

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM AGRONOMIA

FELIPE DALAZOANA

ZONAS DE MANEJO E DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA, EM COBERTURA,
NA CULTURA DO TRIGO (*Triticum spp.*)

PONTA GROSSA
2020

FELIPE DALAZOANA

ZONAS DE MANEJO E DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA, EM COBERTURA,
NA CULTURA DO TRIGO (*Triticum spp.*)

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia na Universidade Estadual de
Ponta Grossa – Área de Concentração: Agricultura.
Linha de Pesquisa: Uso e Manejo do solo.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Weirich Neto.

PONTA GROSSA
2020

D136 Dalazoana, Felipe
Zonas de manejo e doses de adubação nitrogenada, em cobertura, na cultura do trigo (*triticum spp.*) / Felipe Dalazoana. Ponta Grossa, 2020. 59 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Weirich Neto.

1. Nitrogênio. 2. Trigo. 3. Triticum spp.. 4. Zonas de manejo. I. Weirich Neto, Pedro Henrique. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Agricultura. III.T.

CDD: 633



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

Título da Dissertação: "**Zonas de manejo e doses de adubação nitrogenada, em cobertura, na cultura do trigo (*Triticum spp.*)**."

Nome: **Felipe Dalazoana**

Conceito

Aprovado

Reprovado

Prof. Dr. Pedro Henrique Weirich Neto

Prof. Dr. Jaime Alberti Gomes

Dr. Afonso Peche Filho



Documento assinado eletronicamente por **Jaime Alberti Gomes, Professor(a)**, em 18/05/2020, às 16:49, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Henrique Weirich Neto, Professor(a)**, em 18/05/2020, às 16:57, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Afonso Peche Filho, Usuário Externo**, em 18/05/2020, às 17:49, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <http://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0215721** e o código CRC **0CEE5749**.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Pedro Henrique Weirich Neto pelo auxílio e orientação.

Ao meu colega de mestrado e amigo Heverton Fernando Melo, pelo companheirismo e apoio nas tarefas.

Ao meu colega de pós-graduação e amigo, Santos Henrique Brant Dias, pelo inestimável auxílio nas várias etapas do trabalho, principalmente na área de geoprocessamento e estatística.

À minha esposa Catiane, por seu amor, paciência e apoio incondicional.

Aos meus pais Luiz Evaldo e Izabel e às minhas irmãs Élide, Karine, Evelize e Eloiza.

À CAPES pela concessão da Bolsa de estudos.

Ao amigo Ângelo Rafael Bini, pelos anos de amizade e apoio na realização dos procedimentos laboratoriais de análise de solo.

À Deus por ter me conduzido pelos caminhos por onde andei, e que me trouxeram até aqui.

Enfim, a todos que, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Conhecer as variáveis que influenciam o desenvolvimento das plantas cultivadas permite que sejam tomadas decisões que melhoram a eficiência da lavoura. Os objetivos deste trabalho são definir, de forma simples e prática, zonas de manejo com diferentes potenciais produtivos dentro da área manejada uniformemente. Verificar a influência da variabilidade espacial na dose ótima de nitrogênio na cultura do trigo. O trabalho foi implantado no município de Ivaí – PR, o experimento é composto por duas etapas, à primeira consiste na caracterização dos atributos físico-químicos da área e segunda consiste na implantação de um experimento com doses de adubação nitrogenada (N). Através da análise de NDVI de dois anos agrícolas, foram observadas cinco áreas. Nestas foram consideradas análises físicas, químicas, aspectos de paisagem e estrutural do solo. De posse destes delimitaram-se dois pontos onde realizou-se experimento visando manejo diferenciado de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N). Não houve efeito de doses do N no rendimento de grãos e em nenhum de seus componentes. O *falling number* aumentou linearmente em função das doses de N em ambas as zonas de manejo. Durante o ciclo da cultura ocorreu período de forte deficiência hídrica, comprometendo seu desenvolvimento.

Palavras-Chave: Nitrogênio. Trigo. *Triticum spp.* Zonas de manejo.

ABSTRACT

Knowing the variables that influence the development of cultivated plants allows decisions to be made that improve crop efficiency. The objectives of this work are to define, in a simple and practical way, management zones with different productive potentials within the uniformly managed area. To verify the influence of spatial variability on the optimal nitrogen dose in wheat crop. The work was implemented in the municipality of Ivaí - PR, the experiment consists of two stages, the first consists of the characterization of the physical-chemical attributes of the area and the second consists of the implementation of an experiment with nitrogen fertilization doses (N). Through NDVI analysis of two agricultural years, five areas were observed. In these, physical, chemical, landscape and structural aspects of the soil were considered. In possession of these two points were delimited where an experiment was carried out aiming at differentiated handling of nitrogen in coverage (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹ of N). There is no effect of doses of N on grain yield and any of its components. The falling number increased linearly as a function of N doses in both management zones. During the crop cycle there was a period of severe water deficiency, compromising its development.

Keywords: Nitrogen. Wheat. *Triticum spp.* Management zones.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Isocotas e perfil.....	24
Figura 2 - Área dividida em talhões. Números representam os talhões e as linhas amarelas os limites de cada talhão.....	25
Figura 3 - Divisão da área em zonas de coleta. Os números representam as zonas de coleta e o contorno em preto, sua delimitação.....	27
Figura 4 - Localização dos pontos de coleta. O contorno amarelo indica o perímetro dos talhões.....	27
Figura 5 - Retirada do bloco de solo indeformado para o VESS.....	29
Figura 6 - Bloco de solo fraturado na sua posição intermediária (A) e os agregados nas suas linhas de fraqueza (B).....	29
Figura 7 - Croqui da área experimental (D=dose, número= tratamento).....	31
Figura 8 - (A)Área com aveia (27/07/2017) e (B) Área com centeio (05/09/2018).....	33
Figura 9 - Imagens em NDVI (A) e RGB (B) da cultura da soja em pleno florescimento....	34
Figura 10 - Imagens em NDVI (A) e RGB (B) da cultura da soja em enchimento de grãos...	34
Figura 11 - Divisão da área em zonas de coleta. Os números representam as zonas de coleta e o contorno em preto, sua delimitação.....	35
Figura 12 - Solo de coloração avermelhada predominante nas zonas 1, 2 e 3 (A). Solo predominante nas zonas 4 e 5, ênfase no material de origem com eixo longitudinal está inclinado em relação ao plano horizontal (b), solum com espessura limitada devido a erosão hídrica.....	43
Figura 13 - Área dividida em zonas de manejo distintas. Obs: números iguais representam a mesma zona de manejo.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Precipitação pluviométrica na estação de coleta de dados convencional do INMET no município de Ivaí, a aproximadamente 10 km da área do experimento (latitude: -25.010833°, longitude: -50.853611°)46
- Gráfico 2 - Precipitação pluviométrica na estação de coleta de dados convencional do INMET no município de Ivaí, a aproximadamente 10 km da área do experimento (latitude: -25.010833°, longitude: -50.853611°)46
- Gráfico 3 - Armazenamento de água no solo e perda do potencial produtivo da cultura do trigo em função do armazenamento de água no solo47
- Gráfico 4 - Efeito de doses crescente de nitrogênio aplicadas em cobertura no Numero de queda (em segundos) nas zonas de manejo 1e 2 respectivamente.....49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias climatológicas mensais do município de Ivaí –PR.....	23
Tabela 2 - Ocupação da área nos últimos 3 anos agrícolas	23
Tabela 3 - Análise descritiva para os valores de profundidade, qualidade estrutural (Qe), através do método do VESS, e teor de argila do solo	38
Tabela 4 - Classificação da qualidade estrutural do solo associada ao escore e aos manejos necessários.....	39
Tabela 5 - Análise descritiva para os valores das análises químicas de rotina de solo, nas camadas 00-20 cm, por zonas de coleta	40
Tabela 6 - Análise descritiva para os valores das análises químicas de rotina de solo, nas camadas 20- 40 cm, por zonas de coleta	42
Tabela 7 - Características dimensionais físicas do solo classificadas conforme zona de coleta.....	44
Tabela 8 - Resumo da análise de variância dos efeitos de doses de nitrogênio em cobertura nas variáveis de rendimento e tecnológicas do trigo na zona de manejo 1	45
Tabela 9 - Resumo da análise de variância dos efeitos de doses de nitrogênio em cobertura nas variáveis de rendimento e tecnológicas do trigo na zona de manejo 2	45
Tabela 10 - Valores do Falling Number para as diferentes categorias de produtos fabricados com farinha de trigo.....	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	SENSORIAMENTO REMOTO	13
2.2	ANÁLISE VISUAL DA QUALIDADE DO SOLO (VISUAL EVALUATION OF SOIL STRUCTURE - VESS).....	15
2.3	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO TRIGO (TRITICUM SSP.).....	16
3	OBJETIVOS	21
3.1	GERAL.....	21
3.2	ESPECÍFICOS.....	21
4	HIPÓTESES	22
5	MATERIAL E MÉTODOS	23
5.1	EXPERIMENTO PRELIMINAR - DEFINIÇÃO DAS ZONAS DE MANEJO	23
5.1.1	Descrição da área.....	23
5.1.2	NDVI.....	25
5.1.3	Caracterização do solo.....	27
5.2	EXPERIMENTO PRINCIPAL - DOSES DE NITROGÊNIO NO TRIGO.....	30
5.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	32
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6.1	EXPERIMENTO PRELIMINAR.....	33
6.1.1	Normalized Difference Vegetation Index - NDVI.....	33
6.1.2	Caracterização do solo.....	36
6.1.3	Definição das zonas de manejo	43
6.2	EXPERIMENTO PRINCIPAL - TRIGO	44
7	CONCLUSÃO.....	51
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial e o aumento da demanda de alimentos já é fato consolidado (TRIPATHI *et al.*, 2019). Um dos polos de produtividade agrícola no mundo é o Brasil, e dentro do Brasil o estado do Paraná se destaca na produtividade de inúmeras culturas.

A média de produtividade das culturas no Brasil é muito baixa se comparado ao potencial produtivo, o que ocorre também no Paraná. Segundo dados da COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO -Conab (2019) a produtividade média brasileira de soja na safra 2018/19 foi de 3.206 kg ha⁻¹ e de trigo foi de 2.774 kg ha⁻¹, enquanto a média do estado do Paraná para o mesmo ano safra foi 2.989 kg ha⁻¹ e 2.729 kg ha⁻¹, respectivamente. Embora a produtividade das lavouras tenha aumentado historicamente, não é difícil encontrar hoje em dia, produtores alcançando rendimentos muito superiores a media estadual e nacional em suas propriedades.

A produtividade das culturas varia de acordo com a interação entre os fatores bióticos (culturas e cultivares), fatores abióticos (solo, radiação e precipitação principalmente) e com o manejo antrópico (CORASSA *et al.*, 2019). A interação entre estes três fatores determina o nível alcançado por cada produtor.

Por contexto histórico, existe no Brasil correlação direta entre tamanho da propriedade e condições da paisagem. Áreas com problemas para motomecanização são de pouco interesse para o setor industrial da agricultura brasileira. Nas áreas com gradientes topográficos mais acentuados, destinadas aos produtores de menor capacidade de investimento, a variabilidade do solo assume grande importância na (DALCHIAVON, 2012; RODRIGUES, 2010).

Análises de investimento em propriedades de diferentes tamanhos no estado do Paraná, concluíram que quanto maior a área, menor custo operacional e maior a rentabilidade (ARIEIRA *et al.*, 2008). Por esse motivo a produção em pequenas áreas necessariamente deve ser mais eficiente que a média proporcionada pelos pacotes tecnológicos disponíveis. Dimensionar e identificar estes fatores que variam e controlam o desenvolvimento das plantas cultivadas permite melhorar a eficiência e o rendimento da lavoura

O manejo eficiente e sustentável das áreas agrícolas deve considerar a variabilidade nas tomadas de decisão. De acordo com (INAMASU; BERNARDI, 2014), considerar a variabilidade é reconhecer que o campo não é uniforme e nela há aptidões agrônomicas diferentes, mesmo em uma propriedade cuja dimensão não seja extensa. Isso é bastante

conhecido pelos pequenos agricultores que, em função do maior contato com a lavoura, geralmente tem conhecimento detalhado das áreas.

Pensando nisso, muitos agricultores adotam ferramentas ou pacotes tecnológicos, para gerenciar as atividades, como por exemplo, “mapeamento do solo” e aplicação de insumos em taxa variável. Essas, geralmente, têm elevado custo, trazendo problemas de viabilidade ao pequeno produtor e se baseiam em mapas gerados a partir da textura e fertilidade do solo, deixando de lado as demais causas de variação da área.

Com isso, o trabalho teve como objetivo avaliar o uso de “zonas de manejo” na adequação da adubação nitrogenada, para a cultura do trigo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A paisagem é fruto da interação dos componentes geológicos, expostos à ação do clima, fatores geomorfológicos e bióticos que, através do tempo, refletem atualmente os registros acumulados da evolução biofísica. O planejamento do uso do solo, por meio do estudo da paisagem, tem sido ressaltado como complemento para diferentes planejamentos, principalmente uso agrícola e recuperação ambiental de áreas degradadas (MUCHAILH, 2007).

Ao longo da paisagem, pode ocorrer variabilidade espacial nos atributos do solo. A variabilidade nos atributos do solo são devidas a vários fatores, dentre eles a posição do solo na paisagem, drenagem do terreno, processos de erosão e deposição e desenvolvimento da vegetação (MEIRELES et al., 2012). Isso pode ser demonstrado por resultados dos levantamentos e análises dos solos, bem como pelas diferenças encontradas no desenvolvimento e rendimento das culturas (BOTTEGA et al., 2013a). Solos de mesma classe taxonômica, considerados relativamente homogêneos, podem apresentar variação em seus atributos como resultado da aplicação de práticas de manejo ao longo do tempo. Tal variabilidade deveria influenciar na escolha e consequente eficiência do manejo e no desenvolvimento das culturas (CAVALCANTE *et al.*, 2007)

Vários trabalhos têm demonstrado a variabilidade espacial em lavouras comerciais. Weirich Neto; Sverzut e Schimandei (2006), analisando área de lavoura comercial nos Campos Gerais do Paraná observaram variação nas necessidades de adubação e calagem, demonstrando haver diferenças, em uma área de 22 ha, originalmente considerado como homogênea.

A variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos do solo tem sido alvo de diversos trabalhos (BOTTEGA *et al.*, 2013; DELALIBERA; WEIRICH NETO; NAGATA, 2012; MEDEIROS *et al.*, 2007; WEIRICH NETO; SVERZUT; SCHIMANDEIRO, 2006). Dentre os atributos físicos do solo, a granulometria tem sido amplamente estudada, de baixo custo de análise, pode influenciar importantes características, como retenção de água, retenção de cátions, erodibilidade, permeabilidade, retenção de fosfatos, lixiviação de nitratos, formação de selo superficial, coesão e adesão, entre outras (RODRIGUES, 2010).

Os atributos químicos, com exceção do pH do solo, apresentam maior variação do que os físicos, devido às várias combinações a que estão sujeitos os elementos e às constantes reações químicas que ocorrem na solução do solo, gerando distribuição heterogênea de seus componentes em mesma gleba (CAVALCANTE *et al.*, 2007). Essa heterogeneidade é natural,

devido aos processos de formação do solo, e pode aumentar no decorrer do tempo de acordo com o manejo adotado, afetando disponibilidade de nutrientes às plantas. Geralmente, se tem maior domínio da variabilidade presente em pequenas propriedades, devido ao maior contato do agricultor com os detalhes da lavoura. Já em grandes propriedades, conforme aumento de área produtiva, esse detalhamento foi deixado de lado em função da escala de produção viabilizada pela motomecanização. Isso faz com que a agricultura em muitas propriedades, seja embasada em valores médios, com excessiva simplificação, desconsiderando a variabilidade espacial do solo (MOLIN, 2004).

Nas propriedades mais tecnificadas, a variabilidade passa a ser estudada, devido a maior disponibilidade de dados gerados a partir das ferramentas de “agricultura de precisão”. Um exemplo é o uso de imagens de sensoriamento remoto, com os quais se pode obter índices de vegetação, como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*),

2.1 SENSORIAMENTO REMOTO

Sensoriamento Remoto é definido como a capacidade de se obter informação sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um sensor que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação (LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN, 2015). Quando a energia eletromagnética incide em algum alvo da superfície terrestre, a energia incidente no elemento pode ser refletida, absorvida e/ou transmitida. A capacidade de refletir a energia incidente indica a refletância de um objeto, assim como a absorbância indica a capacidade de um objeto absorver essa energia.

A proporção de energia refletida, absorvida e transmitida varia de acordo com os diferentes alvos terrestres e dependem do tipo, material e condição do alvo. Além disso, um mesmo objeto pode ter diferentes proporções de energia refletida, absorvida e transmitida, a depender do comprimento de onda. Isso permite ao observador distinguir diferentes objetos em uma mesma imagem, os objetos podem ser semelhantes em uma faixa espectral e bem diferentes em outra banda de comprimento de onda (LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN, 2015).

Atualmente, um grande número de sensores orbitais está disponível para o monitoramento global da superfície terrestre, cada um deles com diferentes características espectrais, espaciais e radiométricas (BEZERRA, 2019). No trabalho foram usadas imagens geradas pela empresa Planet.

A empresa Planet Labs, atualmente denominada Planet, opera atualmente três constelações satélites de imagens: PlanetScope, RapidEye e SkySat. A constelação tem aproximadamente 175 satélites (PLANET, 2020).

As imagens da constelação PlanetScope possuem tempo de revisita diário e distância amostral do solo de 3,5 a 4m (GSD de 3,7 m). As bandas espectrais são o Blue (455-515 nm), o Green (500-590 nm), o Red (590-670 nm) e o NIR (780-860 nm) (PINHEIRO; RAMOS; JUNIOR, 2020).

Entre os dados de sensoriamento remoto de melhor potencial para aplicação na agricultura, destacam-se as imagens obtidas por sensores e satélites (FORMAGGIO; SANCHES, 2017). A partir dessas imagens podemos gerar índices de vegetação, que nos permitem compreender comportamento espectral de culturas agrícolas e inferir dados como a área foliar, a fitomassa, a atividade fotossintética das plantas e a porcentagem do solo (SILVA et al., 2019a)

Dentre os índices de vegetação conhecidos, o Índice de Vegetação por Diferenças Normalizadas (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) é o mais utilizado, devido à sua sensibilidade à presença de pigmentos que participam de processos fotossintéticos (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

O NDVI é calculado através da razão entre a diferença das bandas infravermelho próximo e vermelho pela soma das mesmas, exemplificado na equação 1, (ROUSE JR et al., 1974). Estas duas bandas espectrais são as mais afetadas pela absorção de clorofila na vegetação de folhas verdes e pela densidade da vegetação na superfície.

O NDVI é um indicador da quantidade e condição da vegetação, cujos valores variam no intervalo de -1 a 1. Sendo que as áreas com vegetação intensa se aproximam de 1, valores próximos de 0 representam solo exposto e valores abaixo de 0 indicam água (DE BORATTO e GOMIDE, 2013).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

Onde:

NIR = Infravermelho próximo

RED = Vermelho

A utilização de índices de vegetação podem indicar informações da cobertura vegetal, massa verde, área foliar, atividade fotossintética, entre outros (CARNEIRO, 2018). Também é utilizada uma composição colorida das bandas vermelho, verde e azul, chamada RGB (*Red, green and Blue*). Essa composição ajuda a identificar feições, tais como: solo exposto, manguezais e diferentes tipos de vegetação, por diferentes cores (DEBIASI *et al.*, 2007). Assim, auxilia a detectar diferentes objetos ou feições na área e planejar estratégias adequadas para o manejo da cultura.

Com uso de ferramentas, aliado a banco de informações, é possível identificar zonas semelhantes. Através destas podem ser identificadas restrições que possam estar limitando o rendimento e, posteriormente, realizar correção com manejo adequado. Manejos específicos podem evitar prejuízos de ordem econômica e ambiental (MATIAS *et al.*, 2015).

2.2 ANÁLISE VISUAL DA QUALIDADE DO SOLO (VISUAL EVALUATION OF SOIL STRUCTURE - VESS)

A estrutura do solo é um importante indicador de qualidade, pois está relacionada com a porosidade, disponibilidade de água, resistência mecânica do solo à penetração e o desenvolvimento do sistema radicular. Para a análise da estrutura do solo é possível utilizar diferentes métodos de avaliação. Dentre eles destaca-se o método da avaliação visual da estrutura do solo (VESS), apresentado por (BALL; BATEY; MUNKHOLM, (2007).

No Brasil, avaliações usando o método VESS tiveram início em 2008 e, nos anos seguintes, foram realizados estudos para validar seu uso e eficácia na determinação de diferenças na qualidade estrutural de solos sob diferentes sistemas de uso e gerenciamento, provando ser um eficiente método para avaliar a qualidade física dos solos brasileiros sob plantio direto (GIAROLA *et al.*, 2013).

O VESS é um método simples, utilizado para se examinar a condição do solo e a forma com que é afetado pelas práticas de manejo (PENNING *et al.*, 2015). Ele fornece uma medida qualitativa da estrutura do solo, obtida diretamente no campo, podendo se fazer avaliações de forma rápida, segura, objetiva e de baixo custo sobre a qualidade do solo, sendo também utilizado para identificar as limitações de um solo. Metodologias como esta, são úteis para determinar estratégias de manejo do solo, com a vantagem de exigir o uso de pouco equipamento e a possibilidade de interpretação imediata (GIAROLA *et al.*, 2010).

2.3 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO TRIGO (*Triticum ssp.*)

A produção de trigo (*Triticum ssp.*) tem grande importância na economia global, pois está entre os três cereais mais cultivados no mundo (TAKEITI, 2015). No Brasil é opção para sistemas de rotação e sucessão de culturas nos sistemas produtivos, sendo cultivado na Região Sul do país, como safra de inverno (Clima temperado) (OLIVEIRA NETO; SANTOS, 2017).

A viabilidade e rentabilidade desta cultura dependem do conhecimento de aspectos relacionados à fisiologia da planta (crescimento e desenvolvimento), das peculiaridades da região onde será cultivado (clima e solo, por exemplo) e das práticas de manejo adequadas em cada situação de produção (ROSA; FONTANA; RESENDE, 2019).

No Sul do Brasil, o trigo é cultivado no sistema de plantio direto, sem uso de irrigação e geralmente são lavouras com alto nível de conhecimento aplicado. Nas regiões mais frias, como o centro-sul do Paraná, o cultivo de milho safrinha fica impossibilitado devido a ocorrência de geadas. Sendo assim, o trigo pode diluir os custos fixos, fornecer cobertura viva do solo no inverno, cobertura morta para a semeadura da cultura de verão, melhorar as características físico-químicas do solo e auxiliar no controle de plantas espontâneas (OLIVEIRA NETO; SANTOS, 2017).

Na safra 2019, as lavouras de trigo semeadas abrangeram área de 2.046,1 mil ha e produtividade média estimada de 2.639 kg ha⁻¹. A região Sul do país tem cultivados 1.810,8 mil ha, representando 88,5% da área total de trigo semeada no Brasil. Além da área plantada ter retraído 1,5% em relação à safra anterior, as lavouras brasileiras sofreram redução de produtividade devido aos danos ocorridos por intempéries climáticas, sobretudo geadas e estiagens no sul do país.

A região dos Campos Gerais, no Paraná, tem a cultura do trigo consolidada no sistema de rotação de culturas e manejo invernal. Essa região é caracterizada por solo menos argiloso, mais ácido e com maior concentração de alumínio, o que requer maior necessidade de calagem. Associado a isso, o clima é úmido e frio no inverno, o que implica uma maior suscetibilidade a geadas e doenças em comparação ao resto do estado. Estas características afetam a quantidade e a qualidade da produção, implicando em uma produção bastante heterogênea (OLIVEIRA NETO; SANTOS, 2017).

Nesse contexto, o correto manejo da cultura é fator decisivo para o sucesso da lavoura. Diversos autores destacam o manejo da adubação como decisivo para se atingir elevados rendimentos da cultura, sendo a adubação nitrogenada a mais complexa e importante

(ZAGONEL *et al.*, 2002; MEGDA *et al.*, 2009; FOLONI *et al.*, 2015a). Isso se deve em razão do nitrogênio (N) ser um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pela cultura e seu acúmulo na planta está relacionado com o rendimento de grãos da cultura.

Como o trigo não apresenta fixação biológica de nitrogênio precisa obter praticamente todo o N necessário ao seu crescimento e desenvolvimento do solo e dos fertilizantes. Geralmente, é aplicada uma fração do N de que o trigo necessita no sulco de semeadura e o restante a lanço, em cobertura, nos períodos de maior exigência. Isto ocorre em razão de três fatores: baixa exigência inicial, possibilidade de perdas por lavagem e elevado índice salino dos fertilizantes nitrogenados (TEIXEIRA FILHO *et al.*, 2010).

O N é fundamental nos processos de síntese de proteínas, enzimas, clorofilas, fitohormônios, ácidos nucleicos e metabólitos secundários, e é o nutriente encontrado em maior quantidade nos tecidos da cultura, como relatado por De Bona; De Mori e Wiethölter (2016).

Para fornecer a quantidade ideal do N à cultura deve ser considerado o ambiente, o manejo e a cultivar, de maneira a se obter recomendações específicas. A resposta a doses de N, pode se comportar de maneiras distintas, quando se variam as condições de cultivo.

Por exemplo, a recomendação média de adubação nitrogenada para a cultura do trigo no Paraná, varia de 10 a 30 kg ha⁻¹ de N aplicados na semeadura e 30 a 90 kg ha⁻¹ em cobertura, dependendo das condições de solo, da cultura antecessora e do potencial produtivo planejado para a lavoura (REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 12. 2018).

Já em cultivares de alto rendimento, na região dos Campos Gerais, a quantidade aplicada é superior à média estadual. Barth e Suyama, (2013) trabalhando com doses crescentes de N, em uma área de LATOSSOLO Bruno, com fertilidade alta, no município de Castro PR, observaram incremento no rendimento de grãos de trigo a dose de 120 kg ha⁻¹, sendo essa a dose máxima de resposta à adubação nitrogenada para o cultivar em estudo.

Embora a resposta da cultura a adubação nitrogenada seja bastante satisfatória em produtividade, se deve ter atenção quanto aos reflexos desta na planta de trigo e na qualidade da farinha. Pois o manejo deste nutriente pode governar, em grande parte, a expressão de doenças em genótipos de trigo, podendo influenciar no incremento ou o decréscimo de doenças (HUBER; HANEKLAUS, 2007).

O controle químico de doenças representa parte importante nos custos de produção e pode ser ineficiente em função da agressividade do patógeno ou quando as condições climáticas são favoráveis ao patógeno (CRUZ *et al.*, 2011).

Desta forma é importante manter a nutrição adequada da cultura. Em plantas com nutrição equilibrada, se verifica rápida emissão de folhas, além da melhoria nas barreiras de resistência física e química, pela melhor expressão da resistência, principalmente a horizontal (TAIZ *et al.*, 2017).

Em estudo realizado sobre mancha marrom do trigo (*Bipolaris sorokiniana*) nas cultivares IAC-24 e IAC-60, o aumento da dose de nitrogênio (N) promoveu acréscimo na incidência da doença nos genótipos (TANAKA; FREITAS; MEDINA, 2008). No mesmo trabalho foi verificado que a manifestação dos sintomas de oídio teve aumento linear para as doses de N, para o tratamento com ausência de fungicida. O mesmo se aplica a ferrugem da folha, independente do tratamento com ou sem fungicida.

Verificando a relação entre adubação nitrogenada e sanidade em 3 cultivares, observou-se que a severidade de brusone em espigas foi significativamente alterada pelas doses de N, havendo interação com as cultivares avaliadas (SILVA *et al.*, 2016).

Devido à dinâmica de N no solo ser complexa, a cultura apresenta diferentes respostas em relação à eficiência da adubação nitrogenada, pois engloba processos químicos e biológicos, os quais são afetados por fatores como temperatura, conteúdo de água, tipo de solo, tipo de cobertura, teor de matéria orgânica, entre outros (WIETHÖLTER; SCHEEREN; DE BONA, 2015). A eficiência de seu uso pela cultura depende da interação entre quantidade de N aplicada e ambiente, a qual determina a efetiva disponibilidade do nutriente para a cultura.

A maior parte da absorção de N pelo trigo ocorre nas fases de alongamento do colmo e espigamento, a partir desta fase a absorção continua, porém aumentam os processos de perdas de N, como senescência de folhas velhas e exudação de compostos nitrogenados pelas raízes (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

A disponibilidade adequada de N nas fases iniciais do trigo, não deve ser negligenciada. Resultados de pesquisa indicam que a aplicação do nitrogênio deve ser realizada nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura. A adubação de cobertura deve ser feita no perfilhamento (SILVA; FOLONI; BASSOI, 2017).

Desta forma, conclui-se que a disponibilidade de N na fase de afilhamento define o número de espiguetas por espiga e o número de espigas por unidade de área (MUNDSTOCK; BREDEMEIER, 2002). Quando a adubação nitrogenada é aplicada após esta fase não aumenta o rendimento de grãos, contudo pode melhorar os teores de proteínas no grão, melhorando a qualidade da farinha (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

Trabalhos com diferentes doses de N em trigo cultivado sobre restos culturais de soja e milho, relatam que o rendimento médio de soja foi 10,9 % (382 kg ha⁻¹) superior (FOLONI *et al.*, 2015). Os autores atribuem essa diferença ao fato de que os residuais de N provenientes dos resíduos de soja podem suprir parcialmente as demandas de N do trigo. Por outro lado, em áreas com restos culturais de milho ocorre imobilização de N pela alta relação carbono/nitrogênio (C/N).

A necessidade de N, geralmente, é suprida com uso de fertilizantes nitrogenados. Os fertilizantes nitrogenados mais utilizados no Brasil possuem N solúvel na forma amídica, amoniacal, nítrica ou mista. A fonte mais utilizada pelos triticultores brasileiros, devido relação custo/benefício, é a ureia, composto nitrogenado sólido [CO(NH₂)₂] que se apresenta na forma de grânulos e possui 46% de N na forma amídica (SILVA *et al.*, 2016b).

A ureia é altamente solúvel em água e apresenta compatibilidade com diversos fertilizantes e defensivos. Apresenta, também, elevada higroscopicidade, possibilidade de perdas por lixiviação devido a sua alta solubilidade, e, principalmente, possibilidade de elevadas perdas por volatilização de NH₃ (CANTARELLA, 2007).

Quando aplicada ao solo, a ureia [CO(NH₂)₂] é hidrolisada pela enzima urease, resultando na formação de carbonato de amônio [CO(NH₂)₂ + 2H₂O → (NH₄)₂CO₃], que se decompõe rapidamente, originando amônio, bicarbonato e hidroxila [(NH₄)₂CO₃ + H₂O → 2NH₄⁺ + OH⁻ + HCO₃⁻], elevando pH ao redor dos grânulos do fertilizante. Então, parte do amônio se converte em amônia (NH₃) e caso não seja incorporada ao solo pode ser perdida por volatilização (CANTARELLA, 2007).

A perda de nitrogênio por volatilização de amônia é um dos principais fatores responsáveis pela baixa eficiência da ureia, quando aplicada superficialmente em condições inadequadas (KIEHL, 1989).

As perdas podem variar de acordo com as condições durante a realização da adubação nitrogenada. (DA ROS; AITA; GIACOMINI, 2005), constataram 17 % de trabalhando com adubação nitrogenada em plantio direto; (SCIVITTARO *et al.*, 2010) 22% trabalhando com arroz irrigado; (FERGUSON *et al.*, 1984) chegaram a encontrar perdas entre 42 e 50% em condições de sequeiro.

Esses valores podem ser ainda superiores, quando se tem condições de baixa umidade no solo, baixos teores de matéria orgânica, reduzida capacidade de troca de cátions, altas temperaturas, valores elevados de pH e maior presença de cobertura vegetal (TASCA *et al.*, 2011).

A condição ideal para reduzir as perdas por volatilização de amônia é realizar

aplicação da uréia antecedendo um dia de precipitação pluvial de média intensidade, a fim de dissolver os grânulos do fertilizante e incorporar o N ao solo, reduzindo as perdas por volatilização de amônia (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016)

O N é absorvido pelas plantas de duas formas, sendo na forma de nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+). O nitrato é a forma mais abundante no solo, devido à presença de bactérias nitrificadoras no solo (*Nitrossomonas* e *Nitrobacter*) que transformam o amônio a nitrato, sendo esta a forma mais absorvida pelas raízes das plantas é o nitrato. O nitrogênio encontrado na forma orgânica também deve ser convertido para a forma inorgânica para que seja absorvido pelas plantas. Este processo é chamado de mineralização, e é composto por processos de amonificação e nitrificação. Outro importante processo de transformação do nitrogênio no solo é a imobilização, processo que consome o N mineral disponível, deixando o indisponível temporariamente, este processo ocorre simultaneamente ao de mineralização (FOLLMANN, 2015).

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Verificar se há diferença na dose recomendada de adubação nitrogenada para a cultura do trigo (cv. Tbio Sonic), em função das zonas de manejo, dentro da mesma área.

3.2 ESPECÍFICOS

Definir, de forma simples e prática, zonas de manejo com diferentes potenciais produtivos dentro da área manejada uniformemente.

Verificar a influência das zonas de manejo na dose recomendada de nitrogênio na cultura do trigo.

4 HIPÓTESES

A ocorrência de variabilidade nos padrões produtivos do solo vai permitir diferenciar “zonas de manejo” na área.

As “zonas de manejo” vão permitir a recomendação de doses diferenciadas de adubação nitrogenada.

As “zonas de manejo” vão influenciar no rendimento e qualidade do trigo produzido.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 EXPERIMENTO PRELIMINAR - DEFINIÇÃO DAS ZONAS DE MANEJO

5.1.1 Descrição da área

O trabalho foi realizado no Sítio Guabiroba, no município de Ivaí – PR, com latitude aproximada da sede em 24°53'45.17"S, longitude 50°50'30.22"O e altitude média de 850 m. O clima é do tipo Cfb, segundo a classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013), com temperatura média anual de 17,5 °C e geadas frequentes no inverno (NITSCHKE *et al.*, 2019). Predominam chuvas uniformemente distribuídas no ano, sem estação seca, com precipitação média anual em torno de 1600 mm, conforme mostra a Tabela 1 (CAVIGLIONE *et al.*, 2000).

Tabela 1 - Médias climatológicas mensais do município de Ivaí –PR.

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
T. média (°C)	22.0	21.8	20.6	18.0	15.2	13.9	13.8	15.4	16.9	18.4	19.9	21.1
T. mín. (°C)	16.4	16.4	15.1	12.3	9.4	8.2	7.6	8.8	10.8	12.5	13.6	15.0
T. máx. (°C)	27.6	27.3	26.2	23.8	21.1	19.7	20.0	22.0	23.0	24.4	26.2	27.2
Chuva (mm)	168	146	125	104	114	134	91	100	156	168	143	163

Fonte: (CLIMATE-DATA.ORG, 2020).

A região apresenta grande variabilidade de solos (BHERING *et al.*, 2007). O relevo ondulado, característico da região, está sujeito à erosão causada, principalmente, por perturbações antrópicas.

A área foi manejada nos últimos anos no sistema de Plantio Direto com sucessão de culturas com poaceas e fabaceas (Tabela 2). Antes da instalação do experimento a área estava ocupada com a cultura de centeio, com a finalidade de produção de matéria seca para cobertura, sendo este dessecado 44 dias antes da instalação do experimento inicial.

Tabela 2 - Ocupação da área nos últimos 3 anos agrícolas

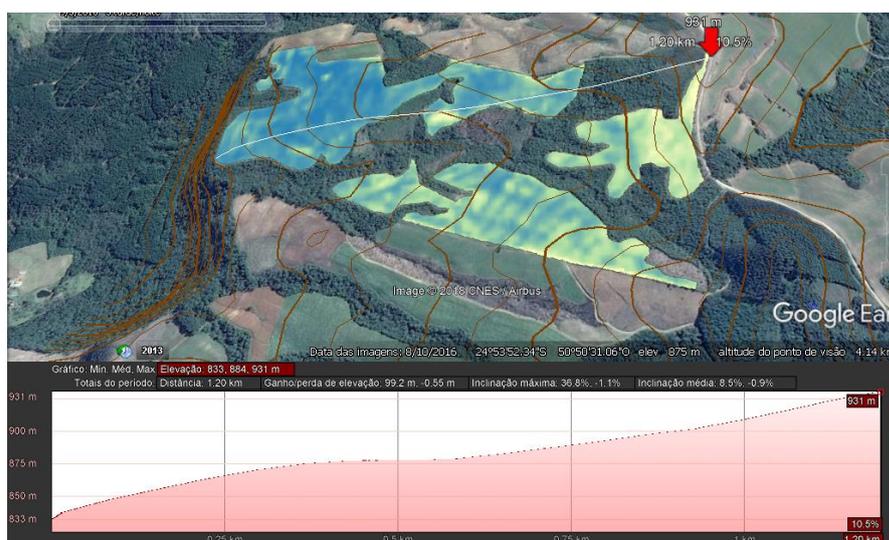
Ano	Inverno	Verão
2018	Centeio	Soja
2017	Aveia	Feijão/soja
2016	Aveia	Soja

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

A área apresenta gradiente topográfico acentuado, sendo cortada por duas linhas de drenagem, convergindo em uma principal que divide o terreno. Dividindo a área em isocotas

(linhas em cor marrom) e traçando o perfil topográfico, se observa que a área apresenta gradiente topográfico de 7 a 15% entre o ponto de maior cota e o ponto de menor cota do terreno (Figura 1). A seta vermelha na figura indica o ponto mais elevado do terreno, com 931m, iniciando a linha branca, que no seu final marca o ponto mais baixo, 830m de altitude.

Figura 1 - Isocotas e perfil



Fonte: Google (2020). Adaptado pelo autor.

Foram conduzidos dois estudos, um estudo preliminar e o experimento principal. O primeiro consiste em identificar a variabilidade espacial dos atributos de solo e planta na área, para delimitar áreas que demandem manejos diferentes dentro a área total. Esse estudo foi composto de duas etapas:

- Primeira etapa: obtenção de imagens de sensoriamento remoto e confecção de NDVI, para identificar a variação de biomassa na área através do Índice Vegetativo;
- Segunda etapa: coletas de solo e planta para realização de análises químicas, físicas e visuais de solo, bem como acompanhamento e avaliações da cultura de verão (soja).

Após a caracterização da área através do estudo preliminar, foi dado inicio ao experimento principal. Os detalhes de cada experimento serão descritos no decorrer desta seção.

5.1.2 NDVI

Historicamente a área vem sendo trabalhada em talhões já existentes, e enumerados de 1 a 3 (Figura 2).

Figura 2 - Área dividida em talhões. Números representam os talhões e as linhas amarelas os limites de cada talhão



Fonte Google Earth, (2020). Adaptado pelo autor.

Para determinação do NDVI, utilizaram-se cenas geradas pela empresa Planet e obtidas, gratuitamente e já com as correções necessárias, no site próprio da Planet Labs Inc. As datas das imagens utilizadas foram: 27 de julho de 2017, a área estava com cobertura de aveia preta e 05 de setembro de 2018, área com cobertura de centeio. A equação do NDVI foi realizada com os Softwares R versão 3.6 e Qgis versão 3.10.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2017; R CORE TEAM, 2018).

Na data de 27 de julho de 2017, a área estava com aveia preta no início da floração, semeada em área total no dia 15 de abril de 2017, com auxílio de distribuidor de fertilizantes e sementes marca Jan modelo Lancer 1350 e incorporação com grade niveladora. Foram utilizados 80 kg há^{-1} de sementes e não foi realizada aplicação de fertilizantes, apenas realizado o controle de plantas daninhas com herbicida a base de Metsulfurom Metílico ($4,0 \text{ g de i.a. há}^{-1}$).

Na data de 5 de setembro de 2018, a área estava com centeio em plena floração, semeado em área total no dia 15 de maio de 2018, com auxílio do distribuidor de fertilizantes

e sementes marca Jan modelo Lancer 1350 e incorporação com grade niveladora. Foram utilizados 70 kg há⁻¹ de sementes e não foi realizada aplicação de fertilizantes, apenas realizado o controle de plantas daninhas com herbicida a base de Metsulfurom Metílico (4,0 g de i.a. ha⁻¹).

Na safra de verão 2018/19 a cultura implantada foi soja. As cultivares utilizadas foram AFS 110 RR, grupo de maturação 6.2 e porte médio e BMX Potencia RR, grupo de maturação 6.7 e porte alto. Ambas com hábito de crescimento indeterminado.

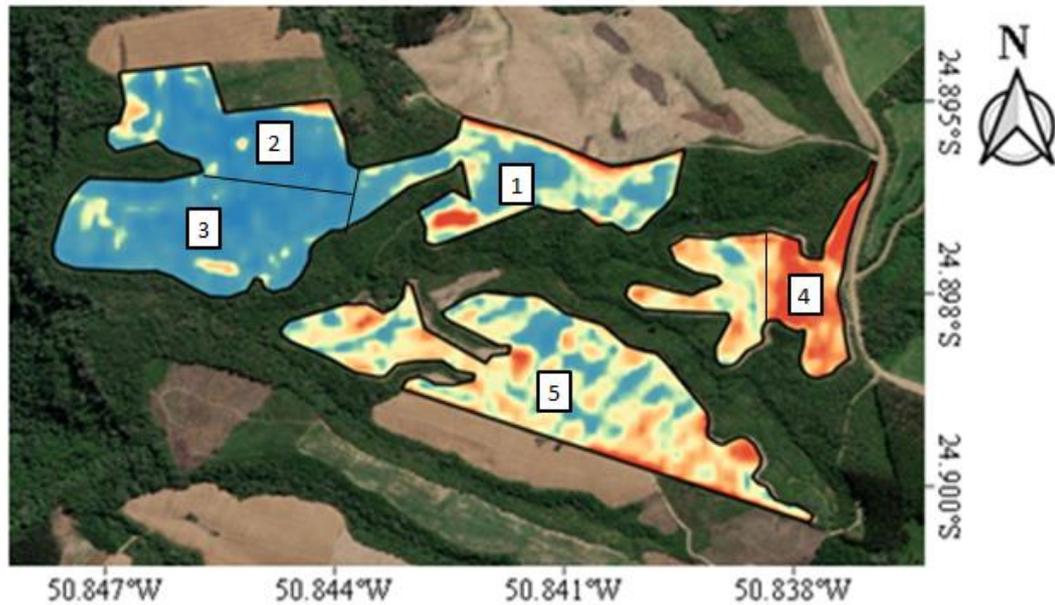
As sementes foram tratadas com inseticida Tiametoxam (1,4 g ia kg⁻¹) e fungicida a base de Carboxina (0,4 g ia kg⁻¹) e Tiram (0,4 g ia kg⁻¹), registrados para a cultura, e também inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. A semeadura foi realizada entre os dias 14 e 20 de novembro de 2018, com semeadora adubadora de precisão, com sistema de distribuição de sementes mecânico (discos perfurados). Foram distribuídas 16 sementes m⁻¹, a fim de se obter a densidade de 290 mil plantas ha⁻¹. O espaçamento utilizado foi de 0,45 m entre linhas.

A adubação foi realizada de acordo com recomendação da EMBRAPA (1999), no caso específico, 250 kg ha⁻¹ do fertilizante fosfatado 02-28-00 com 28% de fósforo, 10% de cálcio e 6 % de enxofre, no sulco de semeadura e 170 kg ha⁻¹ de KCl (60% de K₂O) aplicado, em área total, 2 dias antes da semeadura, totalizando 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e aproximadamente, 100 Kg ha⁻¹ de K₂O, repondo o estimado como exportação pela cultura, considerando produtividade média de 3.800 kg ha⁻¹.

Para conhecer as características e feições dominantes na paisagem da área foi utilizado a análise visual. A análise visual é um método utilizado para reconhecer previamente, numa determinada paisagem, as características de uso e ocupação, bem como de padrões físicos dominantes (PRICHOA; ARANHARIBEIRO; HOLGADO, 2014).

Com base nos resultados do descrito foram dimensionadas cinco glebas para amostragem e coleta de dados (Figura 3).

Figura 3 - Divisão da área em zonas de coleta. Os números representam as zonas de coleta e o contorno em preto, sua delimitação



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

5.1.3 Caracterização do solo

Em cada gleba foram aleatorizados e georreferenciados 4 pontos, totalizando 20 pontos na área total, onde foram realizadas as coletas de solo e avaliações da cultura da soja (Figura 4). Desta forma, as avaliações foram realizadas em locais fixos, visando reduzir a influência da variabilidade nas amostragens.

Figura 4 - Localização dos pontos de coleta. O contorno amarelo indica o perímetro dos talhões.



Fonte: Google Earth adaptado pelo autor (2019).

Para as análises químicas e físicas de solo, foram coletadas 4 sub amostras que foram misturadas para a composição da amostra composta. As amostras foram coletadas no mês de maio de 2019, nas profundidades de 00-20 e 20-40 cm. Sendo, a profundidade de 00-20 cm coletada em 100% das sub amostras e a profundidade de 20-40 cm em 50% das sub amostras, devido a maior homogeneidade desta camada.

Na análise química foi realizada a determinação dos macronutrientes: Cálcio, Magnésio e alumínio (extrator Cloreto de Potássio 1N); Potássio e Fósforo (Extrator Mehlich 1), além de pH (CaCl₂ e água), Hidrogênio, Matéria Orgânica (Método Walkley Black), Soma de Bases, CTC pH 7,0, Saturações (V%, Al, Ca, Mg, K) e Relações (Ca/Mg, Ca/K, Mg/K), segundo método do Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (DONAGEMA *et al.*, 2011).

Na análise textural foram determinados os conteúdos de areia, silte e argila, determinados pelo método da pipeta, utilizando-se também, a método do Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (DONAGEMA *et al.*, 2011).

Nos mesmos pontos foi realizado o dimensionamento da profundidade do *solum*, que é a camada composta pelos horizontes A e B. Para isso foram abertas trincheiras com profundidade máxima de 40 cm e verificado presença ou não de contato com horizonte C ou R. Foi escolhida a profundidade limite de 40 cm devido a pouca profundidade dos solos da região e por essa ser a camada onde está concentrada cerca de 80 % das raízes das culturas comerciais, inclusive trigo (PIRES *et al.*, 1991).

A avaliação do VESS foi realizada em maio de 2019. De acordo com método descrito em Ball; Batey e Munkholm, (2007), foram seguidas as seguintes etapas: Primeiramente, foi aberta trincheira, extraíndo bloco de solo, não deformado, com dimensões de 15 cm x 20 cm (Figura 5). Em seguida, quebrado o bloco de solo na sua posição intermediária e, posteriormente, os agregados nas suas linhas de fraqueza (Figura 6).

Os agregados foram classificados por pontuação conforme sequência sugerida e disponíveis em chave por Ball, Batey e Munkholm (2007) e adaptada por Guimarães; Ball e Tormena (2011) (Anexo 1). Esta chave inclui fotografias de amostras típicas para diferentes tipos de solo, em cada categoria de qualidade estrutural (Qe). Na tabela sugerida, cada categoria tem característica distintiva, sendo dividida em cinco qualidades estruturais (Qe), em uma escala de pontuação que vai do menor valor (Qe=1), para o solo com melhores características até o maior valor (Qe=5) para solo com as piores características (BUSS, 2015).

Figura 5 - Retirada do bloco de solo indeformado para o VESS



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 6 - Bloco de solo fraturado na sua posição intermediária (A) e os agregados nas suas linhas de fraqueza (B).



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Conforme estudo de valores de variáveis, adotadas como representativas, das cinco áreas preliminarmente dimensionadas, se delimitou duas zonas de manejo.

5.2 EXPERIMENTO PRINCIPAL - DOSES DE NITROGÊNIO NO TRIGO

Em cada uma das Zonas de Manejo delimitada foi implantada a cultura de trigo, safra de inverno-2019, no qual se realizou experimento quanto a doses de cobertura de nitrogênio. Em cada zona de manejo foi implantado um experimento, visando observa resposta do trigo conforme manejo diferenciado.

Fo utilizada a cultivar de trigo Tbio Sonic, de ciclo superprecoce, resistência a ferrugem, mancha amarela, bacteriose e brusone, com qualidade industrial de trigo melhorador. Esta cultivar apresenta excelente vigor de planta, tolerando inclusive, áreas com solo de baixa fertilidade.

A semeadura do trigo foi realizada entre os dias 13 e 15 de junho de 2019, com semeadora de fluxo contínuo Imasa MPS 2000. Foram utilizados 400 Kg ha⁻¹ de sementes, visando a densidade de 350 plantas m⁻². As sementes foram tratadas com inseticida Imidacloprido (1,2 g ia kg⁻¹) e fungicidas Tiofanato-metílico (0,7 g ia kg⁻¹) e Fluazinam (1,5 g ia kg⁻¹). O espaçamento utilizado foi de 0,22 m ente linhas e a adubação foi 165 Kg ha⁻¹do fertilizante mineral formulado 09-24-10, com 8% de enxofre, no sulco de semeadura, conforme recomendação da (REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2018).

Os tratamentos, com adubação nitrogenada em cobertura, foram compostos de doses 0; 30; 60; 90; 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sendo que a fonte de N utilizada foi ureia. Os tratamentos foram aplicados, na fase de perfilhamento, manualmente, 30 dias após a emergência da cultura (REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2018).

Cada experimento foi composto por 3 repetições de cada tratamento e o delineamento experimental foi inteiramente casualizado (Figura 7). O tamanho das parcelas foi 5 m de largura por 6 m de comprimento, totalizando 30 m². Para coleta dos dados foram utilizadas 4 linhas de 5 metros (4,5 m²).

Figura 7 - Croqui da área experimental
(D=dose, número= tratamento)

D1	D5	D2	D3
D4	D2	D1	D2
D5	D3	D5	D4
D3	D4	D1	

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Foi realizada avaliação de sanidade da planta, no dia 24 de agosto de 2019, durante a fase de espigamento da cultura. Foi utilizada a escala de avaliação de severidade de oídio em plantas adultas de trigo (COSTAMILAN, 2002).

A colheita foi realizada, manualmente, nos dias 14 e 16 de outubro de 2019. Foram realizadas as seguintes avaliações:

- ✓ Número de espigas m^{-1} ;
- ✓ Massa de mil grãos (g);
- ✓ Rendimento de grãos ($kg\ ha^{-1}$);
- ✓ Peso hectolitrico ($kg\ hL^{-1}$)
- ✓ *Falling number*.

Obs: os grãos foram padronizados para o conteúdo de água de $140\ g\ kg^{-1}$.

O peso hectolétrico foi determinado em balança hectolétrica, procedimento realizado de acordo com a método descrito nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2009).

O *falling number* foi obtido através da mensuração indireta, com determinação da enzima alfa-amilase, conforme método 56-81.03 da *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 2000). Utilizou-se equipamento Falling Number® modelo FN 1000, marca Perten Instruments.

Os dados climatológicos (pluviosidade e temperatura) foram obtidos, em banco de dados, no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Instituto das Aguas do Paraná. Ambos os institutos possuem estação meteorológica compartilhada localizada a aproximadamente 10 km da área do experimento na latitude de $24^{\circ}53'S$, longitude de $50^{\circ}50'O$ e altitude: 803,87 metros (INMET, 2018).

5.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados do estudo preliminar foram submetidos à análise de estatística descritiva.

Enquanto o experimento principal foi submetido a análise de variância (ANOVA) para detecção da presença ou ausência de interação entre as doses de nitrogênio e as variáveis de produção.

No caso do experimento principal, quando indicado pela análise de variância, foi realizado análise de regressão para ajuste do grau de polinômio e definição da equação visando estabelecer a dose de nitrogênio mais adequada para cada zona de manejo.

As análises foram realizadas com o auxílio dos Softwares R versão 3.6 e Microsoft Excel 2010.

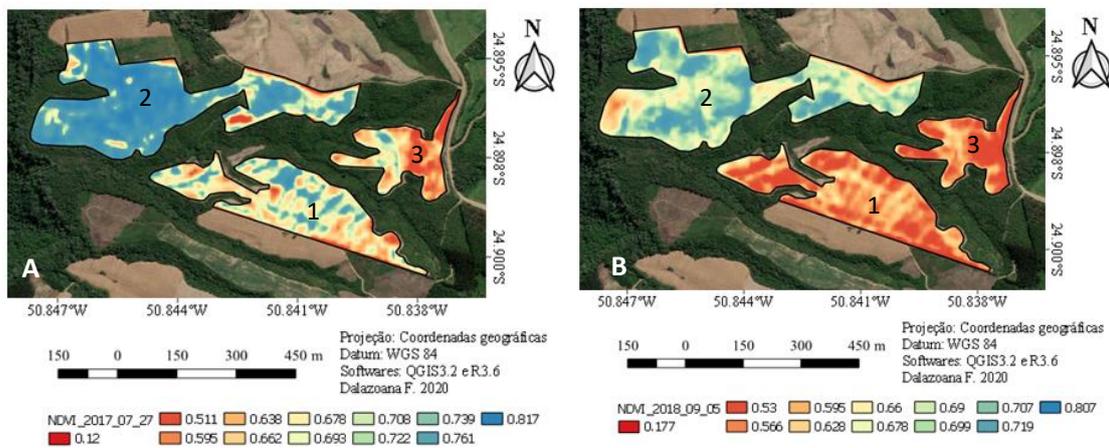
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 EXPERIMENTO PRELIMINAR

6.1.1 *Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*

A análise espacial de NDVI evidenciou heterogeneidade nas culturas de inverno, verificando-se menor índice vegetativo (IV) nos talhões 1 e 3 (Figura 8) o que pode indicar diferença quanto ao potencial agrônômico da atual divisão de talhões. Esse comportamento se repetiu nas duas datas observadas, no inverno de 2017 e no inverno de 2018 (Figura 8a e 8b, respectivamente). É importante ressaltar que nessas datas foram registrados períodos de déficit hídrico na região, o que pode ter influenciado o desenvolvimento vegetativo das culturas no campo, acentuando a diferença de solo entre os talhões e minimizando diferença entre manejos.

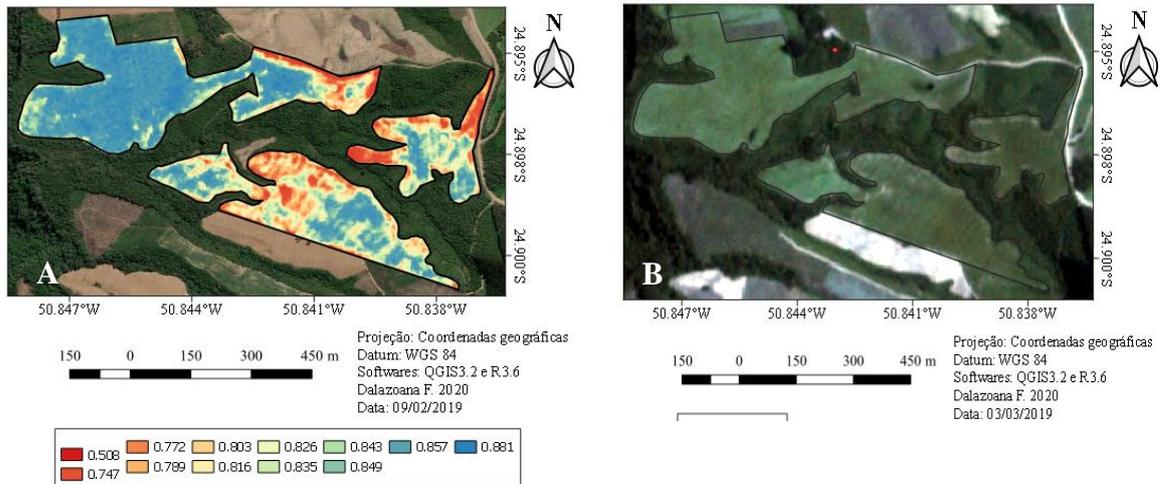
Figura 8 - (A) Área com aveia (27/07/2017) e (B) Área com centeio (05/09/2018)



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

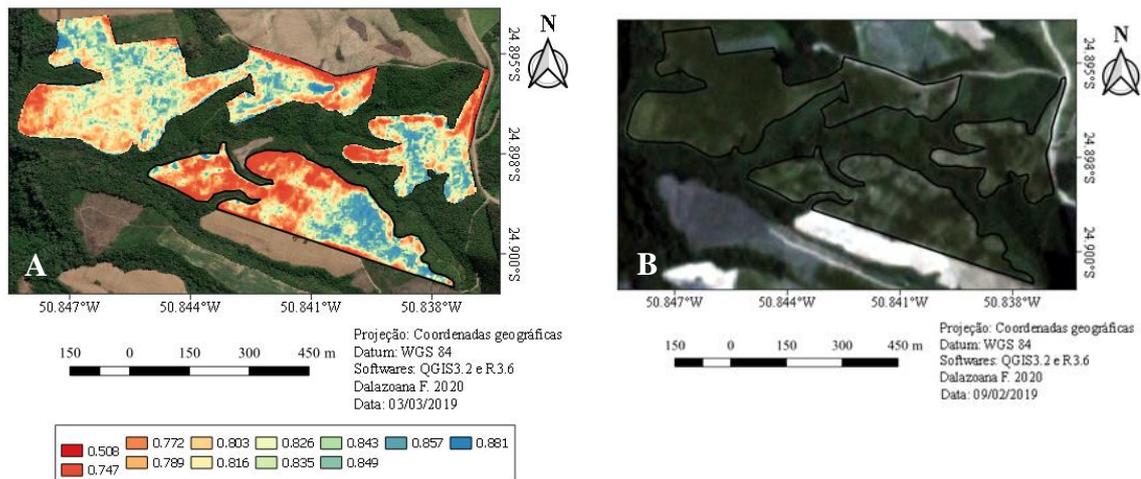
No período de floração da cultura da soja 2018/19, o NDVI mostrou áreas com diferentes índices vegetativo dentro dos talhões, sendo essas, mais presentes nos talhões 1 e 3, o mesmo pode ser visto na composição RGB (Figura 9). Isso foi evidenciado na fase de enchimento de grãos da soja (Figura 10), quando ocorreu período de deficiência hídrica na região.

Figura 9 - Imagens em NDVI (A) e RGB (B) da cultura da soja em pleno florescimento



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Figura 10 - Imagens em NDVI (A) e RGB (B) da cultura da soja em enchimento de grãos



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

É notável a grande diversidade na fisionomia da paisagem na área, principalmente em relação às feições do relevo. O talhão maior apresenta relevo mais suave e menos feições convexas em relação aos outros dois talhões. Estes, além de relevo mais ondulado, também apresentam *solum* (horizonte A + B) raso e longas rampas, o que aumenta velocidade de escoamento da água, e consequentemente, o volume de solo carregado devido à força erosiva. Estas características indicam que os dois talhões menores são mais vulneráveis à erosão hídrica do solo do que o talhão maior.

As análises da erodibilidade, declividade, forma e tamanho de rampa, são fundamentais para a avaliação da paisagem local e definição da melhor estratégia de manejo

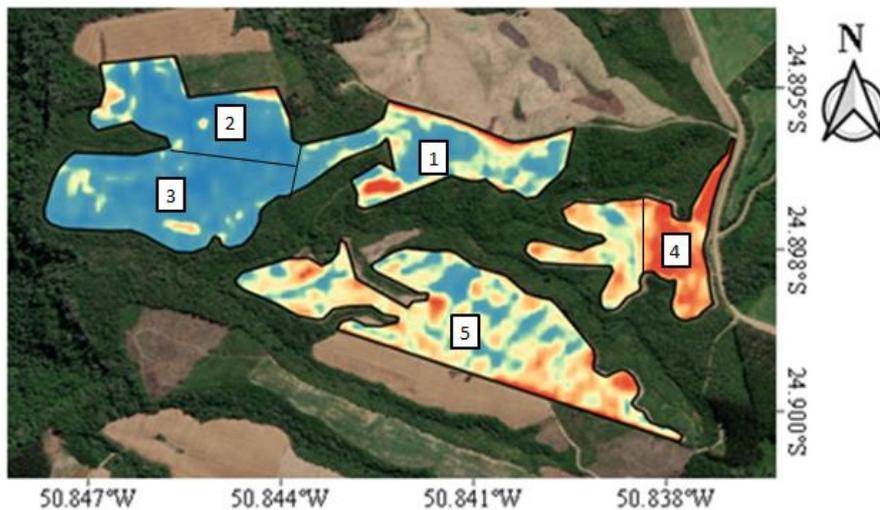
do solo e proteção ambiental, considerando que os sedimentos erodidos são uma fonte importante de contaminação dos recursos hídricos e assoreamento (MUCHAILH, 2007).

Historicamente sempre foram observados, sulcos de erosão nas linhas de drenagem dos talhões menores (1 e 3), enquanto no talhão maior a frequência e intensidade dos sulcos de erosão são consideravelmente menores.

Como o talhão maior representa metade da área total e os talhões menores outra metade, o produtor consegue trabalhar em duas metades sem comprometer seu rendimento operacional, o que tem grande peso na viabilidade do manejo em zonas. Isto é psicologicamente, já existe divisão de talhões

As zonas de coleta foram divididas com base nas análises, já citadas, agrupando áreas com NDVI semelhantes, considerando histórico da área e características da paisagem. Esta combinação resultou na divisão sugerida na Figura 11.

Figura 11 - Divisão da área em zonas de coleta. Os números representam as zonas de coleta e o contorno em preto, sua delimitação



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

A zona 1 apresenta certa heterogeneidade no NDVI, solo de cor esbranquiçada e partes côncavas, sujeitas a alagamento. Essa zona apresenta relevo fortemente ondulado e é historicamente pouco produtiva.

A zona 2 é a única com solo vermelho, de origem ígnea. Ela se destaca por apresentar, historicamente, melhor desenvolvimento vegetativo das plantas cultivadas.

A zona 3 é com a cota mais baixa do terreno, apresenta solo de coloração esbranquiçada e origem sedimentar.

A zonas 4 e 5 estão em cotas distintas, porem com características de solo semelhantes. Ambas com solo de coloração esbranquiçada, baixo NDVI, baixa produtividade e solo com afloramento de material grosseiro oriundo de rochas graníticas, rico em silte, chamado pelos produtores da região de “saibro”.

6.1.2 Caracterização do solo

A profundidade do *solum* (horizonte A + B) foi avaliada até 40 cm e apresentou uniformidade entre as zonas de coleta 1, 2 e 3 (Tabela 3). Nelas até a profundidade de 40 cm não foi encontrado contato lítico e nem contato com o horizonte C, indicando solo com características físicas satisfatórias ao crescimento radicular. Pode-se adotar 40 cm como profundidade efetiva do sistema radicular da cultura de trigo sendo que mais de 80 % da massa radicular da cultura esta confinado até esta profundidade, assim como nas culturas de feijão e soja (DOS SANTOS *et al.*, 2020; GIRARDELLO *et al.*, 2017; STONE; SILVEIRA, 1999)

Nas zonas de coleta 4 e 5 predomina *solum* com profundidade inferior a 40 cm, tendo pontos de afloramento de material grosseiro (saibro) decorrentes de erosão hídrica, indicando restrições físicas ao crescimento radicular das culturas, apresentando maior vulnerabilidade em períodos de deficiência hídrica.

Nas zonas 4 e 5, foram observados valores elevados de coeficiente de variação (56% e 38%), indicando grande variação dos dados em relação à média, refletindo a heterogeneidade da variável “profundidade do *solum*” nestas zonas. Isso é atribuído à presença de feições convexas no micro relevo da área. As superfícies que compõem o microrrelevo (convexas, retilíneas e côncavas) exercem influência na exposição do material de origem, na intensidade e no sentido do fluxo da água no perfil do solo (ARTUR *et al.*, 2014). Estes autores relatam que, no microrrelevo convexo ocorre maior erosão hídrica. O material é transportado para a superfície retilínea e, desta, para a côncava. O fluxo de água (convergência e divergência) está relacionado com a inclinação e curvatura da área, causando variações nos atributos do solo.

Enquanto nas feições côncavas do terreno as produtividades sempre são maiores, eventualmente ocorrendo acamamento das culturas, em função da deposição de material com melhores características físicas e químicas.

Solos que apresentam pequena espessura de *solum* e pobreza química acentuada, como os Neosolos e Cambissolos, se manejados de forma incorreta, estão mais facilmente sujeitos ao processo de erosão hídrica e conseqüente degradação. Os processos degradativos mais comuns nesse tipo de solo são a erosão, a lixiviação, a compactação do solo e a perda de matéria orgânica (SILVA *et al.*, 2005; DE SOUZA, 2017).

Solos rasos também apresentam menor capacidade de retenção de água, pois saturam mais facilmente em relação aos solos profundos (ROSSATO; ALVALÁ; TOMASELLA, 2004). Tendo sua capacidade de retenção de água reduzida, necessita de chuvas mais frequentes para oferecer boas condições hídricas ao desenvolvimento das culturas.

Tabela 3 - Análise descritiva para os valores de profundidade, qualidade estrutural (Qe), através do método do VESS, e teor de argila do solo

Zona de coleta	Profundidade (cm)	VESS (Qe)	Argila (g kg ⁻¹)
Máximo	40,00	3,28	380,00
Média	40,00	2,61	370,25
Mediana	40,00	2,58	370,50
Mínimo	40,00	2,00	360,00
Desvio Padrão	0,00	0,63	0,96
CV %	0	24	3
Máximo	40,00	3,04	410,00
Média	40,00	2,10	390,75
Mediana	40,00	2,00	390,50
Mínimo	40,00	1,36	390,00
Desvio Padrão	0,00	0,70	0,96
CV %	0	33	2
Máximo	40,00	3,20	400,00
Média	40,00	2,87	380,25
Mediana	40,00	2,90	380,00
Mínimo	40,00	2,48	370,00
Desvio Padrão	0,00	0,31	1,26
CV %	0	11	3
Máximo	40,00	4,00	310,00
Média	22,75	2,90	300,75
Mediana	19,00	2,80	310,00
Mínimo	13,00	2,00	300,00
Desvio Padrão	12,82	1,05	0,50
CV %	56	36	2
Máximo	40,00	4,00	310,00
Média	31,25	3,91	300,00
Mediana	35,00	3,98	300,00
Mínimo	15,00	3,28	290,00
Desvio Padrão	11,81	0,15	0,82
CV %	38	4	3

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

A qualidade estrutural do solo (Qe) através do VESS, variou de 1,36 a 4,0 nas zonas de coleta, sendo as zonas 1, 2 e 3 as que apresentaram menores valores, com apenas alguns pontos acima de 3. Nessas zonas a média e a mediana ficaram entre 2 e 3, indicando qualidade estrutural do solo moderada, com necessidade de melhorias a longo prazo (Tabela 4).

As zonas 4 e 5 as que apresentaram os maiores valores, chegando a 4,00, indicando qualidade estrutural do solo ruim, com necessidade de melhorias a curto prazo nessas duas zonas.

As zonas 2 e 4 apresentaram elevados valores de CV (33 % e 36%, respectivamente). Considerando que o solo da área apresenta grande variabilidade em suas características e que o VES é influenciado por tais características, podemos assumir esta variação como sendo normal em função da metodologia trabalhada.

Tabela 4 - Classificação da qualidade estrutural do solo associada ao escore e aos manejos necessários para cada condição de solo

Escore	Qualidade estrutural do solo	Manejos necessários
1 a 2	Boa	Sem mudanças necessárias.
2 a 3	Moderada	Melhorias em longo prazo
3 a 5	Ruim	Melhorias em curto prazo

Fonte: (BALL; BATEY; MUNKHOLM, 2007a).

A estrutura do solo expressa os efeitos do manejo adotado, cujas ações afetam o processo dinâmico de construção ou degradação do solo que por sua vez, interfere na fertilidade, na atividade biológica e na capacidade produtiva do mesmo (RALISCH *et al.*, 2017). O escore mais elevado indica menor estruturação do solo e conseqüente limitação ao desenvolvimento vegetal e redução de potencial produtivo (RICHART *et al.*, 2005).

Em áreas de pastagem degradadas com correção do solo, escarificação e rotação de culturas, foi verificado melhoria na qualidade estrutural do solo ao longo de 3 anos. Indicando que o manejo adequado do solo pode interferir na estrutura do solo (SILVA *et al.*, 2018).

O teor de argila nas zonas 1, 2 e 3 está bem próximo de 400 g kg⁻¹, sendo o solo nessas zonas classificado como argiloso. Já nas zonas 4 e 5 o teor de argila está em torno de 300 g kg⁻¹, classificado como solo de textura média (EMBRAPA, 2006).

Na análise química do solo (Tabela 5) não se observa diferença expressiva entre as zonas de manejo, embora exista variação nos valores. Nessas análises chamam a atenção os níveis naturalmente elevados de potássio (K⁺) em toda a área, oriundos do material de origem do solo chegando a 6 % da CTC saturada com potássio e a CTC em torno de 10 Cmol_c dm⁻³, indicando atividade alta (Ta) da fração argila (DOS SANTOS *et al.*, 2018).

Tabela 5 - Análise descritiva para os valores das análises químicas de rotina de solo, nas camadas 00-20 cm, por zonas de coleta

Zonas de Coleta	pH (CaCl ₂)	M.O g dm ⁻³	P		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	CTC	V%	M%
			mg dm ⁻³							
<hr/>										
Máximo	4,59	29,20	7,62	0,53	3,04	1,50	2,70	12,72	50,60	10,90
Média	4,28	28,72	5,20	0,37	2,77	1,39	1,05	10,41	49,20	9,55
Mediana	4,43	28,82	4,50	0,36	2,83	1,42	0,55	9,80	49,30	9,50
Mínimo 1	3,66	28,03	4,18	0,22	2,37	1,21	0,40	9,33	47,60	8,30
Desvio Padrão	0,42	0,55	1,62	0,14	0,29	0,13	1,10	1,58	1,23	1,07
CV %	10%	2%	31%	40%	10%	9%	105%	15%	3%	11%
<hr/>										
Máximo	4,96	41,19	4,98	0,77	4,02	1,84	0,40	11,59	57,20	7,10
Média	4,83	36,04	4,33	0,66	3,51	1,60	0,18	10,54	54,60	3,05
Mediana	4,86	35,21	4,24	0,69	3,42	1,67	0,15	10,24	54,15	2,55
Mínimo 2	4,63	32,54	3,88	0,50	3,17	1,22	0,00	10,08	52,90	0,00
Desvio Padrão	0,14	3,85	0,46	0,12	0,36	0,28	0,21	0,71	1,96	3,62
CV %	3%	11%	11%	18%	10%	18%	118%	7%	4%	119%
<hr/>										
Máximo	4,93	38,20	14,57	0,64	3,15	1,49	1,40	10,50	55,50	9,60
Média	4,41	31,32	8,74	0,48	2,75	1,34	0,60	9,82	50,75	6,10
Mediana	4,48	29,86	7,72	0,53	2,75	1,33	0,50	9,69	51,00	7,40
Mínimo 3	3,74	27,37	4,93	0,24	2,36	1,21	0,00	9,39	45,50	0,00
Desvio Padrão	0,50	5,00	4,57	0,17	0,35	0,14	0,58	0,51	4,17	4,35
CV %	11%	16%	52%	36%	13%	10%	97%	5%	8%	71%
<hr/>										
Máximo	4,92	31,87	6,75	0,68	4,03	1,84	0,50	12,13	57,40	9,50
Média	4,62	30,08	4,43	0,61	3,59	1,72	0,38	11,28	52,33	6,05
Mediana	4,72	30,17	3,74	0,61	3,79	1,76	0,35	11,15	53,30	5,05
Mínimo 4	4,13	28,10	3,49	0,53	2,74	1,50	0,30	10,70	45,30	4,60
Desvio Padrão	0,34	1,64	1,56	0,06	0,58	0,15	0,10	0,66	5,11	2,32
CV %	7%	5%	35%	10%	16%	9%	26%	6%	10%	38%
<hr/>										
Máximo	5,12	32,23	13,39	0,68	4,77	1,81	0,30	12,03	58,70	5,60
Média	4,91	29,25	10,85	0,56	3,79	1,54	0,13	10,63	55,33	2,38
Mediana	4,97	28,94	12,35	0,62	3,63	1,52	0,10	10,41	55,45	1,95
Mínimo 5	4,57	26,88	5,32	0,32	3,13	1,31	0,00	9,65	51,70	0,00
Desvio Padrão	0,24	2,65	3,75	0,16	0,70	0,22	0,15	1,14	3,64	2,83
CV %	5%	9%	35%	29%	19%	14%	120%	11%	7%	119%

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Nota: * pH em CaCl₂ a 0,01 mol L⁻¹; ** Extrator Melich-1; M.O.=matéria orgânica; P= fósforo; K⁺ = potássio; Ca²⁺= cálcio; Mg²⁺= magnésio; Al³⁺= Alumínio; CTC= capacidade de troca de cátions; V% = saturação de bases e M% = saturação por alumínio.

A presença de alumínio na camada de 00-20 cm, indica a necessidade de aplicação de corretivos para sua neutralização e elevação do pH do solo. Os valores de alumínio (Al³⁺) e saturação por alumínio (M%) apresentaram valores elevados de CV em todas as zonas de

coleta. Isto pode ser atribuído a grande amplitude nos níveis deste elemento na camada superficial do solo, refletindo heterogeneidade no processo de calagem do solo. Os valores de matéria orgânica (MO), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), fósforo (P) e saturação de bases estão nos níveis adequados (SOBRAL et al., 2015).

Na camada de 20-40 cm também não se observou diferenças acentuadas entre as zonas de manejo. O que mais chama a atenção são os elevados valores de acidez, saturação por alumínio e baixa saturação por bases, principalmente cálcio, em todas as zonas de coleta (Tabela 6).

Baixos teores de Ca em subsuperfície, associados à presença de acidez e alumínio tóxico, podem ser muito prejudiciais ao crescimento das raízes e à produção do trigo. A toxidez por Al, que surge com o pH baixo ($< 5,5$), afeta severamente o crescimento radicular de culturas, como o trigo, comprometendo a capacidade de absorção de água e nutrientes (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016). A diminuição no crescimento radicular das culturas, corresponde ao grau de tolerância de cada genótipo ao alumínio (FELICIO *et al.*, 2001).

Considerando que um dos pilares do sistema de plantio direto na palha (SPD) é o não revolvimento do solo, a melhor maneira de minimizar os danos causados pela acidez e presença de Al tóxico é realizar a correção química no perfil do solo com a aplicação de calcário e gesso agrícola. Promovendo aumentos nos teores de Ca^{2+} trocável e diminuição no teor de Al^{3+} trocável no perfil solo, além de fornecer enxofre prontamente disponível as plantas (S-SO_4^{2-}) contribuindo para o melhor desenvolvimento radicular da cultura e consequente absorção de água e nutrientes (SORATTO; CRUSCIOL, 2008).

Na região existe grande diversidade de solos, sendo que na área do experimento é observada a predominância de solos de cor esbranquiçada (“terra branca”) e manchas de solo de cor avermelhada (“terra vermelha”), com presença de “pedra – ferro”, característico de solos em desenvolvimento.

Tabela 6 - Análise descritiva para os valores das análises químicas de rotina de solo, nas camadas 20- 40 cm, por zonas de coleta

Zonas de Coleta	pH*	M.O g dm ⁻³	P**	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	CTC	V%	M%
Máximo	4,22	25,40	3,42	0,32	2,79	1,62	6,90	14,87	47,40	72,90
Média	3,81	21,98	2,78	0,21	2,32	1,36	3,13	11,41	36,18	40,70
Mediana	3,77	21,53	2,61	0,19	2,49	1,49	2,05	10,67	40,05	32,60
Mínimo	3,49	19,45	2,46	0,15	1,53	0,85	1,50	9,43	17,20	24,70
Desvio Padrão	0,31	2,65	0,45	0,08	0,56	0,35	2,55	2,50	13,13	21,86
CV %	8%	12%	16%	36%	24%	26%	81%	22%	36%	54%
Máximo	4,59	34,29	3,08	0,55	2,87	1,65	1,50	10,76	48,60	29,20
Média	4,15	30,08	2,71	0,41	2,40	1,38	1,00	10,23	41,05	19,10
Mediana	4,05	30,46	2,66	0,40	2,35	1,44	1,05	10,20	41,25	20,15
Mínimo	3,90	25,12	2,46	0,29	2,04	0,97	0,40	9,74	33,10	6,90
Desvio Padrão	0,33	4,04	0,28	0,11	0,36	0,31	0,45	0,43	6,34	9,22
CV %	8%	13%	10%	27%	15%	23%	45%	4%	15%	48%
Máximo	3,87	23,14	5,49	0,32	2,23	1,42	5,60	13,12	37,60	67,00
Média	3,76	21,71	3,57	0,25	1,99	1,18	2,93	10,91	32,10	43,53
Mediana	3,84	22,00	3,17	0,26	2,05	1,18	2,10	10,21	34,90	36,30
Mínimo	3,49	19,70	2,45	0,17	1,65	0,93	1,90	10,09	21,00	34,50
Desvio Padrão	0,18	1,45	1,33	0,06	0,25	0,26	1,79	1,48	7,53	15,70
CV %	5%	7%	37%	25%	13%	22%	61%	14%	23%	36%
Máximo	4,63	28,23	4,81	0,56	3,74	1,96	1,40	11,86	52,00	23,40
Média	4,41	26,35	3,18	0,45	3,26	1,80	0,80	11,47	48,03	12,73
Mediana	4,54	25,97	2,67	0,50	3,33	1,78	0,75	11,43	49,65	11,20
Mínimo	3,95	25,22	2,55	0,25	2,65	1,68	0,30	11,15	40,80	5,10
Desvio Padrão	0,31	1,40	1,09	0,14	0,45	0,13	0,47	0,31	5,14	7,94
CV %	7%	5%	34%	31%	14%	7%	59%	3%	11%	62%
Máximo	4,88	25,22	4,80	0,50	4,08	1,86	2,80	11,26	57,20	42,20
Média	4,44	21,40	3,84	0,30	3,00	1,58	0,95	10,28	47,33	15,28
Mediana	4,61	20,39	3,80	0,25	2,91	1,53	0,50	10,19	48,05	9,45
Mínimo	3,67	19,60	2,95	0,21	2,11	1,42	0,00	9,47	36,00	0,00
Desvio Padrão	0,54	2,57	0,87	0,14	0,81	0,20	1,26	0,77	8,70	18,56
CV %	12%	12%	23%	46%	27%	13%	132%	7%	18%	122%

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

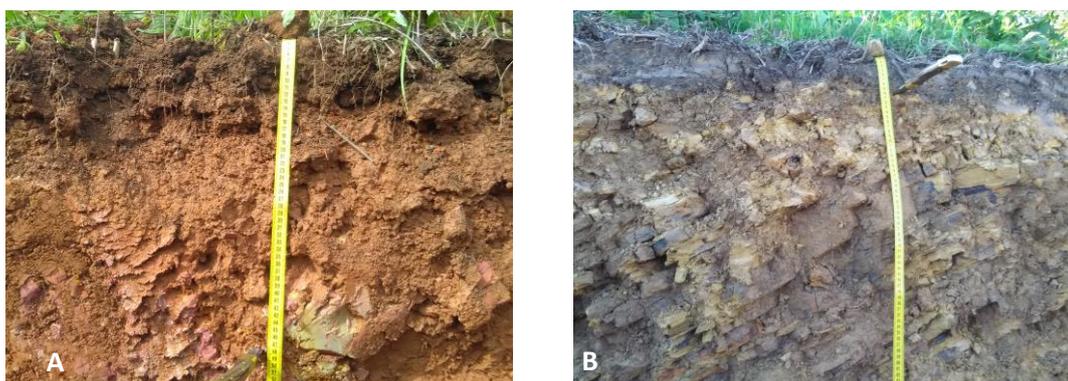
Nota: *pH em CaCl₂ a 0,01 mol L⁻¹; ** Extrator Melich-1; M.O.=matéria orgânica; P= fósforo; K⁺ = potássio; Ca²⁺= cálcio; Mg²⁺= magnésio; Al³⁺= Alumínio; CTC= capacidade de troca de cátions; V% = saturação de bases e M% = saturação por alumínio.

Os solos predominantes nas zonas 1, 2 e 3 apresentam coloração avermelhada, com mais de 100 cm de profundidade, textura argilosa a franco argilosa (EMBRAPA, 2006), argila entre 35 e 45 g kg⁻¹, horizonte B insipiente, com teores uniformes de argila, estrutura em blocos (Figura 12a), atividade de argila alta (ta), com ausência de plintitas e horizonte vértico. Esses solos são classificados como CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Eutróficos

típicos, de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (DOS SANTOS *et al.*, 2018).

Os solos de coloração esbranquiçada são predominantes nas zonas 4 e 5 e apresentam *solum* com menos de 100 cm de profundidade, textura média, franco argilosa (EMBRAPA, 2006), argila de atividade alta (ta), teores areia, silte e argila em torno de 350, 350 e 300 g kg⁻¹ respectivamente, eixo longitudinal está inclinado em relação ao plano horizontal (Figura 12b), É muito duro ou extremamente duro quando seco e plástico a muito plástico e pegajoso a muito pegajoso próximo a capacidade de campo. Indicando caráter vértico, porém não atende todas as características de um horizonte vértico ou vertissolo. Esses solos são classificados como CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutróficos vertissólicos, de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (DOS SANTOS *et al.*, 2018).

Figura 12 - Solo de coloração avermelhada predominante nas zonas 1, 2 e 3 (A). Solo predominante nas zonas 4 e 5, ênfase no material de origem com eixo longitudinal está inclinado em relação ao plano horizontal (b), *solum* com espessura limitada devido a erosão hídrica



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

6.1.3 Definição das zonas de manejo

Considerando que as variáveis da análise química apresentam diferenças não significativas conforme zonas de coleta, o que pode ter ocorrido em função da variabilidade das magnitudes dos valores dessas, foram usadas as demais variáveis avaliadas para a definição das zonas de manejo, conforme demonstrado na Tabela 7. Estas são interessantes pois tem caráter físico, cujo custo para determinação é menor, além do valor temporal ser bem maior. Além destas a qualidade estrutural e o índice vegetativo são variáveis consequentes, que devem englobar (resumir) conjunto de variáveis pedogenéticas e de manejo antrópico, se mostraram importantes. Sendo estas de uso relativamente fácil, bastando treinamento para utilização por técnicos.

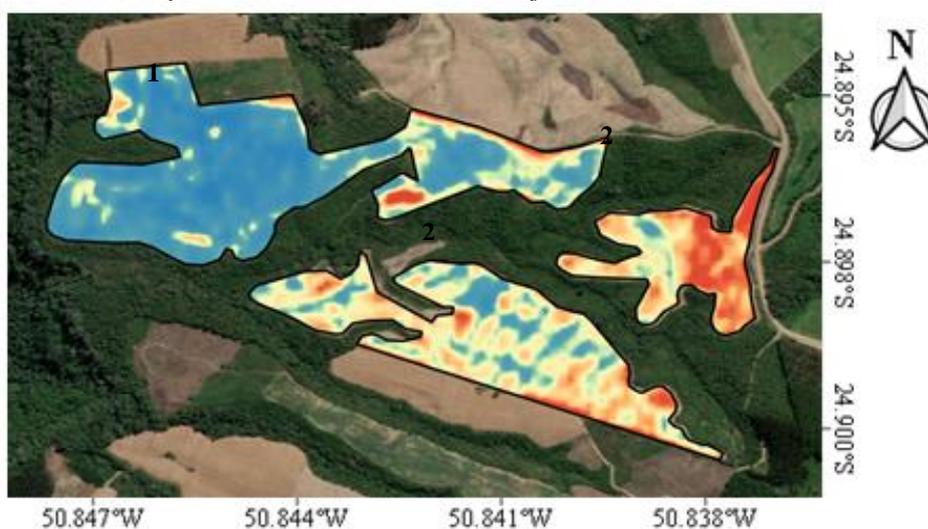
Tabela 7 - Características dimensionais físicas do solo classificadas conforme zona de coleta

Variável	Zonas de coleta semelhantes	
Profundidade do <i>solum</i>	1, 2 e 3	4 e 5
Textura do solo (teor de argila)	1, 2 e 3	4 e 5
Qualidade estrutural do solo	1, 2 e 3	4 e 5
NDVI	1, 2 e 3	4 e 5
Coloração do solo	1, 2 e 3	4 e 5

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

As zonas de coleta com características semelhantes foram agrupadas formando 2 zonas de manejo distintas na área. A zona de manejo 1, compreendendo as zonas de coleta 1, 2 e 3 e a zona de manejo 2, compreendendo as zonas de coleta 4 e 5 (Figura 13).

Figura 13 - Área dividida em zonas de manejo distintas. Obs: números iguais representam a mesma zona de manejo



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

6.2 EXPERIMENTO PRINCIPAL - TRIGO

De posse das duas zonas de manejo escolhidas realizou-se experimento para determinação de manejo diferencial com utilização de doses de cobertura de nitrogênio na cultura do trigo. Não foram observadas diferenças significativas entre componentes de rendimento independente das doses de nitrogênio aplicadas, em ambas as zonas de manejo (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância dos efeitos de doses de nitrogênio em cobertura nas variáveis de rendimento e tecnológicas do trigo na zona de manejo 1

Fonte da variação	Quadrado médio/ variáveis de produção					
	GL	Espigas m ⁻¹	PG (kg ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)	FN(s)	MMG (g)
Tratamento	4	106,96	823611	0,43	279,43*	44,95
Resíduo	10	82,21	4470476	0,46	41,60	48,39
Total	14					
Média Geral		48,13	2747,68	74,20	327,13	41,14
CV %		18,84	76,95	0,92	1,97	5,35

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Nota: *=significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F; GL= Graus de liberdade; PG (kg ha⁻¹)= Produtividade de grãos; Esp/m = espigas por metro; PH= Peso hectolítrico; FN= *Falling Number*; MMG= Massa de mil grãos; CV= Coeficiente de variação.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância dos efeitos de doses de nitrogênio em cobertura nas variáveis de rendimento e tecnológicas do trigo na zona de manejo 2

Fonte da variação	Quadrado médio/ variáveis de produção					
	GL	Espiga m ⁻¹	PG (kg ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)	FN(s)	MMG (g)
Tratamento	4	167,46	343252	45,00	132100*	25,97
Resíduo	10	103,65	671644	21,33	31,13	25,51
Total	14					
Média Geral		50,17	1925	71,3	315,47	38,52
CV %		20,29	42,56	2,05	1,77	13,11

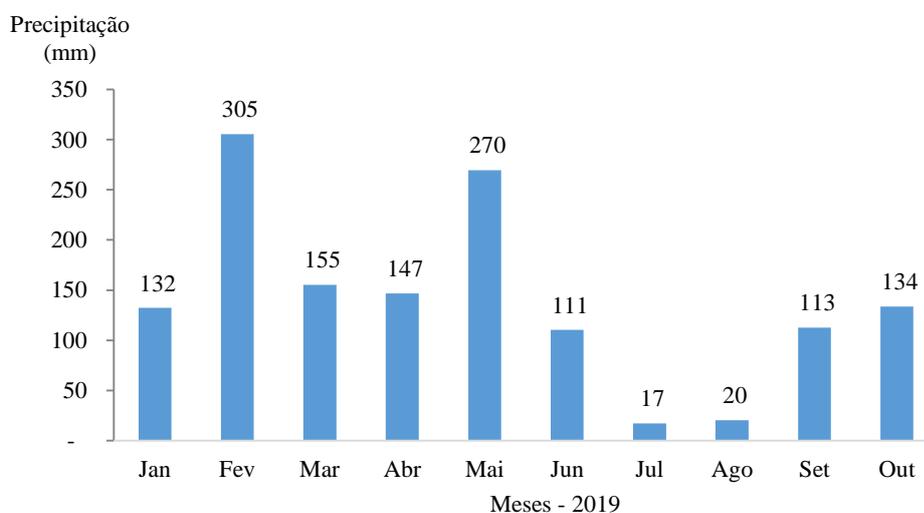
Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Nota: *=significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F; GL= Graus de liberdade; PG (kg ha⁻¹)= Produtividade de grãos; Esp m⁻¹ = espigas por metro; PH= Peso hectolitro; FN= *Falling Number*; MMG= Massa de mil grãos; CV= Coeficiente de variação.

A produtividade de grãos na área do experimento ficou em torno de 1900 kg ha⁻¹, bem abaixo do esperado e da media estadual de 2690 kg ha⁻¹ (SEAB, 2019) e da média regional dos Campos Gerais de 3.297 kg ha⁻¹ (SEAB, 2019).

Isso pode ser atribuído a período de deficiência hídrica, ocorrido durante a execução do experimento (Gráfico 1). A adubação nitrogenada foi realizada no dia 23 de julho, porém só ocorreram precipitações significativas no dia 01 de setembro, resultando redução na eficiência da adubação, bem como redução na resposta fisiológica da cultura. No Paraná, maior produtor nacional, foram calculadas perdas de aproximadamente 73 mil hectares de área plantada em decorrência de estresses climáticos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - Conab, 2019).

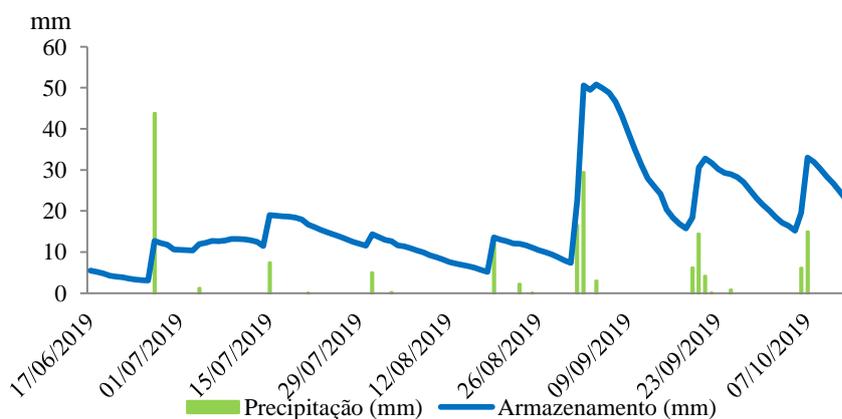
Gráfico 1 - Precipitação pluviométrica na estação de coleta de dados convencional do INMET no município de Ivaí, a aproximadamente 10 km da área do experimento (latitude: -25.010833°, longitude: -50.853611°)



Fonte: INMET (2020).

Juntamente com a redução da precipitação ocorreu a redução no armazenamento e disponibilidade de água no solo, sendo este reestabelecido apenas a partir do dia 1º de setembro de 2019 (Gráfico 2), coincidindo com o período de enchimento de grão da cultura do trigo. Sendo assim grande parte da fase vegetativa e toda parte de florescimento aconteceram sem ocorrência de precipitação.

Gráfico 2 - Precipitação pluviométrica na estação de coleta de dados convencional do INMET no município de Ivaí, a aproximadamente 10 km da área do experimento (latitude: -25.010833°, longitude: -50.853611°)

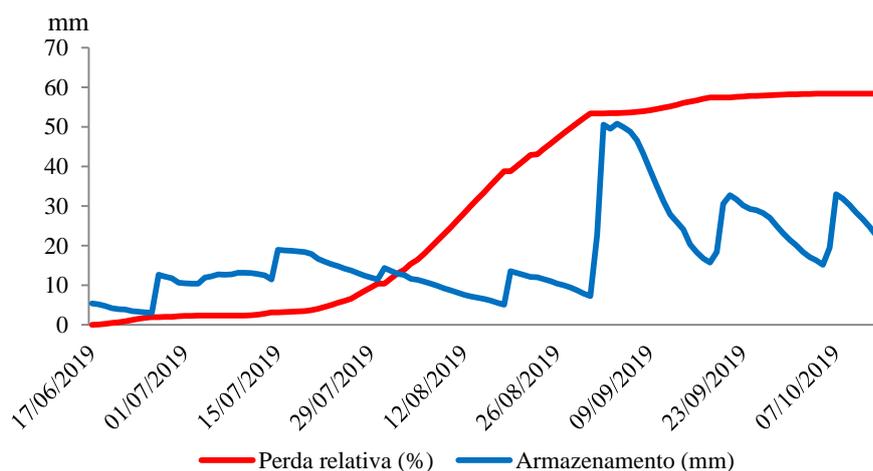


Fonte: INMET (2020).

Nota: Cálculo de armazenamento conforme sugerido por Thornthwaite e Mather (1955) realizado pelo Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (SISDAGRO) foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

O estresse hídrico perdurou durante as fases de perfilhamento, alongação, emborrachamento e florescimento do trigo, comprometendo grande parte do potencial produtivo. Isso ocasionou perdas de rendimento superiores a 60% (Gráfico 3), implicando em menor resposta a adubação nitrogenada.

Gráfico 3 - Armazenamento de água no solo e perda do potencial produtivo da cultura do trigo em função do armazenamento de água no solo



Fonte: INMET (2020)

Nota: Dimensionamento realizado conforme dados da estação de coleta de dados do Instituto Nacional de Meteorologia no município de Ivaí ao decorrer da safra de inverno 2019 e características do solo, conforme método sugerido por Thornthwaite e Mather (1955) realizado pelo Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (SISDAGRO) foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

O consumo hídrico durante o ciclo do trigo pode variar em função da cultivar, região de cultivo e condições climáticas durante a condução da lavoura (PEREIRA, 2018). A precipitação acumulada ideal para o cultivo do trigo, de sequeiro no Brasil, varia entre 450 a 550 mm (MATTUELLA *et al.*, 2018). No experimento, durante o ciclo da cultura, a precipitação acumulada foi de 171 mm, aproximadamente um terço do recomendado como ideal.

O período mais sensível à deficiência hídrica, no trigo, é o estágio reprodutivo. O rendimento de grãos pode ser prejudicado especialmente a partir do estágio de emborrachamento, em decorrência da elevação da esterilidade de flores e do enchimento incompleto dos grãos (CORRÊA, 2018).

A deficiência hídrica iniciou-se após a emergência da cultura e perdurou até a fase de enchimento de grãos (Gráficos 2 e 3). Como o estresse hídrico interfere diretamente nos processos de difusão, fluxo de massa e interceptação de água e nutrientes pelas raízes, ela também limita a resposta da planta à aplicação de fertilizantes (TRINDADE *et al.*, 2006). Isso

reduziu a absorção de nutrientes e a eficiência da adubação nitrogenada, comprometendo o desenvolvimento da cultura e o rendimento do trigo.

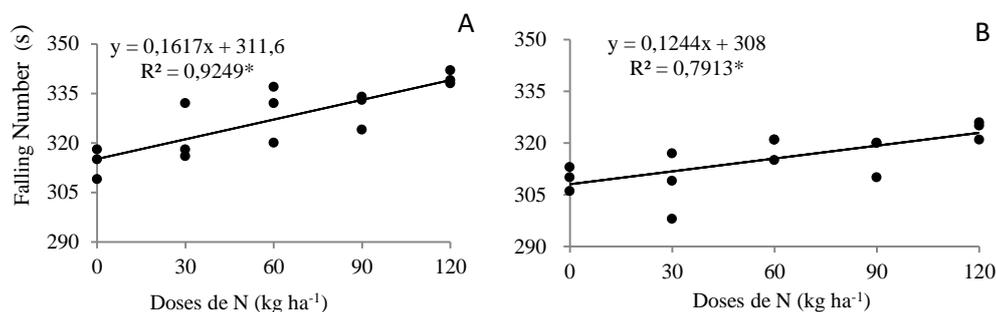
Os resultados obtidos corroboram com os encontrados em diversos trabalhos (MOREIRA; CARDOSO, 2009; RODRIGUES *et al.*, 1998; SANTOS *et al.*, 2012), onde os componentes de rendimento e produtividade de grãos foram fortemente afetados por déficit hídrico no período de perfilhamento e no início do espigamento, ocorrendo ausência de respostas a doses crescentes de adubação nitrogenada.

A produtividade é fortemente influenciada pela interação entre as práticas de manejo e pelo clima, conseqüentemente, essa interação resulta em variações na produtividade e na necessidade de N de ano para ano (CASSMAN; DOBERMANN; WALTERS, 2002). Diferentes respostas do trigo à adubação nitrogenada são observadas em função da disponibilidade hídrica de cada ano estudado (RODRIGUES *et al.*, 1998). Em ano agrícola com restrição hídrica, em experimentos com doses crescentes de N na região dos Campos Gerais-PR, a produtividade média de grãos foi de 3.085,6 kg ha⁻¹ enquanto no ano anterior, sem restrição hídrica a produtividade na mesma área foi de 6.100 kg ha⁻¹ (FOLONI *et al.*, 2015c). Embora o autor não relate a precipitação acumulada que ocorreu durante os experimentos, o rendimento foi 97,7 % superior na safra classificada como sem restrição hídrica.

O mesmo foi observado na região Oeste do Paraná, onde os valores encontrados para produtividade de grãos foi de 331 kg ha⁻¹, muito abaixo da média regional 1.280 kg ha⁻¹, em decorrência das condições climáticas desfavoráveis, pois o período de condução do experimento teve valores de precipitação acumulada entre 60% do que seria o normal para a região (CORRÊA, TAVARES; URIBE-OPAZO, 2009).

Para a variável *falling number* (FN) foi observada correlação positiva com o aumento das doses de N, nas duas zonas de manejo, indicando que a absorção tardia de N pela cultura pode ter efeito positivo sobre a qualidade tecnológica do trigo (Gráficos A e B).

Gráfico 4 - Efeito de doses crescente de nitrogênio aplicadas em cobertura no Numero de queda (em segundos) nas zonas de manejo 1e 2 respectivamente



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Nota: *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

A qualidade tecnológica do trigo é influenciada por fatores genéticos, ambientais e de manejo, sendo a adubação nitrogenada um dos principais fatores que afetam positivamente o desempenho dos parâmetros indicativos da qualidade industrial (PINNOW *et al.*, 2013).

O FN é influenciado pelo manejo do nitrogênio (SILVA *et al.*, 2019b) e principalmente, pelo excesso de precipitação no ponto de maturidade fisiológica da cultura (SOUZA *et al.*, 2019; FRANCESCHI *et al.*, 2009). Como o FN indica a atividade da enzima Alpha amilase, esse é reduzido pelo processo de germinação da semente de trigo.

O valor ótimo de FN para o trigo depende das diferentes formas de uso (Tabela 10) da farinha. Através da determinação do FN das farinhas, pode-se estabelecer as proporções em que se deve misturar duas farinhas para a obtenção de um “blend” específico, assim como estabelecer as doses de enzimas a serem adicionadas à farinha (INSTITUTO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - ICTA /UFRGS, 2020).

Tabela 10 - Valores do Falling Number para as diferentes categorias de produtos fabricados com farinha de trigo

Característica*	Massas	Pães	Bolos	Biscoitos Fermentados	Biscoitos Doces
Falling Number (segundos)	>350	225-275	200-250	225-275	200-250

Fonte: (INSTITUTO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - ICTA /UFRGS, 2020)

Nota: *Cada fábrica possui parâmetros adequados a uma determinada formulação, a um determinado processo e a um determinado padrão de produto, sendo assim, uma excelente especificação de farinha para o produto da indústria “A”, pode não se adequar tão bem a um similar produzido na indústria “B” e por isso nenhuma especificação de parâmetros deve ser dada como única.

Os trigos destinados a produção de farinhas devem ter FN mediano, longe dos extremos. Além disto, farinhas com alta atividade enzimática (alto FN) podem gerar massas moles (depois de prontas) e em contrapartida, as farinhas com baixa atividade enzimática geram massas duras, o que interfere diretamente na textura e uniformidade do produto final

(INSTITUTO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - ICTA/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020).

7 CONCLUSÃO

Foram encontradas duas zonas de manejo dentro da área antes trabalhado de maneira uniforme;

Nas condições deste ensaio não houve efeito de doses do N no rendimento de grãos e em nenhum de seus componentes.

O *falling number* aumentou linearmente em função das doses de N em ambas as zonas de manejo.

A aplicação de N em cobertura na cultura do trigo sob forte estresse hídrico deve ser pensada com cautela, pois não apresenta respostas em rendimento e retorno econômico.

REFERÊNCIAS

- AACC. **American Association of Cereal Chemists**. Approved methods of the AACC. 2000.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.
- ARIEIRA, J. D. O. et al. **Análise de investimentos para três projetos de produção de soja e milho na região de Umuarama-Paraná**. . In: 46TH CONGRESS, JULY 20-23, 2008, RIO
- BRANCO, ACRE, BRASIL. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 2008a
- ARTUR, A. G. et al. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 141–149, fev. 2014.
- BALL, B.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L. J. Field assessment of soil structural quality—a development of the Peerkamp test. **Soil use and Management**, v. 23, n. 4, p. 329–337, 2007.
- BARTH, G.; SUYAMA, J. T. Resposta da cultura do trigo à adubação nitrogenada cultivado após milho ou soja em diferentes densidade de semeadura. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. 2013.
- BEZERRA, U. A. Índices espectrais utilizando os sensores OLI/Landsat-8 e MSI/Sentinel-2, na bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE. **Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco**. 2019.
- BHERING, S. B. et al. Mapa de Solos do Estado do Paraná. **Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E)**, 2007.
- BOTTEGA, E. L. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 1–9, 2013a.
- BOTTEGA, E. L. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 1–9, 2013b.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E ABASTECIMENTO. S. DE D. A. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF. 2009.
- BUSS, S. DO R. Avaliação visual da estrutura do solo: aplicabilidade em um Latossolo Bruno sob diferentes usos e manejos. **Dissertação de Mestrado**. Unicentro 2015.
- CANTARELLA, H. Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados: Uso eficiente de nitrogênio em novos fertilizantes no Brasil. **Informações Agronômicas IPNI**, n. 120, p. 12–13, 2007.
- CARNEIRO, F. M. **Sensores de dossel no monitoramento da variabilidade temporal das culturas da soja e do amendoim**. Jaboticabal - SP: UNESP, 2018.

CASSMAN, K. G.; DOBERMANN, A.; WALTERS, D. T. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 31, n. 2, p. 132–140, 2002.

CAVALCANTE, E. G. S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1329–1339, dez. 2007.

CAVIGLIONE, J. H. et al. Cartas climáticas do Estado do Paraná. **Londrina: Iapar**, 2000.

CLIMATE-DATA.ORG. **Climate data for cities worldwide**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org>>. Acesso em: 1 fev. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acomp. safra bras. grãos, v. 6 - Safra 2018/19 - Décimo segundo levantamento. **Acomp. safra bras. grãos.**, v. 6, p. 47, set. 2019.

CORASSA, G. et al. Performance of soybean varieties differs according to yield class: a case study from Southern Brazil. **Precision Agriculture**, v. 20, n. 3, p. 520–540, 2019.

CORRÊA, A. A. P. Desempenho de cultivares de trigo em condições de estresses térmico e hídrico. 2018.

CORRÊA, A. N.; TAVARES, M. H. F.; URIBE-OPAZO, M. A. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo e seus efeitos sobre a produtividade do trigo. **Semina: ciências agrárias**, v. 30, n. 1, p. 81–94, 2009.

COSTAMILAN, L. **Metodologias para estudo de resistência genética de trigo e de cevada a oídio**. [s.l.] Embrapa Trigo, 2002.

CRUZ, M. F. A. DA et al. Aplicação foliar de produtos na redução da severidade da brusone do trigo. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 6, p. 424–428, 2011.

DA ROS, C. O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Volatilização de amônia com aplicação de uréia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 799–805, 2005.

DALCHIAVON, F. C. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 541–552, 2012.

DE BONA, F.; DE MORI, C.; WIETHÖLTER, S. Manejo nutricional da cultura do trigo. **Embrapa Trigo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

DE BORATTO, I.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. . In: EMBRAPA Milho e Sorgo. Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, 16., 2013, Foz do Iguaçu ..., 2013

DE SOUZA, L. F. T. Modelagem de Processos Erosivos em Área de Contatos Geológicos no Alto Paranaíba. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Viçosa., 2017.

DEBIASI, P. et al. Fusão de imagens MODIS com NDVI do Landsat para a classificação de áreas de cultivo de Soja. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, p. 21–26, 2007.

DELALIBERA, H. C.; WEIRICH NETO, P. H.; NAGATA, N. Management zones in agriculture according to the soil and landscape variables. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 6, p. 1197–1204, dez. 2012.

DONAGEMA, G. K. et al. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

DOS SANTOS, E. L. et al. Distribuição de Raízes de Soja, Resistência Tênsil e Friabilidade de Agregados do Solo em Diferentes Sistemas de Manejo. . In: **Colloquium Agrariae**. Londrina. 2020

DOS SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

EMBRAPA, S. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1999/2000. **Londrina: Embrapa Soja**, 1999.

EMBRAPA.CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FELICIO, J. C. et al. Influência do ambiente no rendimento e na qualidade de grãos de genótipos de trigo com irrigação por aspersão no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p. 111–120, 2001.

FERGUSON, R. et al. Ammonia volatilization from surface-applied urea: effect of hydrogen ion buffering capacity 1. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, n. 3, p. 578–582, 1984.

FOLLMANN, D. D. Dinâmica do Nitrogênio Mineral no Solo e Produção Vegetal em Função da Adubação Nitrogenada da Pastagem e do Milho em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. **Dissertação de mestrado**. Unicentro. 2015.

FOLONI, J. S. S. et al. Efeitos da fertilização nitrogenada sobre a produtividade e acamamento de trigo cultivado sobre palhada de soja e milho. . In: EMBRAPA Trigo. Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**, 8. 2015

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento remoto em agricultura**. Oficina de Textos, 2017.

FRANCESCHI, L. DE et al. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1625–1632, 3 abr. 2009.

GIAROLA, N. F. B. et al. Visual soil structure quality assessment on Oxisols under no-tillage system. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 4, p. 479–482, ago. 2010.

GIAROLA, N. F. B. et al. On the Visual Evaluation of Soil Structure: The Brazilian experience in Oxisols under no-tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 127, p. 60–64, mar. 2013.

GIRARDELLO, V. C. et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento radicular da soja sob sistema plantio direto com tráfego controlado de máquinas agrícolas. **Scientia agraria**, v. 18, n. 2, p. 86–96, 2017.

SEAB–Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento/DERAL–Departamento de Economia Rural. Governo do Paraná: **Relatórios de safra -Novembro de 2019**, 2019.

GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C.; TORMENA, C. A. Improvements in the visual evaluation of soil structure: Visual evaluation of soil structure. **Soil Use and Management**, p. no-no, jun. 2011.

HUBER, D. M.; HANEKLAUS, S. Managing nutrition to control plant disease. **Landbauforschung Volkenrode**, v. 57, n. 4, p. 313, 2007.

INAMASU, R.; BERNARDI, A. DE C. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. **Capítulo de livro Agricultura de Precisão**, 2014.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Dados meteorológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/index>>.

INSTITUTO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - ICTA /UFRGS. **Avaliação da Qualidade Tecnológica/Industrial da Farinha de Trigo**. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/napead/projetos/avaliacao-farinha-trigo/item3.php>>. Acesso em: 19 abr. 2020.

KIEHL, J. DE C. Distribuição e retenção da amônia no solo após aplicação de uréia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 13, n. 1, p. 75–80, 1989.

LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. **Remote sensing and image interpretation**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2015.

MATIAS, S. S. R. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo cultivado de modo convencional com soja no cerrado piauiense. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 137–148, 1 mar. 2015.

MATTUELLA, D. et al. Eficiência agrônômica da cultura do trigo submetida a doses de nitrogênio em diferentes estádios ontogênicos. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 1–9, 2018.

MEDEIROS, P. DE et al. Caracterização de Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos do RS e análise do seu potencial agrícola. In: **Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**. 2007

MEGDA, M. M. et al. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 1055–1060, 2009.

MEIRELES, H. T. et al. Relações solo-paisagem em topossequência de origem basáltica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 129–136, 2012.

MOLIN, J. P. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão**. 2004

MOREIRA, D. R.; CARDOSO, V. J. M. Estresse hídrico e produtividade em *Triticum aestivum* cv. Anahuac e *Triticum durum* cv. IAC 1003. **Naturalia**, v. 32, 2009.

MUCHAILH, M. C. Análise da paisagem visando a formação de corredores de biodiversidade. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2007.

MUNDSTOCK, C. M.; BREDEMEIER, C. Dinâmica do afilamento afetada pela disponibilidade de nitrogênio e sua influência na produção de espigas e grãos em trigo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 26, n. 1, p. 141–149, 2002.

NITSCHKE, P. et al. Atlas Climático do Estado do Paraná. **Londrina, PR: IAPAR**, 2019.

OLIVEIRA NETO, A.A.; SANTOS, C. M. R. **A cultura do Trigo**. Brasília: Conab, 2017.

PENNING, L. et al. Avaliação visual para o monitoramento da qualidade estrutural do solo: VESS e VSA. **Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E)**, 2015.

PEREIRA, R. A. DE A. Balanço de energia, consumo hídrico e coeficiente de cultivo do trigo no sudeste brasileiro. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo. 2018.

PINHEIRO, É. C. C.; RAMOS, A. P. M.; JUNIOR, J. M. Validação da Aplicação de Imagens Planet à Regularização Ambiental de Imóveis Rurais no Mato Grosso do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 145–153, 2020.

PINNOW, C. et al. Qualidade industrial do trigo em resposta à adubação verde e doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 20–28, 2013.

PIRES, R. C. DE M. et al. Profundidade do sistema radicular das culturas de feijão e trigo sob pivô central. **Bragantia**, v. 50, n. 1, p. 153–162, 1991.

PLANET. **Our Approach**. Disponível em: <<https://www.planet.com/company/approach/>>.

PRICHOA, C.; ARANHARIBEIRO, S. R.; HOLGADO, P. Aplicação da análise visual em duas unidades de paisagem da bacia hidrográfica do rio Pitangui, PR, mediante processamentos digitais. **Terra Plural**, Ponta Grossa, v.8, n.1, p. 185-201, jan/jun. 2014. 2014.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. World: Open Source Geospatial Foundation, 2017.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2018.

RALISCH, R. et al. Diagnóstico rápido da estrutura do solo (DRES). **Embrapa Solos-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2017.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 12., 2018, PASSO FUNDO. **Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2019**. [s.l: s.n.].

RICHART, A. et al. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321–343, 2005.

RODRIGUES, M. S. Variabilidade espacial de atributos do solo e da produtividade de milho. **Dissertação de Mestrado**: Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal - SP 2010.

RODRIGUES, O. et al. Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 839–846, 1998.

ROSA, H. A.; FONTANA, W. C.; RESENDE, J. D. Desenvolvimento inicial do trigo em diferentes densidades de solo. **Revista Técnico-Científica**, v. 0, n. 17, 11 mar. 2019.

ROSSATO, L.; ALVALÁ, R. DOS S.; TOMASELLA, J. Variação espaço-temporal da umidade do solo no Brasil: análise das condições médias para o período de 1971-1990. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 113–122, 2004.

ROUSE JR, J. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **NASA special publication**, v. 351, p. 309, 1974.

SANTOS, D. DOS et al. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 836–842, ago. 2012.

SCIVITTARO, W. B. et al. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de ureia tratada com o inibidor de urease NBPT. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1283–1289, 2010.

SILVA, A. M. DA et al. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1223–1230, dez. 2005.

SILVA, I. et al. Avaliação de perfis temporais de NDVI em pixels puros provenientes do sensor Modis. . In: EMBRAPA territorial-artigo em anais de congresso (ALICE). In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 19. Santos-SP. 2019

SILVA, M. H. M. et al. Soil structural quality as a function of management in an integrated agricultural production system. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 1, p. 99, 11 nov. 2018.

SILVA, R. R. et al. Nitrogen management, cultivars and growing environments on wheat grain quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 11, p. 826–832, nov. 2019b.

SILVA, S.; FOLONI, J.; BASSOI, M. Informações técnicas para trigo e triticale-safra 2017. **Embrapa Soja-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2017.

SILVA, S. R. et al. **Severidade de brusone em três cultivares de trigo em resposta a doses de nitrogênio**. In: EMBRAPA Trigo-artigo em anais de congresso (ALICE). In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 10. 2016.

SOBRAL, L. F. et al. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents (INFOTECA-E)**, 2015.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 675–688, 2008.

SOUZA, T. M. et al. Composição química de grãos e qualidade de farinha de trigo em resposta a fontes e doses de nitrogênio. **Agrarian**, v. 12, n. 46, p. 528–541, 2019.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. DA. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 83–91, jan. 1999.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. [s.l.] Artmed Editora, 2017.

TAKEITI, C. Trigo. **Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2015.

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

TASCA, F. A. et al. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 493–502, 2011.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, p. 797–804, 2010.

THORNTHWAITE, C.; MATHER, J. The water balance publications in Climatology, 8 (1). **DIT, Laboratory of climatology, Centerton, NJ, USA**, 1955.

TRINDADE, M. DA G. et al. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 24–29, 2006.

TRIPATHI, A. D. et al. Estimates for world population and global food availability for global health. In: **The Role of Functional Food Security in Global Health**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 3–24.

WEIRICH NETO, P. H.; SVERZUT, C. B.; SCHIMANDEIRO, A. Necessidade de fertilizante e calcário em área sob sistema plantio direto considerando variabilidade espacial. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, 2006.

WIETHÖLTER, S.; SCHEEREN, P. L.; DE BONA, F. D. Rendimento de grãos e eficiência de uso de nitrogênio na cultura do trigo em duas regiões do Rio Grande do Sul. . In:

EMBRAPA Trigo. Artigo em Anais de Congresso (ALICE). In: **Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**, 8. 2015

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