtores no período de inverno na região sul do Brasil, correspondendo a mais de 80% da área com cultivo de grãos no inverno (EMBRAPA TRIGO, 2023). Isso se deve, principalmente, pelos inúmeros benefícios que ela proporciona à cultura sucessora, como uma melhor espacialização dos fertilizantes na lavoura (já que possui menor espaçamento entre linhas de semeadura), pela supressão de plantas daninhas na área, é uma excelente opção de rotação de culturas e pela redução de custos com relação aos manejos fitossanitários na cultura da soja. Além, é claro, de ser uma ótima opção de renda para os agricultores nesse intervalo.

2.2 IMPORTÂNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO TRIGO

A adubação nitrogenada é considerada uma das práticas mais importantes da cultura, tendo em vista que o trigo é altamente responsivo ao manejo de nitrogênio (N), tornando este um dos nutrientes essenciais a das bases para se atingir altas produtividades tanto em termos de biomassa, quanto em grãos. O N é o nutriente absorvido em maiores quantidades pelas plantas, sendo comprovado cientificamente pela pesquisa que o investimento em adubação nitrogenada pode resultar em maior rendimento de grãos (EMBRAPA TRIGO, 2014).

O N é um macronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, uma vez que este nutriente, é um importante agente estrutural, influencia na multiplicação e diferenciação celular, é constituinte de proteínas, aminoácidos, enzimas, ácidos nucleicos, clorofila e hormônios de grande importância como a auxina e a citocinina (CARVALHO *et al*, 2022). Sendo assim, fica evidente que as plantas necessitam de nutrientes para se desenvolverem, caso esses nutrientes presentes no solo não sejam suficientes para suprir a demanda das plantas, se faz necessário a aplicação de fertilizantes químicos capazes de suprir tal deficiência (HASHIMOTO DA SILVA *et al*, 2024).

Durante o período de afilhamento do trigo, o N é o nutriente de maior importância, influenciando este sobre o desenvolvimento das gemas axilares presentes na coroa da planta junto ao solo, potencializando a emissão e a evolução de novos afilhos (CARVALHO *et al*, 2022), além da disponibilidade de N estar diretamente relacionada a produtividade da cultura, mostrando que a sua deficiência pode limitar a produtividade da cultura, isto devido a cultura do trigo ser extremamente responsiva a adubação nitrogenada.

A deficiência de N influencia diretamente no processo de fotossíntese, uma vez que, este nutriente é constituinte de clorofilas e das enzimas Rubisco e PEPcase, causando em casos de deficiência, a redução do conteúdo de clorofila e da atividade de algumas enzimas do ciclo redutivo do carbono. Os sintomas visuais típicos da deficiência de N, são a clorose nas folhas mais velhas das plantas, podendo também ser visualizado redução no porte da planta e crescimento atrofiado, folhas pequenas, ramificação reduzida e floração precoce (BOSCHIERO, 2022). Resultando assim, em plantas mais suscetíveis aos ataques de pragas e doenças.

2.1.1 Estratégia e manejo de N na cultura do trigo

Para a determinação de quantidades, forma e momentos de aplicação do N, o principal critério para tomada de decisão é a análise de solo, se fazendo de fundamental importância a realização da análise de solo da área de cultivo. Conforme orientações do Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016), a quantidade de nitrogênio a ser aplicada na cultura é determinada com base em diversos fatores, incluindo o teor de MO solo, a cultura antecessora e a expectativa de rendimento.

Ainda de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016), sugere-se aplicar 15 a 20 kg ha⁻¹ de N na base e o restante em cobertura, entre os estádios de afilhamento e de alongamento do colmo (período que compreende aproximadamente 30 e 45 dias após a emergência). Em caso de doses elevadas de N, preconiza-se parcelar a adubação nitrogenada em cobertura em duas aplicações, a primeira no início do afilhamento e a segunda no início do alongamento. Isto visando se reduzir perdas de N principalmente por volatilização e lixiviação, além de que duas aplicações possibilitar um melhor sincronismo em termo de disponibilidade de N para as plantas. Por outro lado, aplicação de N, após o período de espigamento e/ou emborrachamento, geralmente, não afeta o rendimento de grãos, porém pode resultar em aumento do teor de proteína desta parte da planta.

Nas regiões de clima quente e de menor altitude (por exemplo, região Missões do estado do Rio Grande do Sul) e quando o trigo é antecedido pela soja, sugere-se, independentemente do teor matéria orgânica do solo, restringir a aplicação a máximo, 40 kg ha⁻¹ de N (base + cobertura), a fim de evitar danos por tombamento da planta, que podem resultar em sérios problemas de acamamento (WIETHÖLTER, 2011).

O N pode ser aportado no sistema de produção via fixação biológica e/ou ciclagem de nutrientes por meio de plantas de cobertura, mineralização da matéria orgânica (MO), aplicação de adubos orgânicos como cama de aves, dejetos Bovinos e suínos e via adubação nitrogenada. Pode-se citar como fertilizantes minerais fontes de N, o nitrato de amônio (32% N), sulfato de amônio (20 % N e 22-24% S) e ureia (45% de N), sendo esta última a mais utilizada a nível de campo pelos produtores da região sul.

2.3 PLANTAS DE COBERTURA NO PERÍODO DE VAZIO OUTONAL

O vazio outonal compreende o período que antecede a semeadura da cultura de inverno, podendo este também ser compreendido como entressafra, pois, é o período de tempo entre a colheita da cultura de interesse no verão e a implantação da cultura de outono/inverno. Período este que pode chegar a ser de até 90 dias (BISOGNIN, 2015). A nível de campo tem se visualizado que o vazio outonal se caracteriza pela não utilização das áreas agrícolas em pré-semeadura do trigo devido a inexistências de plantas com alto interesse comercial no período, por vez, a prática irá favorecer a redução da microbiota do solo, além de intensificar o desenvolvimento de plantas daninhas e deixar o solo exposto durante um longo período.

Entre a colheita da safra de verão e a semeadura da cultura do trigo no outono/inverno é de grande importância evitar vazio outonal, se trabalhando com a implantação de alguma espécie de cobertura de solo como forma de ciclagem de nutrientes liberados pela decomposição da palhada da cultura de verão. Conforme Cherubin, Bayer e Wildner (2022), as plantas de cobertura ao ocuparem áreas agrícolas em períodos do ano em que o solo permanece em pousio têm papel fundamental para a melhoria da qualidade do Sistema plantio direto (SPD). Estes autores ainda destacam que além do baixo custo de implantação das plantas de cobertura, estas tem um forte potencial de aumentar a produtividade das culturas trabalhadas em sucessão (com ganhos de até 20%), contribuem na melhoria da saúde química, física e biológica do solo (que são os responsáveis pelo funcionamento do solo como ecossistema vivo) e na ampliação das taxas de sequestro de carbono (C) dos solos agrícolas.

O cultivo de plantas de cobertura promove o controle da erosão (por reduzir a força de impacto da chuva com o solo) e uma melhor resistência do solo a degradação, proporcionada pela ação tanto da parte aérea como do sistema radicular das plantas de cobertura, isto, devido a presença e crescimento de raízes diversificadas promoverem alterações na estrutura do solo, favorecendo a formação de agregados estáveis e a formação de bioporos, que regulam os fluxos de ar e água no solo, proporcionando aumentar a capacidade de retenção de água no solo pelo aumento dos espaços porosos (CHERUBIN *et al*, 2022).

A cobertura de solo com uso da palhada, contribuí para evitar a erosão do solo, lixiviação de nutrientes e serve para o controle de plantas daninhas por meio da ação de competição (PIRES, 2017).

Os benefícios de se trabalhar com plantas de cobertura vão além de cobrir o solo. A cobertura auxilia na regulação térmica do solo, na redução da evapotranspiração e no controle

de plantas daninhas, por meio do efeito alelopático ou atuando como barreira física reduzindo o fluxo de emergência de plantas daninhas (CHERUBIN *et al*, 2022).

Por outro lado, o aporte de palhada via plantas de cobertura e sua consequente influência sobre o aumento MO exerce grande importância no ambiente de produção. Isto devido a MO ser considerada uma fonte fundamental de nutrientes, disponibilizando elementos essenciais as plantas, como nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S) (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015). Além disto, de acordo com Vieira (2017), “aproximadamente 95% do N presente no solo encontra-se na forma orgânica”, não estando este prontamente disponível para as plantas, necessitando ser mineralizado.

Conforme Cherubin *et al* (2022), o cultivo de plantas de cobertura principalmente leguminosas, contribuem para a fixação de N através da associação com microrganismos. Já por outro lado, as plantas de cobertura não leguminosas (por exemplo gramíneas) reduzem a lixiviação de nitrato ao incorporar o N em sua biomassa.

Em estudo realizado por Sartori (2023), na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* de Frederico Westphalen, no ano agrícola de 2022, trabalhando com manejos de plantas de cobertura contendo: aveia preta, nabo forrageiro e trigo mourisco em pré-semeadura do trigo, este observou um acúmulo de N na massa seca da parte aérea das plantas de cobertura de 83,1 kg ha⁻¹, 104,2 kg ha⁻¹, e 5,07 kg ha⁻¹ respectivamente, sendo atribuído o baixo acúmulo de N na parte aérea do trigo mourisco devido a morte da cultura ocasionada pela geada.

Para a escolha das plantas de cobertura é necessário analisar as características e necessidades da área a ser semeada, procurando evitar trabalhar com culturas que possam vir a ser hospedeiras de pragas e doenças, o que pode resultar em um aumento do potencial de inóculo, sendo um sério problema para a cultura sucessora de interesse comercial. Deve-se priorizar culturas com rápido estabelecimento e desenvolvimento inicial, com boa produção de massa seca de qualidade, com sistema radicular agressivo, grande potencial de ciclagem de nutrientes e principalmente que facilitem a produção de sementes de qualidade a um baixo custo (KLEIN *et al.*, 2010), devendo sempre se trabalhar sementes de qualidade e procedência.

A cultura de cobertura de solo adequada deve apresentar alta capacidade de produção de matéria seca, relação carbono/nitrogênio (C/N) equilibrada, não retirar N disponível ou imobilizar este para a cultura de interesse comercial em função de sua própria decomposição e decompor-se lentamente, a fim de permitir maior período de cobertura de solo, conferindo

proteção do solo contra os efeitos do ambiente, da erosão e da emergência de plantas daninhas (CERETTA *et al.*, 2002; RIZZARDI; SILVA, 2006).

2.3.1 Aveia preta como planta de cobertura

A aveia preta (*Avena strigosa*) é uma gramínea de ciclo anual, pertencente à família Poaceae. Esta é indicada como planta de cobertura por possuir alta capacidade de perfilhamento e rápido crescimento, podendo atingir rendimento de 7,5 a 10 t/ha de matéria seca (MS), associado a um sistema radicular fasciculado profundo, que permite reciclar potássio (K) das camadas profundas do solo e disponibilizar estes na camada superficial. Além disto, embora esta não seja uma leguminosa, apresenta alto potencial de acúmulo e reciclagem de N, podendo vir a reciclar no solo cerca de 80 a 130 kg ha⁻¹ de N, 12 kg ha⁻¹ de P e até 200 kg ha⁻¹ de K (CHERUBIN *et al.*, 2022).

Em trabalho desenvolvido no município de Marechal Cândido (Região Oeste do Estado do Paraná) Crusciol *et al.* (2002), observaram ao manejar a aveia preta 30 dias após a emergência um acúmulo de N, P e K de 70,1 kg ha⁻¹, 14,7 kg ha⁻¹ e 88,4 kg ha⁻¹ respectivamente, expressando através destes valores as quantidades substanciais de N, P e K reciclados pela aveia preta em um curto período de desenvolvimento. Ocorrendo a máxima liberação de N aos 63 dias após o manejo da aveia preta. Nessa mesma linha de estudo, Wolschick *et al.* (2016), observaram em experimento conduzido no Campus III da Universidade do Estado de Santa Catarina (localizado no município de Lages), um acúmulo na parte aérea de N, P, K, Ca e Mg respectivamente de 91,6 kg ha⁻¹, 19,5 kg ha⁻¹, 280,4 kg ha⁻¹, 41,4 kg ha⁻¹ e 37,6 kg ha⁻¹. Além disto estes observaram que os cultivos de aveia preta, ervilhaca comum e o consórcio produzem maior massa seca de parte aérea entre os manejos trabalhados, enquanto a aveia preta produziu maior massa de raízes aos 60 DAE (dias após a emergência das plantas) o cultivo de aveia preta cobriu 54% da superfície do solo. Dos estudos mostrados anteriormente fica evidente a importância da aveia preta na ciclagem de nutrientes como o nitrogênio, mas principalmente do potássio.

2.3.2 Nabo forrageiro como planta de cobertura

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), é uma espécie anual, pertencente à família Brassicaceae. É amplamente utilizada como planta de cobertura, devido a sua alta capacidade de reciclagem de nutrientes (principalmente P e N), juntamente com um sistema radicular pivotante e bem desenvolvido capaz de romper camadas de solo compactadas superiores a 2,5 m, além de apresentar características alelopáticas capaz de inibir a emergência e o desenvolvimento de uma série de plantas invasoras indesejáveis (CHERUBIN *et al.*, 2022). Possui palhada com baixa relação C:N, resultando em uma rápida decomposição, liberação e disponibilização dos nutrientes. Contendo um acúmulo médio de N, P, K e Ca de respectivamente 63,5 kg ha⁻¹, 4,5 kg ha⁻¹, 78,5 kg ha⁻¹ e 35,5 kg ha⁻¹, os quais serão disponibilizados ao solo e conseqüentemente a cultura em sucessão após a decomposição de sua palhada (CHERUBIN *et al.* 2022).

Quando manejado o nabo forrageiro em SPD (dessecação + utilização de rolo faca) 30 DAE, Crusciol *et al.* (2005), observaram que até o florescimento em cultivo de inverno o nabo teve elevada produção de MS (2.938 kg ha⁻¹), associado a um acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S de respectivamente 57,2 kg ha⁻¹, 15,3 kg ha⁻¹, 85,7 kg ha⁻¹, 37,4 kg ha⁻¹, 12,5 kg ha⁻¹ e 14,0 kg ha⁻¹. Estes ainda citam que a maior velocidade de liberação de macronutrientes do nabo forrageiro ocorreu entre 10 e 20 dias após o manejo da fitomassa, sendo os nutrientes disponibilizados em maiores quantidades e velocidade para a cultura em sucessão K e N. Vale destacar que é amplamente característico do nabo forrageiro uma rápida decomposição e disponibilização dos nutrientes de seus restos culturais a cultura em sucessão.

2.3.3 Trigo mourisco como planta de cobertura

O trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*), é uma planta dicotiledônea de ciclo curto pertencente à família Polygonaceae. Planta rústica, tolerante à acidez, com bom desenvolvimento em solos pobres, juntamente com um sistema radicular pivotante que contribui para formação de bioporos e alta capacidade de ciclar P e K das camadas subsuperficiais, disponibilizando estes na camada superficial do solo (CHERUBIN *et al.*, 2022). Períodos de até 57 dias permitem a expressão do potencial de produção de massa seca e também acúmulo de nutrientes pelo trigo mourisco (LINK, 2020).

Se demonstrando este como uma grande opção de planta de cobertura, além de ser uma excelente ferramenta no combate aos nematóides, inibindo a reprodução de *Pratylenchus* e suprimindo o desenvolvimento em 90% de formas juvenis de *Meloidogyne e Incógnita* (CHERUBIN *et al.*, 2022). Levando em consideração que o trigo mourisco pertence a uma família (Polygonaceae) diferente da maioria das culturas do país, este pode vir a ser utilizado para interromper o ciclo das principais pragas e doenças que atacam as culturas brasileiras (PLACIDO, 2015).

Klein *et al.* (2010), observaram que o trigo mourisco atingiu na primeira coleta de massa verde até 30 Mg ha⁻¹ e massa seca de até 7 Mg ha⁻¹ com altura de até 1,30 m aos 72 DAS (dias após a semeadura). Na segunda coleta de material vegetal a produção de massa seca ultrapassou 8 Mg ha⁻¹ para o cultivar precoce aos 79 DAS. Além disto, estes verificaram um acúmulo de N e K de respectivamente de 112 kg ha⁻¹ e 214 kg ha⁻¹, mostrando a elevada capacidade da planta em reciclar nutrientes como o N e o K, os quais estão mais sujeitos a perdas por lixiviação, enxurrada ou volatilização. Se demonstrando o trigo mourisco como uma grande alternativa de planta de cobertura.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

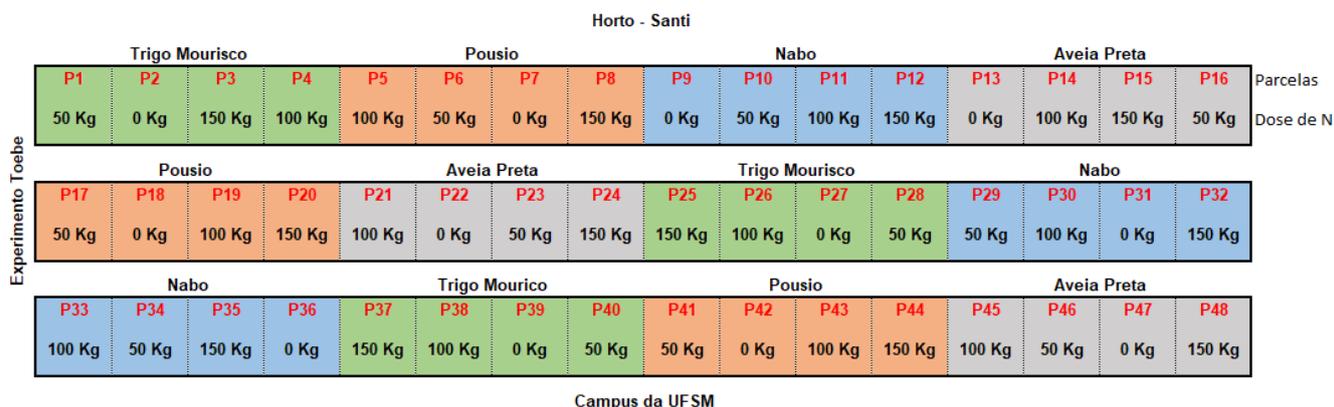
O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2023 na área experimental do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, situada a Noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A localização geográfica do experimento é: latitude 27°23'51,4''S, longitude 53°25'39,5'' e com altitude de 490 m. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (Santos *et al.*, 2013) e o clima como Cfa de acordo com Köppen (Alvares *et al.*, 2013).

Afim da instalação do experimento, no ano de 2022 foi realizada a coleta de amostra de solo e encaminhada esta a laboratório a fim de ser realizada a análise química do solo, conferindo o seguinte resultado: teor de argila: 77%; pH (H₂O): 5,6; P: 8,0 mg dm⁻³; K: 82,5 mg dm⁻³; Ca: 8,8 cmolc dm⁻³; Mg: 4,9 cmolc dm⁻³; e 3,7% de MO.

O delineamento experimental empregado, foi de blocos ao acaso (DBA), disposto em um bifatorial 4 X 4 em parcelas subdivididas, com quatro repetições. A área experimental possui as dimensões de 74 x 21 m, resultando em uma área total trabalhada de 1.554 m², desta 5 m em volta de todo o experimento continha bordadura, a fim de evitar ação do ambiente externo sobre as variáveis estudadas. Nas parcelas principais de 16 x 3,20 m foram implantados quatro manejos de cobertura de solo aveia preta (AP), trigo mourisco (TM), nabo forrageiro (NF) e pousio (PO), com 3 repetições que antecederam a semeadura da cultura do trigo (cultura principal). Posteriormente a semeadura do trigo as parcelas principais foram subdivididas em subparcelas de 3,20 x 4,0 m, nas quais se trabalhou com a aplicação de quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) durante o ciclo da cultura principal e totalizando 48 unidades experimentais.

Na pré-semeadura das plantas de cobertura, foi realizada a dessecação da área experimental, com Glifosato (3 L ha⁻¹) + ALLY® (5 g ha⁻¹) em um volume de calda de 100 L ha⁻¹. Posteriormente, no dia 28 de abril de 2023, com o auxílio de um conjunto tratorizado com semeadura de inverno contendo 17 linhas espaçada em 0,17 m, realizou-se a semeadura das coberturas de solo: Aveia preta, Nabo forrageiro e Trigo mourisco, nas respectivas densidades, 110 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹. Sendo o pousio mantido livre de qualquer planta durante todo o período de desenvolvimento das plantas de cobertura. A disposição dos manejos no campo experimental está representada na Figura 1.

Figura 1 - Croqui da área experimental



Fonte: Elaborado pelo autor

Para o controle de plantas daninhas em pós emergência das plantas de cobertura, no dia 1 de junho de 2023, foi realizada a aplicação do herbicida Cletodin (500 ml ha^{-1}) nas parcelas contendo nabo e Trigo mourisco, do herbicida ALLY[®] (5 g ha^{-1}) nas parcelas contendo Aveia preta e dos herbicidas Cletodin (500 ml ha^{-1}) + ALLY[®] (5 g ha^{-1}) no pousio em um volume de calda de 100 L ha^{-1} . Tendo como objetivo com este manejo, manter as plantas de cobertura livres de plantas daninhas competidoras, como o nabo voluntário e azevém para o manejo com aveia preta, aveia voluntária e azevém nos manejos com nabo forrageiro e trigo mourisco e principalmente manter o pousio livre do desenvolvimento de plantas durante o período.

Nos manejos de cobertura de solo foi realizada a avaliação do Acúmulo de MS e de N na parte aérea das plantas cobertura em estágio de pleno florescimento. Para isto no dia 6 de julho de 2023 foi efetuada a coleta em dois pontos aleatórios de cada parcela principal de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,50 \times 0,50 \text{ m}$) da parte aérea das plantas de cobertura. As amostras coletadas foram levadas a estufa e secas a 65°C até atingirem peso constante, em sequência determinou-se as variáveis estudadas.

Posteriormente a coleta da parte aérea das plantas de cobertura, no dia 7 de julho de 2023, realizou-se a dessecação das mesmas com Glifosato (3 L ha^{-1}) + ALLY[®] (5 g ha^{-1}) em um volume de calda de 100 L ha^{-1} . Para a determinação das doses de P e K a ser aplicados na cultura principal, levou-se em consideração as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016) para uma expectativa de rendimento de $4 \text{ toneladas (t) ha}^{-1}$.

A semeadura da cultura do trigo foi realizada no dia 19 de julho de 2023, com a cultivar TBIO Audax, em espaçamento entre linhas de $0,17 \text{ m}$ e densidade de semeadura de 180 kg ha^{-1} . A adubação de base junto a linha de semeadura foi composta por 330 Kg ha^{-1} de super fosfato

simples (18% de P₂O₅, 16% de Ca e 10% de S) e posterior aplicação a lanço logo após a semeadura 180 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (60% de K₂O).

Em relação a adubação nitrogenada as doses aplicadas na cultura do trigo foram de 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N respectivamente, sendo utilizado como fonte de N mineral a ureia (45% de N). Nos tratamentos trabalhados sobre os diferentes manejos de cobertura de solo que continham as doses 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N, realizou-se a aplicação de 20 Kg de N na base a lanço logo após a semeadura do trigo e o restante da dosagem referente a cada tratamento foi aplicado em cobertura em aplicação única no estágio de perfilhamento da cultura (aproximadamente 35 DAE).

Durante o desenvolvimento da cultura do trigo, realizou-se constante monitoramento visando o pleno desenvolvimento fisiológico normal da cultura, sem sofrer ação de pragas doenças e plantas daninhas. Trabalhou-se com aplicações frequentes de fungicidas registrados no ministério da agricultura pecuária e abastecimento (MAPA), com foco principal sobre ferrugem da folha, giberela e manchas.

Na cultura do trigo foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de planta (AP), comprimento de espiga (CE), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE) e produtividade final de grãos (Prod). Para determinar AP, em pré-colheita do trigo foram mediadas 10 plantas aleatórias (haste principal) medindo-se da superfície do solo até a base da espiga (sem medir as aristas). Em sequência foram coletadas 10 plantas (haste principal) aleatórias de cada subparcela, para avaliação em laboratório dos demais componentes de rendimento. Sendo considerado: CE a medida da base até o ápice da espiga, NEE e NGE realizou-se a contagem manual de cada um dos componentes.

Para a avaliação da produtividade final de grãos, no dia 7 de novembro de 2023, foram coletadas 8 linhas centrais de 3 m (4,08 m²) de cada subparcela, descartando 0,5 m lineares de bordadura de ambos os lados. Procedido de trilha tratorizada do material coletado e posterior determinação de umidade de grãos de todas as amostras, por meio de determinador de umidade GEHAKA AGRI (modelo G600), com o objetivo de corrigir o peso de grãos expresso em kg ha⁻¹ a 13% de umidade.

Os dados foram inicialmente analisados quanto a aderência dos resíduos a distribuição normal e a homogeneidade das variâncias residuais, por meio dos testes de Shapiro Wilk (p<0,05) e Bartlett (p<0,05), os quais identificaram o atendimento dos pressupostos estatísticos. Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para determinar os possíveis efeitos de tratamentos e interação. Quando verificado efeito significativo pelo teste

F ($p < 0,05$), foram procedidas as devidas análises complementares, sendo aplicado o teste de comparação múltipla de médias Scott-Knott ($p < 0,05$) para o fator manejo e, ajustadas regressões polinomiais para o fator doses de nitrogênio. As análises foram realizadas e os gráficos confeccionados com o auxílio do software R (R core Team, 2022), utilizando os pacotes ExpDes (Ferreira et al., 2021), MASS (Venables & Ripley, 2002), ggplot2 (Wickham, 2016) e cowplot (Wilke, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a análise de variância (ANOVA) houve interação significativa para as variáveis CE e NGE (Tabela 1). Ao analisar os efeitos principais, foi observada significância de manejo para AP e NEE. Para o fator doses de nitrogênio foi observado efeito significativo para as variáveis AP, NEE e Prod.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância e significância do quadrado médio do erro para as fontes de variação (FV) e coeficiente de variação (CV), para os componentes de rendimento do trigo.

FV	GL	AP	CE	NEE	NGE	Prod
Manejo	3	44.576*	0.155	1.339*	5.401	57852.000
Bloco	2	79.396*	0.669	1.673*	9.090	222723.000*
Erro a	6	3.035	0.323	0.236	15.169	43184.000
Doses	3	82.632*	1.689*	4.528*	71.185*	397329.000*
Manejo x Doses	9	4.521	0.257*	0.372	11.536*	50118.000
Erro b	24	8.486	0.106	0.429	4.728	23474.000
CV 1 (%)	.	2.614	7.040	3.369	14.13	18.54
CV 2 (%)	.	4.371	4.029	4.538	7.89	13.67

GL: graus de liberdade; AP: altura de planta (cm); CE: comprimento da espiga (cm); NEE: número de espiguetas por espiga; NGE: número de grãos por espiga; e Prod: produtividade (kg ha⁻¹).

*Significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro.

Ao analisar a influência da cobertura de solo no comprimento da espiga de trigo para cada dose de nitrogênio aplicada, não foram observadas diferenças significativas independentemente do manejo (Tabela 1). Em contraponto, para a variável número de grãos por espiga (Tabela 2), as coberturas de Trigo Mourisco e Aveia preta para a dose de 100 kg de N ha⁻¹, resultaram em valores superiores, porém sem diferirem entre si. Para as demais doses, não foram verificadas diferenças significativas.

Tabela 2 – Comprimento de espiga e número de grãos por espiga do trigo cultivado em quatro condições de manejo de cobertura e quatro doses de nitrogênio.

Manejo	Doses de N (kg ha ⁻¹)			
	0	50	100	150
	Comprimento da espiga (cm)			
Nabo	7,667 a	8,233 a	8,433 a	8,367 a
Trigo Mourisco	7,567 a	7,733 a	8,800 a	8,433 a
Pousio	7,800 a	8,400 a	8,033 a	8,000 a
Aveia	7,233 a	7,767 a	8,500 a	8,167 a
	Número de grãos por espiga			
Nabo	30,033 a	31,300 a	25,633 b	25,333 a
Trigo Mourisco	27,967 a	30,500 a	30,367 a	23,967 a
Pousio	29,367 a	29,950 a	23,667 b	25,600 a
Aveia	27,133 a	28,833 a	28,567 a	22,867 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade de erro.

A MS produzida pelas plantas de cobertura (Tabela 3) foi de 2,27 ton ha⁻¹ (2267 kg) para a aveia preta, 3,73 ton ha⁻¹ (3729 kg) para o nabo forrageiro e 1,87 ton ha⁻¹ (1867 kg) para o trigo mourisco, tendo um acúmulo respectivamente de 29,83, 76,29 e 18,20 kg ha⁻¹ de N na massa seca da parte aérea da planta de cobertura.

O acúmulo de N na parte aérea dessas culturas é descrito por autores como Sartori (2023), que verificou uma produção de MS de 3,5 t ha⁻¹ para a aveia preta, 5,1 t ha⁻¹ para o nabo forrageiro e 0,5 ton ha⁻¹ para o trigo mourisco, obtendo acúmulo de N na MS de 83,1, 104,2 e 5,07 kg ha⁻¹ respectivamente. Klein *et al.* (2010), observaram que o acúmulo de N e K de respectivamente de 112 e 214 kg ha⁻¹ na MS da parte aérea do trigo mourisco. Enquanto Wolschick *et al.* (2016) verificaram para as culturas do nabo forrageiro e aveia preta acúmulo de MS na parte aérea de 4,26 Mg ha⁻¹ e 9,91 Mg ha⁻¹, tendo acúmulo de N de 74,6 e 91,6 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Tabela 3 - Produção de MS e Acúmulo de N na parte aérea das plantas de cobertura.

Manejo	Matéria Seca (ton ha⁻¹)	Acúmulo de N (kg ha⁻¹)*
Aveia Preta	2,27	29,83
Nabo Forrageiro	3,73	76,29
Trigo Mourisco	1,87	18,20
Pousio	-	-

* Determinação do Acúmulo com base em dados da literatura

Analisando a influência nas doses de N, no desempenho do trigo, foi verificado aumento linear no comprimento da espiga com o aumento das doses com o trigo cultivado em sucessão ao nabo forrageiro (Figura 2a). Para a cobertura aveia preta, foi observado resposta quadrática ao incremento das doses, com valor de máxima eficiência técnica de 115,17 kg N ha⁻¹, já quando cultivado sobre o Trigo Mourisco foi obtido ajuste cúbico ao incremento das doses, com valores de máxima eficiência de 119,55 kg N ha⁻¹ e mínima eficiência de 19,02 kg N ha⁻¹, respectivamente. Já para o manejo pousio não foram obtidos ajustes significativos.

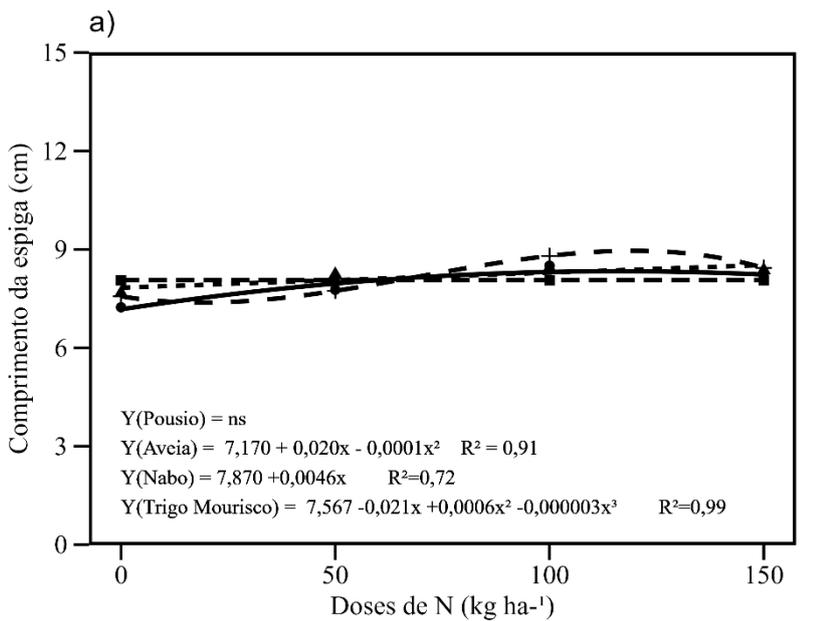
Nos estudos de Ecco *et al.*, (2020) o comprimento de espiga, aumentou significativamente com as doses de nitrogênio em trigo, respaldando a importância desse mineral para essa cultura, onde sua maior absorção pela planta de trigo se concentra entre o alongamento e o espigamento, com concentração máxima na antese.

Para o número de espiguetas por espiga, foram observadas respostas quadráticas com o aumento das doses de N com o trigo cultivado sob aveia preta e o trigo mourisco, com valores de máxima eficiência técnica de 57,34 kg N ha⁻¹ e 61,42 kg N ha⁻¹, respectivamente (Figura 2b). O aumento do número de espiguetas por espiga é uma estratégia eficiente para melhorar a produtividade de grãos de trigo, uma vez que essa característica está associada ao aumento no número de grãos por espiga, considerado um importante componente da produção de trigo (FIOREZE *et al.*, 2012).

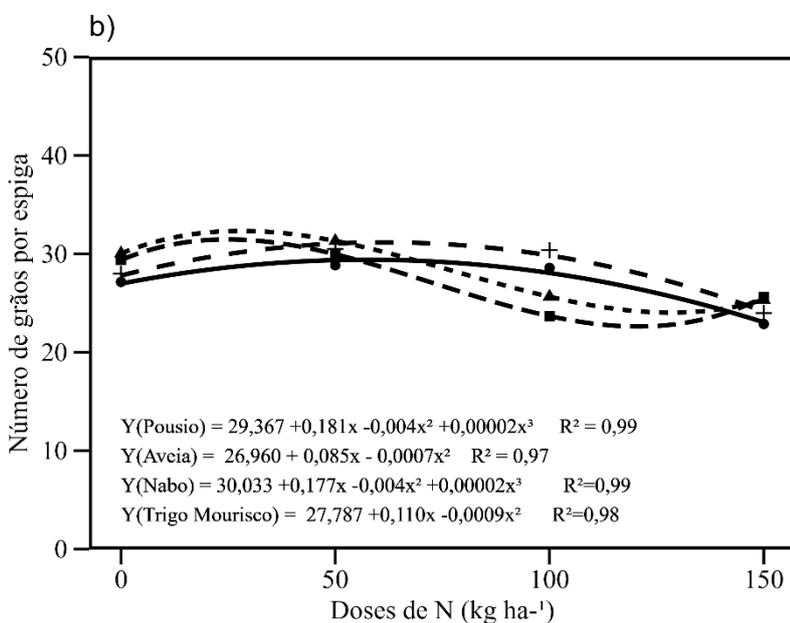
Já no nabo forrageiro e pousio, foram verificados ajustes cúbicos, com valores de máxima eficiência técnica de 27,96 kg N ha⁻¹ e 24,84 kg N ha⁻¹ e de mínima eficiência de 128,40 kg N ha⁻¹ e 120,68 kg N ha⁻¹, respectivamente.

Figura 2 – Comprimento da espiga (a) e número de grãos por espiga (b) do trigo submetido a quatro doses de nitrogênio e cultivado sob quatro plantas de cobertura.

^{ns} Não foi significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.



Manejo —●— Aveia —▲— Nabo —■— Pousio —+— Trigo Mourisco



Manejo —●— Aveia —▲— Nabo —■— Pousio —+— Trigo Mourisco

Ao estudar as diferentes plantas de cobertura de solo sob a altura de plantas foi verificado que o trigo cultivado em sucessão ao nabo forrageiro, resulta em plantas mais altas,

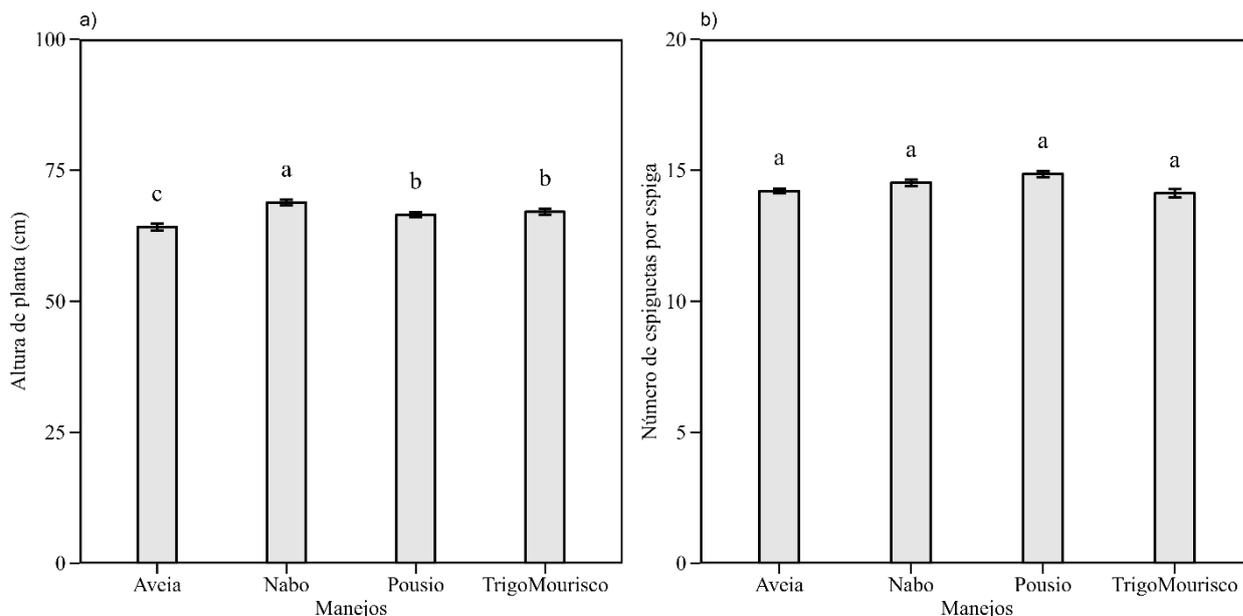
isso de acordo Espindula, *et al.*, (2010) está associado com aumento no suprimento de N que estimula a alongação do caule em cereais. No entanto, esse incremento na altura de plantas do trigo, nem sempre é favorável, uma vez que isso vem, geralmente, acompanhado de maior predisposição ao acamamento. Por outro lado, o aumento do diâmetro do caule, em função das doses de N, pode ser positivo, visto que, no colmo ocorre armazenamento de assimilados que podem ser translocados, durante o enchimento dos grãos.

Com relação a altura de plantas do trigo cultivado em sucessão a aveia preta se observa na figura 3a que essas ficaram mais baixas no comparativo as demais plantas de cobertura. Essa menor altura de planta do trigo no cultivo sob a aveia preta pode estar associada a menor disponibilidade de N devido a mineralização mais lenta dessa palhada da aveia fato atribuído principalmente a alta relação C/N dessa cobertura. A aveia preta promove a imobilização de N, afetando a produção da cultura em sucessão (CHERUBIN *et al.*, 2022), podendo até imobilizar parcialmente parte do N mineral aplicado diminuindo sua disponibilidade à cultura sucessora.

Para o número de espiguetas por espiga, não foram observadas diferenças significativas, independentemente do manejo (Figura 3b).

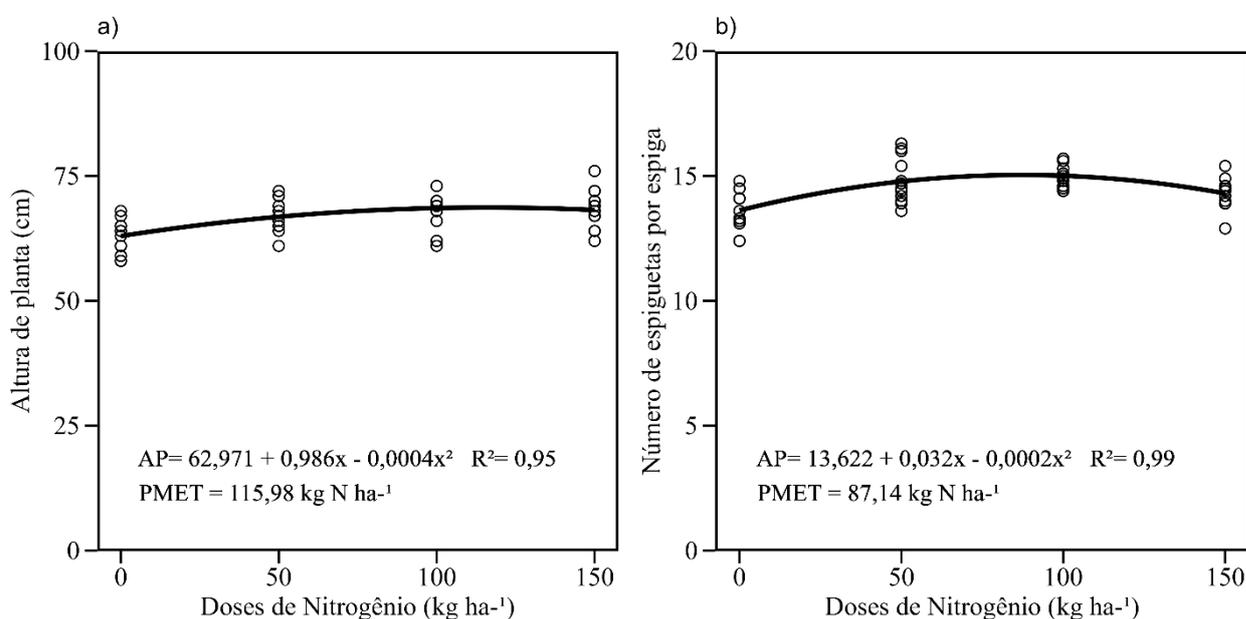
Figura 3 – Altura de planta (a) e número de espiguetas por espiga (b) do trigo cultivado sob quatro manejos de Plantas de Cobertura.

*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade de erro.



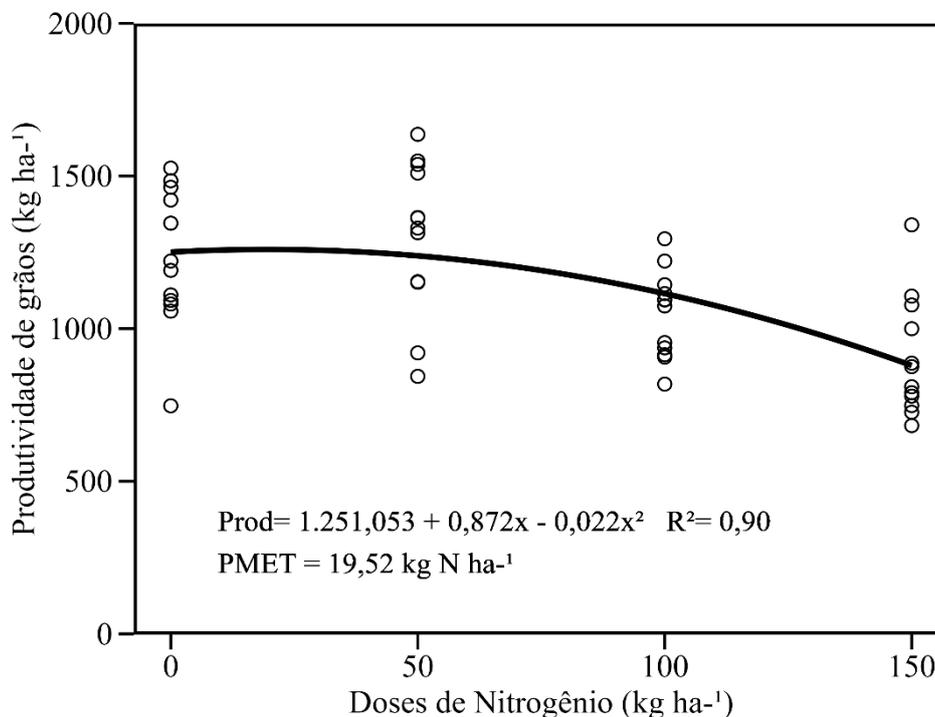
Ao se avaliar as doses de nitrogênio sob a altura de plantas de trigo foi observado ajustes quadráticos ao aumento das doses, com valores de máxima eficiência de 115,98 N ha⁻¹. Já para o número de espiguetas por espiga, foi observado valores de máxima eficiência com aplicação de 87,14 kg N ha⁻¹ (Figura 4). Nessa mesma linha de estudo, trabalhos de Batista *et al.*, (2020) mostram que o número de espiguetas foi superior quando o nitrogênio foi aplicado de forma parcelada para a maioria das cultivares (Sossego, Sonic e Sintonia).

Figura 4 – Altura de planta (a) e número de espiguetas por espiga (b) do trigo submetido a quatro doses de nitrogênio. PMET: ponto de máxima eficiência técnica.



Como já mencionado, a produtividade de grãos do trigo foi influenciada significativamente apenas pelo fator doses de nitrogênio, respondendo de forma quadrática ao incremento das doses (Figura 5). Estes resultados podem ser explicados e demonstram que grande parte do N extraído e utilizado pela planta, possivelmente, foi oriundo dos restos culturais das plantas de cobertura e da mineralização do N da matéria orgânica do solo, e que, nas condições do presente estudo, talvez justifique também o fato de que doses menores de N foram suficientes para a obtenção de boas produtividades.

Figura 5 – Produtividade de grãos do trigo submetido a quatro doses de nitrogênio. PMET: ponto de máxima eficiência técnica.



A utilização de N em cobertura, além de aumentar os custos de produção, não incrementou a produtividade do trigo. Ainda, a dose de máxima eficiência técnica ficou em 19,52 kg ha⁻¹, estes resultados divergem dos obtidos por Teixeira Filho *et al.* (2007), que verificaram incremento nas produtividades até a dose de 69 kg ha⁻¹ de N, por Zagonel *et al.* (2002), até a dose de 90 kg ha⁻¹, e Trindade *et al.* (2006), até a dose de 73 kg ha⁻¹. Essa falta de resposta mais significativa a aplicação do N em cobertura no trigo, pode estar associado ao excesso de chuva e a própria lixiviação do N, associado também a falta de radiação já que foi um ano muito chuvoso para a cultura do trigo. Além disso, isso também pode estar relacionado a ocorrência de fortes rajadas de vento e precipitação torrencial na área experimental no dia 16 de outubro de 2023, resultando em acamamento das sub parcelas que continham doses maiores de N (100 e 150 kg ha⁻¹), durante a fase de enchimento de grãos da cultura, como demonstrado na figura 6.

Figura 6 – Acamamento na cultura do trigo, após a ocorrência de fortes rajadas de vento e precipitação torrencial na área experimental no dia 16 de outubro de 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disto, de acordo com Caron e Nardini (2023), nos últimos 16 anos, durante a estação do inverno, a temperatura do ar teve uma variação de 9,9 a 23,9°C, registrando uma amplitude, de forma geral de 14,1°C e obtendo uma temperatura média de 16,4°C, ficando 0,7°C acima da normal climatológica. Estes autores ainda destacam que observando a temperatura do ar por ano, 2023 pode ser considerado o inverno mais quente dos últimos 16 anos para Frederico Westphalen - RS.

É importante destacar que doses excessivas de N podem levar ao acamamento de plantas, podendo estar relacionada ao excessivo crescimento vegetativo, isso pode ainda estar elencado com o uso excessivo de fertilizantes nitrogenados, provocado por desbalanço nutricional, baixa resistência do colmo e por fatores climáticos desfavoráveis (Espindula, *et al.*, 2010).

Podendo vir a ser de grande importância a utilização de redutor de crescimento na cultura do trigo, visando a utilização de elevadas doses de N, se objetivando elevadas produtividades. Penckowski, Zagonel e Fernandes (2009), identificaram que o aumento da dose de N aumentou o teor do nutriente na planta e causou maior acamamento, mas sem efeitos nos componentes de produção e na produtividade. Estes ainda visualizaram que a utilização do trinexapac-ethyl (Fitorregulador) reduziu a altura das plantas e a porcentagem de acamamento.

Tabela 4 - Produtividade de grãos do trigo do trigo cultivado em quatro condições de manejo de cobertura e quatro doses de nitrogênio.

Doses de N	Produtividade (kg ha ⁻¹):			
	0 kg ha ⁻¹	50 kg ha ⁻¹	100 kg ha ⁻¹	150 kg ha ⁻¹
Aveia Preta	965,73	1211,54	1143,42	800,92
Nabo	1321,81	1194,14	1046,12	850,1
Trigo Mourisco	1252,82	1467,24	935,7	1057,67
Pousio	1373,85	1352,39	1064,51	898,88

A maior produtividade do trigo (1467,24 kg ha⁻¹) foi obtida sobre foi obtida quando aplicado 50 kg ha⁻¹ de N, em sucessão ao trigo mourisco (Tabela 4). Podendo este resultado estar associado a alta capacidade do trigo mourisco em ciclar nutrientes como P, K e N. Klein *et. al* (2010) observaram elevada capacidade do trigo mourisco em reciclar nutrientes como o N e K, verificando um acúmulo destes de respectivamente 112 e 214 kg ha⁻¹.

Quando comparada a produtividade da cultura do trigo semeada em sucessão as diferentes plantas de cobertura sobre a dose 0 kg ha⁻¹, fica evidente importância da ciclagem de nutrientes pelas plantas de cobertura e sua posterior disponibilização a cultura em sucessão, tendo uma menor produtividade sobre a aveia preta na dose 0 kg ha⁻¹ de N, atribuída a imobilização temporária do nitrogênio para a decomposição dos restos culturais da aveia preta, devido a sua elevada relação C/N, e posterior disponibilização do N para a cultura em sucessão obtendo nas doses 100 e 150 kg ha⁻¹ produtividades maiores em relação ao nabo forrageiro.

O trigo semeado sobre nabo forrageiro, em comparação ao pousio, não apresentou incremento de produtividade. O mesmo resultado foi obtido por Sartori (2023), a qual atribuiu este ao restrito intervalo de tempo disponível para o desenvolvimento da cultura de nabo forrageiro entre a colheita de soja e a semeadura de trigo. Kochhann *et. al* (2003), observaram que a produção limitada de fitomassa do nabo forrageiro manifestou efeito similar ao pousio nas respostas da cultura de trigo às doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, isso devido ao restrito intervalo de tempo disponível para a cultura de nabo forrageiro, circunstância que impossibilitou o pleno desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, resultou em baixa produção de fitomassa.

5. CONCLUSÕES

A produtividade de grãos do trigo foi influenciada significativamente pelo fator doses de nitrogênio, não havendo resposta significativa do cultivo do trigo em sucessão as plantas de cobertura. Quanto a dose de nitrogênio, o ponto de máxima eficiência técnica na produtividade de grãos foi observado com aplicação de 19,52 kg ha⁻¹, sendo obtida a maior produtividade do trigo quando aplicado 50 kg ha⁻¹ de N, em sucessão ao trigo mourisco.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BATISTA, Vanderson Vieira *et al.* Componentes de Rendimento e Produtividade de Cultivares de Trigo submetidas ao Parcelamento ou não de Nitrogênio. **Revista Ciência Agrícola**, v. 18, n. 3, p. 1-7, 2020.

BISOGNIN, Mateus Bortoluzi. **Vazio outonal nas culturas anuais, você sabe o que é isso.** <https://www.ufsm.br/pet/ciencias-agrarias/2015/03/19/851>. Acesso em: 16 mar. 2024.

BOSCHIERO, Beatriz Nastaro. **Deficiência de nitrogênio nas plantas: 6 processos fisiológicos que desencadeiam os principais sintomas.** Agroadvance, Disponível em <https://agroadvance.com.br/blog-deficiencia-de-nitrogenio-nas-plantas/#:~:text=A%20maior%20parte%20das%20mol%C3%A9culas,NH4%2B%20e%20N> O. Acesso em: 15 mar. 2024.

CARONI, Braulio Otomar; NARDINI, Claiton. **Temperatura do ar para a estação do inverno nos últimos 16 anos em Frederico Westphalen – RS.** Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/377/2023/12/Boletim_inverno_ultima_versao_corrigido-portugues.pdf. Acesso em: 18 mar. 2024.

CARVALHO, Ivan Ricardo. **Importância do nitrogênio para as plantas.** Elevagro, Disponível em <https://elevagro.com/blog/importancia-do-nitrogenio-para-as-plantas/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

CERETTA, Carlos Alberto et al. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 32, p. 49-54, 2002.

CHERUBIN, Maurício Roberto *et al.* **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo.** 2022. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Livro_Plantas_de_Cobertura_completo.pdf. 18 mar. 2024.

CHERUBIN, Maurício Roberto; BAYER, Cimélio; WILDNER, Leandro do Prado. **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo.** Disponível em: https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Livro_Plantas_de_Cobertura_completo.pdf. 20 mar. 2024.

CONAB. **Acompanhamento da safra Brasileira – Safra 2023/24 - Grãos - 6º levantamento.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 15 mar. 2024.

CONAB. **Análise mensal - Trigo - Julho de 2023.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e->

[extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo/item/download/49446_33f760362eb61cd8535594f631bdcdf6](#). Acesso em: 15 mar. 2024.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa *et al.* Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.40, n.2, p.161-168, 2005.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa *et al.* Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Solos e Nutrição de Plantas**. v.67, n.2, p. 481-489, 2008.

DA CUNHA, Tony Jarbas; MENDES, Alessandra Monteiro Salviano; GIONGO, Vanderlise. **Recurso solo: propriedades e usos. Capítulo 9 - Matéria Orgânica do Solo**. Ramom Rachide Nunes e Maria Olímpia Oliveira Rezende (organizadores). 1. ed. São Carlos: Editora Cubo, 2015.

DA SILVA, Matheus Hashimoto *et al.* A RELAÇÃO DO NITROGÊNIO COM O DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS E SUAS FORMAS DE DISPONIBILIDADE. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**. ISSN 2675-6218, v. 5, n. 1, p. 2-8, 2024.

DOS SANTOS, Humberto Gonçalves *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 3ª ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 553p.

ECCO, Martios *et al.* Adubação nitrogenada em cobertura em diferentes estádios fenológicos da cultura do trigo. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**. v. 10, n. 1, p. 9-16, 2020.

EMBRAPA TRIGO. Começa a semeadura de inverno na Região Sul. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/80107904/comeca-a-semeadura-de-inverno-na-regiao-sul#:~:text=O%20trigo%20responde%20por%20mais,falta%20de%20chuva%20no%20PR>. Acesso em: 16 mar. 2024.

EMBRAPA TRIGO. **Influência do nitrogênio na qualidade do trigo**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2085244/influencia-do-nitrogenio-na-qualidade-do-trigo>. Acesso em: 15 mar. 2024.

EMBRAPA TRIGO. **Trigo, uma safra para ficar na história**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/77085844/trigo-uma-safra-para-ficar-na-historia>. Acesso em: 15 mar. 2024.

EMBRAPA TRIGO. **Trigo: alimento funcional e nutritivo**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18048471/trigo-alimento-funcional-e-nutritivo#:~:text=O%20trigo%20%C3%A9%20uma%20das,de%20todas%20as%20calorias%20consumidas>. Acesso em: 15 mar. 2024.

ESPINDULA, Marcelo Curitiba *et al.* Nitrogen application methods and doses in the development and yield of wheat. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 1404-1411, 2010.

FACCO, Giovani; MURARO, Rafaela. **Manejo nutricional na cultura do trigo**. Revista cultivar. Disponível em: [https://revistacultivar.com.br/noticias/manejo-nutricional-na-cultura-do-trigo#:~:text=O%20Nitrog%C3%AAnio%20\(N\)%20%C3%A9%20o,em%20maior%20quantidade%20pelas%20gram%C3%ADneas](https://revistacultivar.com.br/noticias/manejo-nutricional-na-cultura-do-trigo#:~:text=O%20Nitrog%C3%AAnio%20(N)%20%C3%A9%20o,em%20maior%20quantidade%20pelas%20gram%C3%ADneas). Acesso em: 20 mar. 2024.

FACCO, Giovani; MURARO, Rafaela. **Manejo nutricional na cultura do trigo**. Portal do Agronegócio. Disponível em: <https://www.portaldoagronegocio.com.br/gestao-rural/analise-de-mercado/noticias/manejo-nutricional-na-cultura-do-trigo>. Acesso em: 20 mar. 2024.

Ferreira, E. B.; Cavalcanti, P. P.; Nogueira, D.A (2021). ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs. R package version 1.2.2.

FIGUEIREDO, Samuel L.; RODRIGUES, João D. Perfilamento do trigo em função da aplicação de regulador vegetal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 750-755, 2012.

GAVIRAGHI, Lucas. *et al.* Fontes de nitrogênio associadas a *Azospirillum brasilense*: impacto sobre o crescimento e a produtividade do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, Vol. 45 N.º 3, p. 116-124, 2022.

KLEIN, Vilson Antonio *et al.* Trigo mourisco: uma planta de triplo propósito e uma opção para rotação de culturas em áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 117, p. 33-35, 2010.

KOCHHANN, Rainoldo Alberto *et al.* **Rendimento de grãos de trigo cultivado em seqüência ao adubo verde nabo forrageiro**. Circular Técnica 116 Embrapa trigo, dezembro, 2003, Passo Fundo, RS. Disponível em http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co116.pdf. Acesso em 22 abr. 24.

LINK, Lucas *et al.* **Plantas de cobertura de verão: crescimento e acúmulo de nutrientes, épocas de dessecação e produtividade do trigo**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

OLINGER, Glauco Olinger. Segurança alimentar: desafio 2050. EPAGRI. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, v. 28, n.1, 2015.

PENCKOWSKI, Luis Henrique; ZAGONEL, Jeferson; FERNANDES, Eliana Cuéllar. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. Maringá, v. 31, n. 3, p. 473-479, 2009.

PIRES, João Leonardo Fernandes. **A importância do trigo para a sustentabilidade da agricultura brasileira**. EMBRAPA (2017). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/23416523/artigo---a-importancia-do-trigo-para-a-sustentabilidade-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: Acesso em: 12 maio 2024.

PLACIDO, Henrique Fabrício. **Benefícios do trigo mourisco para o solo da lavoura**. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/trigo-mourisco/>. Acesso em: 19 mar. 2024.

R Core Team 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing.

RIZZARDI, M. A.; SILVA, L. F. Influência das coberturas vegetais antecessoras de aveia-preta e nabo forrageiro na época de controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, v. 24, p. 669-675, 2006.

SÁ, João Carlos de Moraes *et al.* Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment international**. v.98, p.102-112, 2016.

SARTORI, Katiane Abling. **Plantas de cobertura e doses de nitrogênio sobre alguns componentes de planta e na produtividade final de grãos de trigo**. Disponível em <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/29407/TCC%20Katiane%20Sartori.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 mar. 2024.

SINDITRIGO. **História do Trigo**. Disponível em: <http://sinditrigo.com.br/historia-do-trigo/>. Acesso em: 16 mar. 2024.

SOUZA VQ, NARDINO M, ORLANDI BONATO G, ANDRE BAHRY C, CARON BO, DEJALMA ZIMMER P AND SCHMIDT D. 2013. Defoliation at different growth stages on agronomic characteristics wheat. **Bioscience Journal** 29: 1905-1911.

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

TRINDADE, Maria da G. *et al.* Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 24-29, 2006. Venables, W.N.; Ripley, B.D (2002). *Modern Applied statistics with S*. 4ª edição. Springer, New York.

VIEIRA, Rosana Faria. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. 2017. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175460/1/2017LV04.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2024.

Wickham, H (2016). *Ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag, New York, 2016.

WIETHÖLTER, Sirio. **Fertilidade do solo e a cultura do trigo no Brasil**. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/932199>. Acesso em: 16 mar. 2024.

Wilke, C. O (2020). *Cowplot: Streamlined plot theme and plot annotations for 'ggplot2'*. R package version 1.1.1.

WOLSCHICK, Neuro Hilton *et al.* Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v.15, n.2, p.134-143, 2016.

ZAGONEL, Jeferson; FERNANDES, Eliana Cuéllar. Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta daninha**, v. 25, p. 331-339, 2007.