

Experimentação on-farm com densidade de semeadura e nitrogênio na cultura do trigo: estudo de caso na Fazenda Butiá, Coxilha (RS)

On-farm experimentation with sowing density and nitrogen in wheat: case study at Fazenda Butiá, Coxilha-RS

João Leonardo Fernandes Pires¹, Carlos Goergen², Carlos Eduardo Buratto³, Djone Fucks⁴, Aldemir Pasinato⁵, Jordano Bortoncello⁶

¹ Pesquisador, Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS), Brasil, joao.pires@embrapa.br

² Engenheiro-Agrônomo, Técnico, Fazenda Butiá, Coxilha (RS), Brasil, carloshgoergen@gmail.com

³ Técnico Agrícola, Acadêmico, Curso de Agronomia, Centro Universitário IDEAU, Técnico, Fazenda Butiá, Coxilha (RS), Brasil, c.buratto@sementesbutia.com.br

⁴ Engenheiro-Agrônomo, Técnico, Grupo Analys Agricultura de Precisão, Palmeira das Missões (RS), Brasil, djone@grupoanalys.com.br

⁵ Cientista da Computação, Mestre em Fitotecnia, Analista, Embrapa Trigo, Passo Fundo (RS), Brasil, aldemir.pasinato@embrapa.br

⁶ Técnico em Agropecuária, Acadêmico, Curso de Agronomia, Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Sertão (RS), Brasil, jobortoncello@gmail.com (bolsista PIBIC/CNPq)

RESUMO

O objetivo do trabalho foi realizar experimentação on-farm envolvendo densidade de semeadura e estratégias de aplicação de nitrogênio (N) em trigo, para identificar o manejo mais adequado para talhões específicos. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Butiá, no município de Coxilha, Rio Grande do Sul, nas safras 2020 e 2021, em talhões de 104,8 ha e 56,1 ha, respectivamente. Os ensaios foram realizados em faixas lado a lado em cada talhão, buscando percorrer diferentes Zonas de Manejo (ZMs) pré-estabelecidas. Foram utilizados tratamentos com variação na densidade de semeadura (250, 313 e 403 sementes aptas por metro quadrado (sem.m^{-2}) e estratégias de aplicação de nitrogênio em cobertura: forma tradicionalmente utilizada pelo agricultor, indicação da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, e baseada em algoritmo que utiliza o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Foi avaliado o rendimento de grãos. Os resultados indicaram que não ocorreram diferenças entre tratamentos de densidade de semeadura e para as variações utilizadas nas estratégias de aplicação de N. Com isso, foi possível indicar os tratamentos de menor custo, ou seja, a utilização de 250 sementes aptas. m^{-2} e a recomendação da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para aplicação de N.


Palavras-chave: agricultura de precisão; rede; Embrapa; densidade de semeadura; adubação nitrogenada.

ABSTRACT

The objective of this work was to carry out on-farm experiments involving sowing density and nitrogen (N) application strategies in wheat to identify the most appropriate management for specific areas. The work was carried out at Fazenda Butiá, in the municipality of Coxilha, RS, in the 2020 and 2021 harvests, in plots of 104.8 ha and 56.1 ha, respectively. The field trials were carried out in strips side by side in each area, seeking to cover different pre-established Management Zones. Treatments with variation in sowing density (250, 313, and 403 suitable seeds m^{-2}) and nitrogen application strategies in topdressing (traditionally used by the farmer, recommended by the Brazilian Wheat and Triticale Research Commission and based on an algorithm that uses the NDVI) were used. Grain yield was evaluated. The results indicated that there were no differences between treatments for seeding density and for the variations used in N application strategies. With this, it was possible to indicate the treatments with the lowest cost, that is, the use of 250 suitable seeds m^{-2} and the indication of the Brazilian Wheat and Triticale Research Commission for the application of N.

Keywords: precision agriculture; network; Embrapa; sowing density; nitrogen fertilization.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000014>

 Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais, sem alterações e que o trabalho original seja corretamente citado.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, muitos agricultores utilizam quantidade elevada de sementes, desconsiderando a capacidade que o trigo tem para compensar – até certo ponto – a redução do número de plantas pela plasticidade fenotípica da cultura, materializada por variações viáveis dentro das estratégias de crescimento, dinâmica reprodutiva e definição dos componentes do rendimento de grãos. Essa capacidade é mais evidente em áreas de elevado potencial, que recebem manejo adequado. Entende-se que, nessa situação de ambiente e manejo, um menor número de plantas, em relação ao sistema de aplicação uniforme muito utilizado por produtores, poderia manter e até aumentar o rendimento de grãos, possibilitando economia de sementes e/ou reposicionamento das mesmas, em áreas que necessitem aumentar a densidade – aquelas com menor potencial produtivo, por exemplo –, acarretando aumento do rendimento de grãos e/ou da rentabilidade obtida na área como um todo (Corassa et al., 2018).

A utilização de variações na densidade de semeadura e na aplicação de N em trigo está baseada em resultados de pesquisa que indicam alguns coeficientes técnicos que podem ser utilizados e em resultados obtidos considerando aspectos da Agricultura de Precisão (AP), como a variabilidade entre áreas e zonas de manejo (ZMs). Por exemplo, Pires et al. (2021a, 2021b) identificaram falta de resposta da cultura do trigo, mesmo com a variação considerável da densidade de semeadura, até determinado limite, indicando a densidade adequada específica para algumas cultivares.

Outra prática importante, tanto para definição do potencial de rendimento de grãos quanto no que se refere ao custo de produção, é a adubação nitrogenada. Existe uma gama muito grande de estudos disponíveis (Wiethölter, 2011; Fontoura et al., 2013; De Bona et al., 2016) e indicações técnicas (Reunião..., 2020) quanto à dose, ao momento de aplicação e às condições da planta e do ambiente (clima e solo) mais apropriados para obtenção de eficiência máxima do uso desse nutriente. Por exemplo, deve ser realizado observando-se uma série de critérios técnicos, como dose, cultura anterior, expectativa de rendimento de grãos, momento ideal para aplicação, teor de matéria orgânica no solo, entre outros. Entretanto, existe espaço para aperfeiçoamento dessa prática, principalmente quando se considera a disponibilidade de novas ferramentas de AP e a necessidade de utilização de indicadores da dinâmica do N durante o ciclo da cultura, permitindo ajustes em tempo real da dose a ser aplicada.

Uma estratégia relevante é a utilização do sensoriamento remoto proximal ou por satélites no auxí-

lio à definição da dose a ser aplicada. Essa abordagem vem sendo utilizada no Brasil em lavouras comerciais, mas com potencial para aprimoramento, especialmente pelo desenvolvimento de algoritmos mais apropriados para as condições brasileiras de cultivo e que levem em consideração as diferentes regiões e dinâmicas dos sistemas de produção. Nesse sentido, Bredemeier et al. (2016) e Vian et al. (2018, 2019) desenvolveram estratégias baseadas em algoritmos para a aplicação de N em cobertura no trigo utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), com refinamento apoiado nos últimos anos pela Embrapa Trigo e pela Sociedade Educacional Três de Maio (Setrem, Três de Maio-RS).

Tanto a densidade de semeadura como a melhor estratégia de aplicação de N em cobertura podem ser avaliadas e indicadas com especificidade de talhão por meio de ensaios on-farm.

Apresenta-se, a seguir, um trabalho de experimentação on-farm envolvendo densidade de semeadura e estratégias de aplicação de nitrogênio em trigo na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, que buscou identificar o manejo mais adequado para talhões específicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Butiá (28°04'33,9" S; 52°26'03,35" W), no município de Coxilha, localizado no norte do estado do Rio Grande do Sul. A fazenda emprega sistema de produção que representa o sistema utilizado por produtores com nível de tecnologia elevado, com equipamentos e práticas de manejo modernos, e solo capaz de dar suporte a potenciais produtivos elevados. Utiliza a filosofia de AP desde o ano de 2015 nas estratégias para caracterização de áreas, mapas de colheita, ZMs, mapas de prescrição, semeadura e aplicação de insumos a taxa variável, piloto automático, entre outras ferramentas/abordagens de AP. Nessa área de atuação, é apoiada, tecnicamente, por empresas/plataformas, como Grupo Analys Agricultura de Precisão, John Deere e Fieldview.

As áreas nas quais foram realizados os ensaios são cultivadas em Sistema Plantio Direto há cerca de 30 anos, com uma sequência de culturas que envolve trigo-soja-aveia-preta-milho-capim-sudão. As áreas utilizadas apresentam caracterização, do ponto de vista de solos, com amostragem em grid (3 ha) e com definição de ZMs para cada área de acordo com metodologia utilizada pelo Grupo Analys Agricultura de Precisão. Desta forma, a implementação do ensaio contou com algum conhecimento prévio sobre o histórico das áreas.

Os tratamentos escolhidos foram baseados em dados preliminares obtidos na região sobre o desempenho de trigo em função da variação na densidade de semeadura (Pires et al., 2021a, 2021b) e na aplicação de nitrogênio em cobertura no trigo (Vian et al., 2018, 2019).

Os ensaios on-farm foram realizados nas safras 2020 e 2021. As áreas escolhidas foram diferentes, sendo o cultivo de trigo realizado em dois experimentos, sendo um talhão de 104,8 ha (B16 Cinamomo, em 2020) e outro de 56,1 ha (B5 Carazinho, em 2021).

A estratégia utilizada nos ensaios on-farm para avaliação de densidade de semeadura foi a utilização de variação de densidade de semeadura, com um tratamento que representa a quantidade utilizada pelo agricultor (tratamento “Normal”), com 313 sementes aptas.m⁻² (167 kg de sementes.ha⁻¹) e outros dois, avaliando tanto o aumento [Alta: 403 sementes aptas.m⁻² (210 kg de sementes.ha⁻¹)] quanto a redução [Baixa: 250 sementes aptas.m⁻² (120 kg de sementes.ha⁻¹)] em relação ao tratamento “Normal” (Tabela 1). Os tratamentos foram dispostos em faixas lado a lado (Figura 1), buscando percorrer diferentes Zonas de Manejo, sem repetição das faixas. A largura da faixa foi de 11 m. A cultivar de trigo utilizada foi TBIO Trunfo no espaçamento de 0,18 m.

A semeadura foi realizada em 23/06/2020 e a colheita, em 07/11/2020. As adubações de semeadura e de cobertura foram realizadas com base na análise do solo.

Na pré-colheita (07/11/2020), foram realizadas amostragens manuais de plantas em cada tratamento de densidade de semeadura para avaliação dos componentes do rendimento de grãos e das características relacionadas à colheita: espigas.m⁻²; espiguetas.espiça⁻¹; tamanho da espiga; grãos.m⁻²; peso de mil grãos; estatura de plantas e acamamento, dados não mos-

trados. O rendimento de grãos foi obtido por meio de colhedora dotada de sensores de colheita para geração dos mapas de variabilidade de rendimento de grãos do talhão. Realizaram-se “amostragens” nos mapas de colheita em quatro pontos (repetições) em cada tratamento de densidade, sendo cada valor do ponto composto pela média de três valores.

No ensaio on-farm de aplicação de N, foi utilizada variação na estratégia de aplicação de N, utilizando-se tratamentos que representaram: a forma tradicionalmente utilizada pelo agricultor; o tratamento indicado pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (Biotrigo Genética, 2020), e o tratamento baseado em algoritmo desenvolvido para refinamento na indicação, com base no NDVI do trigo na

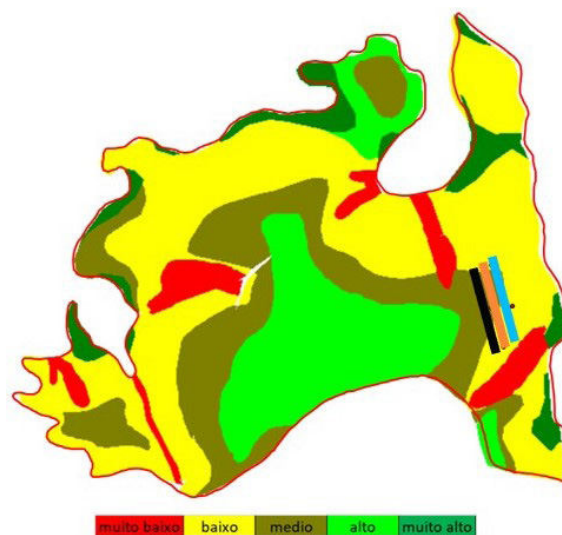


Figura 1. Experimento on-farm sobre densidade de semeadura de trigo realizado na Fazenda Butiá, Coxilha (RS), na safra 2020 (talhão B16, 104,8 ha). Zonas de manejo previamente estabelecidas no talhão em estudo, com tratamentos de densidade de semeadura implementados na área, representados pelos retângulos de cores diferentes.

Tabela 1. Tratamentos de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura na cultura do trigo, realizados em experimentos on-farm, no sistema trigo/soja, na safra 2021. Fazenda Butiá, Coxilha (RS).

Tratamento	Adubação N base	Adubação N cobertura sexta folha do trigo	Dose total N/ureia
1 - Padrão agricultor	36 kg de N.ha ⁻¹ (200 kg.ha ⁻¹ da fórmula 18-48-00 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) + 54 kg de N.ha ⁻¹ (120 kg de ureia.ha ⁻¹), juntamente com o adubo de base	54 kg de N. ha ⁻¹	144 kg de N.ha ⁻¹ (320 kg de ureia. ha ⁻¹)
2 - Padrão Comissão Pesquisa Trigo e Triticale*	36 kg de N.ha ⁻¹ (200 kg.ha ⁻¹ da fórmula 18-48-00 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	64 kg de N. ha ⁻¹	100 kg de N.ha ⁻¹ (222 kg de ureia. ha ⁻¹)
3 - Ajustado por algoritmo baseado no NDVI na sexta folha	36 kg de N.ha ⁻¹ (200 kg.ha ⁻¹ da fórmula 18-48-00 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	80 kg de N.ha ⁻¹	116 kg de N.ha ⁻¹ (258 kg de ureia.ha ⁻¹)

* Biotrigo Genética Ltda (2020); NDVI: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

sexta folha, avaliado com o uso do sensor óptico ativo GreenSeeker® (Tabela 1). Os tratamentos foram dispostos em faixas lado a lado, buscando percorrer diferentes Zonas de Manejo pré-estabelecidas, sem repetição. O estudo foi realizado com a cultivar de trigo TBIO Calibre semeada em 10/7/2021 na densidade de semeadura de 280 sementes aptas.m⁻² e espaçamento de 0,17 m (Figura 2). A colheita ocorreu em 21/11/2021.

A adubação de base foi de 200 kg.ha⁻¹ da fórmula 18-48-00 (N-P₂O₅-K₂O). Parte da aplicação de N foi realizada na semeadura e o restante, na sexta folha do trigo, com o uso do trator John Deere e do distribuidor KUHN Accura 1600. A faixa de aplicação de N foi de 27 m, representando a largura da faixa de cada tratamento, sendo a ureia SuperNpro utilizada como fonte de N.

Avaliações de rendimento de grãos foram realizadas manualmente em 8/11/2021 por meio da localização dos pontos com GPS manual e da coleta de amostras de grãos em cinco linhas de 4 m de comprimento em cada ponto, perfazendo 3,4 m² por parcela.amostra⁻¹. Foi calculado o rendimento de grãos (kg.ha⁻¹) na umidade padrão de 13%.

Foram obtidos mapas de colheita que representaram a variabilidade da área e dos possíveis efeitos dos tratamentos aplicados. Nos mapas de colheita, foram “amostrados” quatro pontos (repetições) para cada tratamento, com valores de rendimento de grãos obtidos na média de quatro valores do sensor de colheita mais próximos ao ponto de amostragem manual. Todas as avaliações foram obtidas na zona de médio potencial produtivo.

Para a visualização dos locais dos experimentos, utilizou-se a ferramenta “Google Satélite”, dispo-

nível no software QGIS (QGIS, 2022). Informações de rendimento foram obtidas extraindo-se os dados dos mapas de colheita. Para isso, utilizou-se o software de Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGis 10.0 (ESRI, 2011). Foram excluídos pontos *outliers* dos mapas de colheita – abaixo de 1 t.ha⁻¹ e acima de 8 t.ha⁻¹. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e os mapas resultantes foram interpolados por *krigagem*.

Os dados de rendimento de grãos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F (5% de significância), por meio do aplicativo Sisvar (Ferreira, 2019).

Foi realizada análise econômica básica dos resultados obtidos. Compararam-se os custos de cada tratamento, com base no valor de sementes e da fonte nitrogenada utilizadas, considerando-se os demais custos variáveis de forma igual para todos os tratamentos em cada ensaio on-farm. Foram empregados valores praticados pelo mercado na época de implantação dos ensaios.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ensaio de densidade de semeadura de trigo, o mapa de rendimento de grãos mostrado na Figura 3 indica rendimentos de grãos extremos inferiores a 2.170 kg.ha⁻¹ e superiores a 4.450 kg.ha⁻¹. Os rendimentos de grãos médios a baixos concentraram-se nas bordas da lavoura.

Não houve variação no rendimento de grãos em função da variação na densidade de semeadura utilizada entre 250 e 403 sementes aptas.m⁻² (Tabela 2).

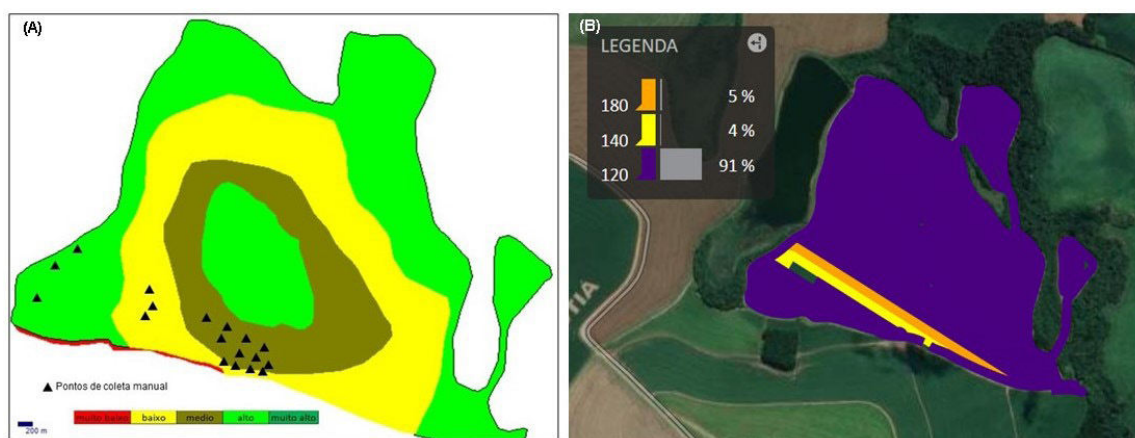


Figura 2. Experimento on-farm sobre aplicação de nitrogênio em cobertura no trigo realizado na Fazenda Butiá, Coxilha (RS), na safra 2021 (talhão B5, 56,1 ha). A) zonas de manejo previamente estabelecidas no talhão em estudo, com pontos indicando locais de coleta manual de amostras; e B) tratamentos de doses de nitrogênio em cobertura, aplicados em faixas em parte do talhão.

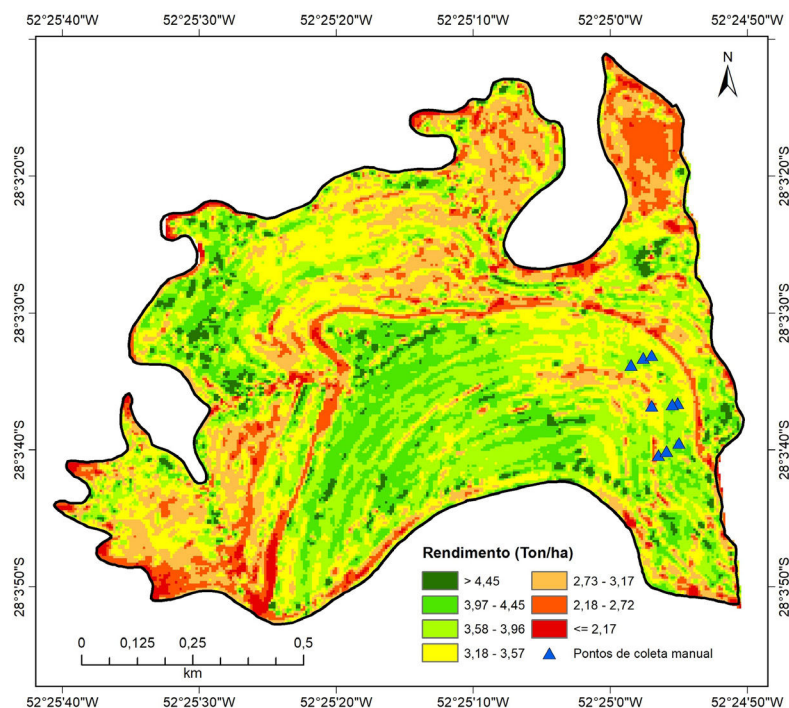


Figura 3 - Variabilidade no rendimento de grãos de trigo no talhão em estudo, com indicação dos pontos de coleta manual de amostras para avaliação dos componentes do rendimento de grãos no ensaio on-farm sobre densidade de semeadura de trigo realizado na Fazenda Butiá, Coxilha-RS, na safra 2020.

Tabela 2. Rendimento de grãos de trigo em diferentes densidades de semeadura, em ensaio on-farm, na Fazenda Butiá, Coxilha (RS), na safra 2020.

Densidade de semeadura (sementes aptas.m ⁻²)	Rendimento de grãos (t.ha ⁻¹)
250 (Baixa)	4,0 ns
313 (Normal)	3,5
403 (Alta)	3,6

ns: não significativo pelo teste F; C. V.% = 5,5.

Realizou-se uma simulação do potencial de redução de custos com a utilização da densidade máxima e dos demais níveis de densidade, aplicando custo de sementes na safra 2021 de R\$ 3,49.kg⁻¹ (Coopatrigo, 2022¹). A redução da densidade de Alta para Baixa permitiria economizar 90 kg.ha⁻¹ de sementes, o que representa economia de R\$ 314,10.ha⁻¹ ou de R\$ 32.918,00 no talhão como um todo. Já a redução de Normal para Baixa permitiria economizar 47 kg.ha⁻¹ de sementes, o que representa uma economia de R\$ 164,03.ha⁻¹ ou R\$ 17.201,00 em todo o talhão.

Cabe destacar que a área utilizada apresenta condições adequadas para cultivo de trigo, uso de tecnolo-

gia, padrão de manejo da lavoura elevado e histórico de potencial de rendimento de grãos acima da média. Portanto, possíveis ajustes de densidade de semeadura em outras condições – talhões da mesma fazenda ou em outras propriedades – devem levar em consideração as características da área, da cultivar, do clima da região, entre outras.

Na avaliação de estratégias para adubação nitrogenada em trigo, o mapa de rendimento de grãos na safra 2021 (Figura 4) demonstrou o elevado potencial de rendimento de grãos da área, com valores variando de inferiores a 3.000 kg.ha⁻¹ até superiores a 6.000 kg.ha⁻¹. No talhão, considerando a variação encontrada, poucas foram as áreas que apresentaram rendimento médio ou baixo de grãos, concentrando-se estas áreas nas bordas e em alguns pequenos pontos ao longo do talhão.

Na Tabela 3, são apresentados os dados de rendimento de grãos das diferentes estratégias de aplicação de N. Apesar de alguma limitação para aplicação da estatística convencional neste estudo, aplicou-se a análise de variância e não foram verificadas diferenças entre tratamentos.

Aplicando-se os dados na área do estudo, seria possível reduzir em 44 kg de N.ha⁻¹ (equivalente a 98 kg de ureia.ha⁻¹) passando do manejo padrão do agricultor para o recomendado, ou reduzir 16 kg de N.ha⁻¹ (equivalente a 36 kg de ureia.ha⁻¹) passando do manejo indi-

¹ Informação pessoal do Engenheiro Agrônomo da Coopatrigo Fábio Hauschild, em 25 de março de 2022.

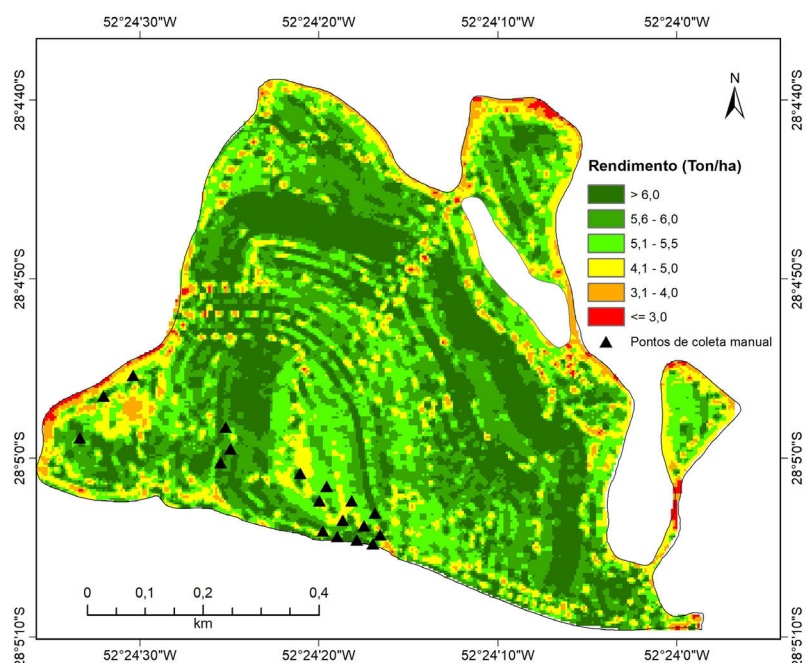


Figura 4 - Variabilidade no rendimento de grãos de trigo no talhão em estudo com indicação dos pontos utilizados para coleta manual de amostras no ensaio on-farm sobre aplicação de nitrogênio em cobertura no trigo, realizado na Fazenda Butiá, Coxilha-RS, safra 2021.

Tabela 3. Rendimento de grãos de trigo obtidos por meio de coleta manual de amostras e amostragem no mapa de colheita, em ensaio on-farm, com diferentes estratégias de aplicação de N na Fazenda Butiá, Coxilha (RS), na safra 2021.

Estratégia de aplicação de nitrogênio	Rendimento de grãos (t.ha ⁻¹)	
	Coleta manual	Mapa de colheita
1 - Padrão agricultor	6,6 ns	6,0 ns
2 - Padrão Comissão Pesquisa Trigo e Triticale*	6,4	5,5
3 - Ajustada por algoritmo baseado no NDVI na sexta folha	6,3	5,2
C. V. (%)	12,3	7,9

* Biotrigo Genética Ltda (2020); ns: não significativo pelo teste F; C. V.: coeficiente de variação; NDVI: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

cado pelo algoritmo (NDVI) para o recomendado. Esses valores de redução no uso do N, quando aplicados aos valores da ureia praticados na safra – R\$ 1.824,00.t⁻¹, segundo Index Mundi (2022) – permitiriam a redução de R\$ 178,80.ha⁻¹, na primeira situação, e R\$ 29,20.ha⁻¹, na segunda. Considerando a área total do talhão (56,1 ha), a economia total seria de R\$ 10.032,00 ou R\$ 1.638,00, se comparada ao sistema usado pelo produtor ou pelo algoritmo, respectivamente.

Assim, de forma hipotética, o agricultor poderia modificar a forma de aplicação no talhão, substituindo-a pela aplicação indicada pela Comissão Brasileira

de Pesquisa de Trigo e Triticale, mantendo o potencial de rendimento de grãos com menor custo do insumo N e menor impacto ambiental.

Com relação à validação da estratégia envolvendo a avaliação do NDVI na sexta folha (algoritmo), nessa situação específica (ZM de médio potencial produtivo), esta não se mostrou mais eficiente em relação aos demais métodos, cabendo realizar outros estudos/ajustes na metodologia para refinamento da tecnologia.

4 CONCLUSÕES

A densidade de semeadura de trigo mais apropriada para o talhão em estudo é de 250 sementes aptas.m⁻².

A estratégia para adubação nitrogenada atualmente usada como Padrão da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale é a opção mais adequada para o talhão.

AGRADECIMENTOS

Aos proprietários e funcionários da Fazenda Butiá, pelo apoio à realização destes trabalhos.

REFERÊNCIAS

BIOTRIGO GENÉTICA LTDA. **Informações técnicas para trigo e triticale:** safra 2020. Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Passo Fundo:

- Biotrigo Genética, 2020. Disponível em: <http://ainfo.cnp-tia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214730/1/informacoestecnicasparatrigoetricalesafra2020-1592946148.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2021.
- BREDEMEIER, C.; VIAN, A. L.; PIRES, J. L. F. Aplicação de nitrogênio em tempo real: modelos e aplicações. In: SANTI, A. L.; GIOTTO, E.; SEBEM, E.; AMAO, T. J. C. (Eds.). **Agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: CESPOL, 2016. p. 137-158.
- CORASSA, G. M.; AMADO, T. J. C.; STRIEDER, M. L.; SCHWALBERT, R.; PIRES, J. L. F.; CARTER, P. R.; CIAMPITTI, I. A. Optimum soybean seeding rates by yield environment in Southern Brazil. **Agronomy Journal**, vol. 110, no. 6, pp. 2430-2438, 2018. DOI: <http://doi.org/10.2134/agronj2018.04.0239>.
- DE BONA, F.; DE MORI, C.; WIETHÖLTER, S. Manejo nutricional da cultura do trigo. **Informações Agronômicas**, no. 154, pp. 1-16, 2016.
- ESRI. **ArcGIS desktop**: release 10. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2011. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/overview>. Acesso em: 11 out. 2022.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, vol. 37, no. 4, pp. 529-535, 2019. DOI: <http://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.
- FONTOURA, S. M. V., VIERO, F.; BAYER, C.; MORAES, R. P. de. **Adubação nitrogenada em cereais de inverno na região Centro-Sul do Paraná**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2013. v. 1, 42 p.
- INDEX MUNDI. **Ureia**: preço mensal: preço das mercadorias, 2022. Disponível em: <https://www.indexmundi.com/pt/pre%C3%A7os-de-mercado/?mercadoria=ureia&meses=12>. Acesso em: 8 mar. 2022.
- PIRES, J. L. F.; SCHEEREN, P. L.; CAIERAO, E.; CASTRO, R. L. de; LAU, D.; SANTANA, F. M.; CUNHA, G. R. da; CARAFFA, M.; TOIGO, M. de C.; SANTOS, H. P. dos; GUARIENTI, E. M.; MIRANDA, M. Z. de; VIEIRA, V. M.; FAE, G. S.; KLEIN, M. A.; RIFFEL, C. T.; ZENI, M.; MANFRON, A. C. A.; PASINATO, A. **Indicações para o manejo da cultivar de trigo BRS Belajoia (RS, SC e sul do PR)**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2021a. 23 p. (Comunicado técnico, 383).
- PIRES, J. L. F.; SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L. de; CAIERAO, E.; GUARIENTI, E. M.; LAU, D.; CUNHA, G. R. da; SANTANA, F. M.; CARAFFA, M.; TOIGO, M. de C.; SANTOS, H. P. dos; MIRANDA, M. Z. de; FAE, G. S.; VIEIRA, V. M.; KLEIN, M. A.; RIFFEEL, S. T.; PASINATO, A. **Indicações para o manejo da cultivar de trigo BRS Reponte (RS, SC e sul do PR)**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2021b. 24 p. (Comunicado técnico, 380).
- QGIS. **QGIS**: a free and open source geographic information system. 2022. Disponível em: <https://qgis.org/en/site/>. Acesso: 25 ago. 2022.
- VIAN, A. L., BREDEMEIER, C.; DRUM, M. A.; MORAIS, G. L.; FRANCHETTE, J. A. B.; PIRES, J. L. F.; GARAFFA, M.; TRENTIN, C.; FORNARI, M. Modelo para adubação nitrogenada em cobertura em taxa variada em trigo por meio do NDVI no sul do Brasil. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 13., 2019, Passo Fundo. **Anais [...]**. Passo Fundo: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2019. p. 155-159.
- VIAN, A. L.; BREDEMEIER, C.; TURRA, M. A.; GIORDANO, C. P. S.; FOCHESSATTO, E.; SILVA, J. A.; DRUM, M. A. Nitrogen management in wheat based on the normalized difference vegetation index (NDVI). **Ciência Rural**, vol. 48, no. 9, pp. 1-9, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170743>.
- WIETHÖLTER, S. Fertilidade do solo e a cultura do trigo no Brasil. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. (Eds.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p. 135-184.