

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

LETÍCIA DO SOCORRO CUNHA

ADUBAÇÕES CRESCENTES, TEORES NUTRICIONAIS E CARACTERES
AGRONÔMICOS DAS CULTURAS DE GIRASSOL E TRIGO

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2024

LETÍCIA DO SOCORRO CUNHA

**ADUBAÇÕES CRESCENTES, TEORES NUTRICIONAIS E CARACTERES
AGRONÔMICOS DAS CULTURAS DE GIRASSOL E TRIGO**

Tese apresentado à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

Orientador: Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior

Coorientadores: Prof.^a Dr.^a Maria do Carmo Lana
Prof. Dr. Antonio Carlos Torres da Costa
Prof. Dr. Alfredo Richart

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2024

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

CUNHA, LETICIA DO SOCORRO
ADUBAÇÕES CRESCENTES, TEORES NUTRICIONAIS E CARACTERES
AGRONÔMICOS DAS CULTURAS DE GIRASSOL E TRIGO / LETICIA DO
SOCORRO CUNHA; orientador JOSÉ BARBOSA DUARTE JÚNIOR;
coorientadora MARIA DO CARMO LANA. -- Marechal Cândido
Rondon, 2024.
101 p.

Tese (Doutorado Campus de Marechal Cândido Rondon) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2024.

1. Doses de NPK. . 2. Helianthus annuus L. 3. Nutrição de
plantas. Produtividade. Teor foliar. . 4. Triticum aestivum
L. . I. DUARTE JÚNIOR, JOSÉ BARBOSA, orient. II. LANA, MARIA
DO CARMO, coorient. III. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-48

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



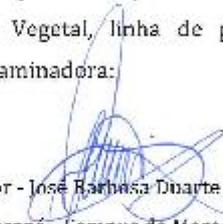
PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

LETICIA DO SOCORRO CUNHA

Adubações crescentes, teores nutricionais e caracteres agronômicos das culturas de girassol e trigo

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADA pela seguinte banca examinadora:


Orientador - José Barbosa Duarte Júnior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

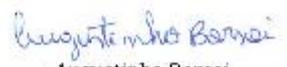

Cláudio Yuji Tsutsumi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)


Elcio Silvério Klosowski

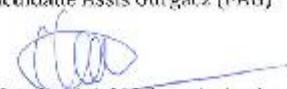
Elcio Silvério Klosowski

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)


Augustinho Borsari

Augustinho Borsari

Faculdade Assis Gurgacz (FAG)


Milciades Ariel Melgarejo Arrúa

Universidad Nacional de Comodoro Rivadavia (UNICAN)

Marechal Cândido Rondon, 24 de maio de 2024.

A Deus.

*A minha mãe Maria do Socorro
Cunha, irmãos, aos meus
sobrinhos, e in memoriam a
minha querida e amada avó
Jovelina Dalva Cunha.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus, por estar ao meu lado em todos os momentos, me guiando, por me manter com fé, força, perseverança e determinação, para enfrentar todas as adversidades pelo caminho, por chegar até aqui e me proporcionar tantas alegrias e vitórias alcançadas nesta caminhada;

À minha família, em especial à minha mãe Maria do Socorro Cunha, *in memoriam* a minha querida e amada avó Jovelina Dalva Cunha, agradeço por todo apoio, amor incondicional, pelos ensinamentos transmitidos, e por acreditarem no meu potencial. Vocês são a minha base e a motivação diária para seguir em frente e enfrentar os desafios da vida. Ao meu irmão Anderson Cunha e sua família, único parente que esteve presente no Sul, ajudando a me manter firme devido a distância dos demais familiares, pelo apoio nos momentos de avaliação da pesquisa em campo e laboratório, pelo incentivo nos momentos difíceis, por estar sempre ao meu lado e aos demais componentes familiares (irmãos, cunhado(a) e sobrinhos) que apesar da distância, fizeram meus dias melhores, me trazendo alegrias que me proporcionaram altas gargalhadas;

Aos amigos, Erlane Souza, Alessandra Nascimento, Leidiane Lima, Taiara Reis, Maiara Sousa, Vanessa Faria, Leonardo Silva e Fernanda Ludmyla que me deram força nos momentos de tristeza e vibraram nos momentos de alegria em especial a minha parceira irmã Luane Oliveira e seu esposo Wilson Fonseca, pela amizade e apoio, por ter abraçado o meu sonho e ter me ajudado, passamos por muitos momentos tristes e alegres juntas, porém não desistimos e superamos todas as adversidades. E aos novos amigos pelo apoio emocional, que me motivaram e proporcionaram alegria em vários momentos, minha eterna gratidão.

Agradeço ao Grupo de Estudos e Pesquisas Avançadas em Fitotecnia, em especial Belmiro Shimada e Marcos Simon por toda ajuda na implantação do experimento e demais colegas.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior, homem íntegro de grande sabedoria, um excelente profissional e fonte de inspiração, tens minha total admiração pelo ser humano e profissional que és, obrigada pela orientação desde o Mestrado, pela disponibilidade, ensinamentos transferidos, incentivos, paciência, amizade, conselhos, compreensão mediante as limitações, e ajuda para a construção deste trabalho. Aos meus coorientadores Prof. Dr^a. Maria do Carmo Lan, Prof. Dr. Antônio Carlos Torres da Costa e Prof. Dr. Alfredo Richart por todo incentivo e ajuda prestada ao longo de toda pós-graduação. Gratidão.

À Universidade pelo ensino gratuito e de qualidade e ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, por serem excelentes profissionais, e pelo ensinamento repassado, à assistente de coordenação Sra. Leila Dirlene Allievi Werlang por todo apoio e contribuição, pela gentileza, simpatia e prontidão, aos técnicos de laboratório, Marta Inês Ferreira Bianchini e Neusa Francisca Michelin Herzog que não mediram esforços para atender e ajudar no que foi possível, em especial ao Jucenei Frandoloso pelo auxílio na realização das análises no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas. Às meninas da limpeza, aos guardas e aos trabalhadores de campo da Universidade, destaco minha gratidão ao Sr. Dirceu Rauber, que não mediu esforços, por toda ajuda e contribuições, obrigada.

À CAPES, pelo suporte e apoio financeiro.

Enfim, sou grata à todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Muito obrigada!

“Eu sou a videira, vós, os ramos. Quem permanecer em mim, e eu, nele, esse dá muito fruto, porque sem mim nada podeis fazer”

João 15:5

RESUMO

CUNHA, L. S. Engenheira Agrônoma. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Maio de 2024. **Adubações crescentes, teores nutricionais e caracteres agronômicos das culturas de girassol e trigo**. Orientador: José Barbosa Duarte Júnior. Coorientador: Maria do Carmo Lana, Antonio Carlos Torres da Costa e Alfredo Richart.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os caracteres agronômicos e teores nutricionais, em resposta a doses crescentes de NPK em cobertura, em dois experimentos, no Latossolo Vermelho Eutroférico. Para cada safra, foram realizados três experimentos no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, em cobertura. No primeiro, no segundo e no terceiro foram avaliados cinco doses de N, de P e de K (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹), fornecidos via fertilizantes, (uréia utilizada como fonte de N, super fosfato simples para P₂O₅ e cloreto de potássio para fornecimento de K₂O), totalizando 20 unidades experimental. Foram realizadas avaliações dos caracteres agronômicos, tais como: estande inicial e final; número de aquênio por capítulo; diâmetro de capítulo; Massa de 1000 aquênios; altura de plantas; produtividade e teores nutricionais do solo e do tecido foliar. Para a cultura do girassol na safra 2020/21, a altura de plantas a adubação com N e P₂O₅ mostrou-se eficaz, no entanto evidenciou maior estatura na dose de 200 kg ha⁻¹, com uma média de 141 cm por planta referente ao tratamento com a adubação de P₂O₅. A produtividade teve aumento para a adubação com N e K₂O, ambos na dose de 200 kg ha⁻¹. Na safra 2021/22, a altura de plantas de girassol também foi favorecida pelas doses de N e P₂O₅, corroborando com a safra anterior. A produtividade resultou em ganhos significativos com a adubação nitrogenada e potássica. Para a cultura do trigo, na safra 2021/22, o número de espiguetas por espigas com a adubação com N e P mostrou-se eficaz, no entanto evidenciou maior estatura na dose de 100 e 200 kg ha⁻¹, com uma média de 17 espiguetas por espigas, referente ao tratamento com a adubação de P. O número de grãos por espigas foi favorecido pela adubação nitrogenada. A produtividade teve aumento para a adubação com N, na dose de 100 kg ha⁻¹. Na safra 2022/23, não houve efeito significativo para os caracteres agronômicos estudados do trigo. Na safra 2021/22, referentes aos teores nutricionais do girassol, não houve efeito significativo para cada elemento nos três experimentos e para as variáveis estudadas, em respostas a adubação com N, P₂O₅ e K₂O em cobertura. Na safra 2022/23, houve resultados significativo para os teores nutricionais referente ao solo, no experimento de P (42 mg dm⁻³) e K (1,20 cmol_c dm⁻³) para as doses de 200 e 50 kg ha⁻¹ na cultura do girassol. Tanto na safra 2021/22, quanto na safra 2022/23, os teores nutricionais da cultura do trigo relacionados a análise de solo e folha, não apresentaram resposta significativa nos experimentos de N, P₂O₅ e K₂O,

respectivamente em cobertura, nas condições de um Latossolo Vermelho Eutroférico de Marechal Cândido Rondon-PR.

Palavras-chave: Doses de NPK. *Helianthus annuus* L. Nutrição de plantas. Produtividade. Teor foliar. *Triticum aestivum* L.

ABSTRACT

CUNHA, L. S. Agricultural Engineer. State University of Western Paraná, May 2024. **Increasing fertilizers, nutritional contents and agronomic characteristics of sunflower and wheat crops.** Advisor: José Barbosa Duarte Júnior. Co-supervisor: Maria do Carmo Lana, Antonio Carlos Torres da Costa and Alfredo Richart.

The objective of this work was to evaluate the agronomic characteristics and nutritional contents, in response to increasing doses of NPK in top dressing, in two experiments, in the Eutroferic Red Latosol. For each harvest, three experiments were carried out in a randomized block design, with four replications and five treatments, in coverage. In the first, second and third, five doses of N, P and K were evaluated (0, 25, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹), supplied via fertilizers (urea used as a source of N, super phosphate simple for P₂O₅ and potassium chloride to supply K₂O), totaling 20 experimental units. Assessments of agronomic traits were carried out, such as: initial and final stand; number of achene per chapter; chapter diameter; Mass of 1000 achenes; plant height; productivity and nutritional content of soil and leaf tissue. For the sunflower crop in the 2020/21 harvest, fertilization with N and P₂O₅ proved effective, however, it showed greater height at a dose of 200 kg ha⁻¹, with an average of 141 cm per plant referring to the treatment with P₂O₅ fertilizer. Productivity had a positive increase for fertilization with N and K₂O, both at a dose of 200 kg ha⁻¹. In the 2021/22 harvest, the height of sunflower plants was also favored by doses of N and P₂O₅, corroborating the previous harvest. Productivity resulted in significant gains with nitrogen and potassium fertilization. For the wheat crop, in the 2021/22 harvest, the number of spikelets per ear with N and P fertilization proved to be effective, however, it showed greater height at doses of 100 and 200 kg ha⁻¹, with an average of 17 spikelets per ear, referring to the treatment with P fertilization. The number of grains per ear was favored by nitrogen fertilization. Productivity increased positively with N fertilization at a dose of 100 kg ha⁻¹. In the 2022/23 harvest, there was no significant effect on the studied agronomic traits of wheat. In the 2021/22 harvest, regarding the nutritional content of sunflower, there was no significant effect for each element in the three experiments and for the variables studied, in responses to fertilization with N, P₂O₅ and K₂O in top dressing. In the 2022/23 harvest, there were significant results for the nutritional contents related to the soil, in the experiment of P (42 mg dm⁻³) and K (1.20 cmolc dm⁻³) for doses of 200 and 50 kg ha⁻¹ in sunflower cultivation. In both the 2021/22 and 2022/23 harvests, the nutritional contents of the wheat crop related to soil and leaf analysis did not show a significant response in the N, P₂O₅ and K₂O experiments,

respectively in coverage, under conditions of a Eutroferric Red Latosol from Marechal Cândido Rondon-PR.

Keywords: NPK doses. *Helianthus annuus* L. Plant nutrition. Productivity. Leaf content. *Triticum aestivum* L.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 ASPECTOS GERAIS DAS CULTURAS DE GIRASSOL E TRIGO.....	14
2.2 IMPORTÂNCIA E DINÂMICA DO N, P e K.....	16
2.3 EXIGÊNCIAS NUTRICINAIS DO GIRASSOL E TRIGO.....	18
REFERÊNCIAS	19
3 ARTIGO 1. CARACTERES AGRONÔMICOS DA CULTURA DO GIRASSOL EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO COM NPK EM COBERTURA.....	23
RESUMO.....	23
3.1 INTRODUÇÃO	24
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	25
3.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	27
3.2.3 IMPLANTAÇÃO E MANEJO CULTURAL DO EXPERIMENTO.....	27
3.2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS: CARACTERES AGRONÔMICOS.....	29
3.2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	29
3.3 RESULTADOS	30
3.4 DISCUSSÃO	37
3.5 CONCLUSÃO.....	42
3.6 AGRADECIMENTOS	43
3.7 REFERÊNCIAS	44
4 ARTIGO 2. CARACTERES AGRONÔMICOS DA CULTURA DO TRIGO EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO COM NPK EM COBERTURA.....	47
RESUMO	47
4.1 INTRODUÇÃO	48
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	49
4.2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	49
4.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	51
4.2.3 IMPLANTAÇÃO E MANEJO CULTURAL DO EXPERIMENTO.....	51
4.2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS: CARACTERES AGRONÔMICOS.....	52
4.2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	53
4.3 RESULTADOS.....	53
4.4 DISCUSSÃO	60
4.5 CONCLUSÃO	62
4.6 AGRADECIMENTOS	62
4.7 REFERÊNCIAS	63
5 ARTIGO 3. TEORES NUTRICIONAIS DA CULTURA DO GIRASSOL EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO COM NPK EM COBERTURA.....	67
RESUMO	67
5.1 INTRODUÇÃO	68
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	69
5.2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	69
5.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	71
5.2.3 IMPLANTAÇÃO E MANEJO CULTURAL DO EXPERIMENTO.....	71
5.2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS: AMOSTRAGEM E AVALIAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	72
5.2.5 TEOR NUTRICIONAL FOLIAR.....	72
5.2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	73
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73

5.4 CONCLUSÃO	81
5.5 AGRADECIMENTOS	81
5.6 REFERÊNCIAS	81
6 ARTIGO 4. TEORES NUTRICIONAIS DA CULTURA DO TRIGO EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO COM NPK EM COBERTURA.....	84
RESUMO	84
6.1 INTRODUÇÃO	85
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	86
6.2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	86
6.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	88
6.2.3 IMPLANTAÇÃO E MANEJO CULTURAL DO EXPERIMENTO.....	88
6.2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS: AMOSTRAGEM E AVALIAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	89
6.2.5 TEOR NUTRICIONAL FOLIAR.....	89
6.2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	90
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
6.4 CONCLUSÃO	95
6.5 AGRADECIMENTOS	95
6.6 REFERÊNCIAS	95
7 CONCLUSÕES GERAIS	98

1 INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento da produção de grãos no país vem se confirmando cada vez mais no decorrer dos últimos anos, isso devido ao plantio de diversas culturas, dentre elas o girassol e o trigo. O girassol vem ganhando espaço e se destacando como excelente alternativa na diversificação agrícola da região Sul do País.

Na safra 2023/24, o girassol apresenta uma estimativa de área plantada de 60 milhões de hectares, com uma expectativa de produção de 89 milhões de toneladas e produtividade de 1.476 kg ha⁻¹. E a cultura do trigo apresenta estimativa de área de 3,3 milhões de hectares, com produção de 9,7 milhões de toneladas e expectativa de produtividade de 2.940 kg ha⁻¹ (CONAB, 2024).

A utilização do suprimento adequado de nutrientes do solo é imprescindível na busca de altas produtividades. Assim, na determinação das necessidades nutricionais da planta devem ser levadas em consideração a absorção e exportação de nutrientes pela cultura durante seu ciclo. A cultura do girassol apresenta caracteres agronômicos com grande potencial produtivo, aproveitando-se a planta como um todo, baixo custo de investimento, fácil condução e um considerável retorno, sendo uma cultura tolerante a falta de água e altas e baixas temperaturas, se adequando perfeitamente na região. No entanto, mesmo com todas essas características, a região ainda é resistente no plantio de novas culturas como o girassol, devido a liquidez da cultura da soja e do milho.

Quando comparado a outras culturas, o girassol necessita de uma grande quantidade dos principais macronutrientes. O trigo por sua vez, é um dos cereais mais cultivados no globo, responsável por ocupar grande parte das terras, sua versatilidade faz com que pesquisas busquem formas de adaptar a cultura em diferentes condições de cultivo (AGUILERA et al., 2016).

Em termos de sistemas de produção agrícola, o trigo é uma excelente opção de cultivo para o período invernal, pois agrega diversificação ao sistema de rotação de culturas e gera receitas com a produção de grãos. Assim como em outras importantes culturas agrícolas de cunho comercial, os custos envolvidos na produção de trigo estão diretamente ligados à utilização de corretivos para neutralizar a acidez do solo e aos fertilizantes aplicados durante o plantio. Por outro lado, é sabido que tais insumos desempenham um papel crucial no aumento da produtividade do trigo (BONA et al., 2016).

Para ter sucesso durante o ciclo das culturas, além do planejamento é necessário levar em consideração as exigências nutricionais de cada cultura, tendo em vista a necessidade de

ter recomendações adaptadas às condições edafoclimáticas das culturas na região. Este estudo caracterizou-se como sucessão de culturas, no entanto focou no ineditismo das doses relacionados aos caracteres agronômicos e teores nutricionais, salientando a importância de se buscar conhecimento detalhado das demandas nutricionais das plantas de girassol e do trigo, bem como opção de uso destas culturas junto com o milho e a soja, proporcionando alternativas para a rotação de culturas, visto que ainda é escasso na região. Assim, a aplicação de doses crescentes de N, P e K, proporcionarão as melhores condições nutricionais e consequentemente aumentar os valores dos caracteres agronômicos das culturas.

Dessa forma o objetivo do estudo foi avaliar os caracteres agronômicos e teores nutricionais das culturas de girassol e trigo, em resposta a doses crescentes de NPK em cobertura, em dois experimentos, no Latossolo Vermelho Eutroférico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASPECTOS GERAIS DAS CULTURAS DE GIRASSOL E TRIGO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma espécie da família Asteraceae, dicotiledônea anual. O gênero deriva do grego helios, que significa sol, e de anthus, que significa flor, ou "flor do sol" (GAZZOLA et al., 2012). Essa nomenclatura botânica faz menção ao comportamento da inflorescência desta planta que do início de sua floração até a antese se encontra voltada para o lado de onde provém a luz do sol.

No Brasil, o seu cultivo se iniciou na região Sul, no período da colonização. Nos últimos anos 14 anos, o girassol é cultivado em todos os continentes, pois é uma cultura de ampla capacidade de adaptação às diversas condições de latitude, longitude e fotoperíodo (CANAVAR et al., 2010).

O sistema radicular pivotante do girassol permite reciclagem de nutrientes no solo, suas hastes podem ser utilizadas na fabricação de material para isolamento acústico, as suas folhas juntamente com as hastes promovem a adubação verde, podendo a massa seca atingir de 3 a 5 toneladas por hectares. Estas fecundadas dão origem aos frutos (aquênios), que contêm as sementes ricas em óleo (47%) de excelente qualidade nutricional (GAZZOLA et al., 2012). Conforme informações descritas por Salgado et al. (2012), nas sementes de girassol, encontra-se cerca de 24% de proteínas, 20% de carboidratos totais e 4% de minerais, em sua composição.

Além da produção de grãos, o girassol vem sendo largamente cultivado objetivando o fornecimento de matéria-prima para a indústria alimentícia e se destaca como uma das oleaginosas potencialmente promissora, capaz de fomentar o programa Biodiesel no Brasil (SANTOS JÚNIOR et al., 2011).

Seu ciclo vegetativo depende de cada variedade ou híbrido, podendo ser de 90 até 150 dias. Reys et al. (1985) verificaram que, o girassol pode ser semeado durante todo o ano e se adapta bem a condições variáveis de temperatura. Seu porte final do genótipo, mas normalmente ultrapassa 1,60 m, podendo chegar a 3,00 m de altura. Com estas características e potencialidade fica evidente a grande possibilidade de uso da cultura com um aliado da produção primária, como mais uma alternativa somando-se as atividades existentes, possibilitando a diversificação, sustentabilidade do sistema, agregar renda e produção de energia ou agroenergia renovável.

Por outro lado, o trigo (*Triticum aestivum* L.) é classificado e integrado na família das gramíneas anuais de inverno, originado no sudoeste da Ásia, numa região denominada crescente fértil, e sua história está diretamente ligada ao desenvolvimento da civilização humana. A domesticação desse cereal foi iniciada há, aproximadamente, 10 mil anos, contribuindo para a alteração do sistema de vida nômade e no estabelecimento dos primeiros povoados (EMBRAPA, 2016).

O trigo chegou na América com os descobridores, quando Colombo trouxe consigo algumas sementes da Europa, em 1493, sendo introduzido no México em 1519 (FARTRIGO, 2021). No Brasil em 1534, junto com Martim Afonso de Souza, foi introduzido na capitania de São Vicente, atual estado de São Paulo. Em seguida os trigais se expandiram pelo território, chegando até o Nordeste, onde devido as condições climáticas não favoráveis ao cultivo a cultura migrou para o sul do Brasil onde as colheitas apresentaram melhores resultados (ALVARENGA, 2019).

A planta possui características morfológicas semelhantes aos demais cereais de inverno. Ela pode ser estruturada morfológicamente em raízes, colmo, folha e inflorescência (BORÉM; SCHEEREN, 2015). O sistema radicular do trigo é formado por três grupos: raízes seminais; raízes permanentes (coroa); e raízes adventícias (SCHEEREN et al., 2015).

A planta adulta consiste em um caule central que vai até a espiga, do qual emergem as folhas em lados opostos. É composto por segmentos repetidos chamados de fitômetros, que contêm um nó e um entrenó oco. A bainha da folha tem sua origem no entrenó e envolve o caule fornecendo suporte para o broto (AUSTRÁLIA, 2008).

A folha é composta por bainha, lâmina, lígula e aurículas, sendo disposta as folhas alternadas, formando ângulos de 180° entre uma folha e outra, até a última que é chamada de folha bandeira (BORÉM; SCHEEREN, 2015). A inflorescência é uma espiga, que é composta por duas fileiras de espiguetas dispostas alternadamente na raque central (EL TRIGO, 2021).

O grão de trigo é considerado um alimento básico, utilizado na produção de farinha, muito importante para a indústria de panificação. O grão de trigo é uma cariopse de forma ovalada, arredondada nas extremidades. É constituído pelo pericarpo, pelo endosperma e pelo gérmen (GWIRTZ et al., 2014). Contém também uma fina camada de aleurona, a qual envolve completamente o endosperma e o gérmen e representa aproximadamente 7% da massa seca do grão de trigo (JAEKEL, 2013).

Quanto à alimentação animal, o trigo é muito utilizado na forma de farelo, componente de rações, podendo também ser manejado para duplo propósito, se tornando uma alternativa estratégica para amenizar os índices de baixa produção de forragem nos períodos de déficit de alimento (BECKER; GAI, 2019), podendo ser ofertado na forma de feno, ensilado ou naturalmente como na situação de pastejo.

O ciclo de desenvolvimento de uma planta de trigo pode ser dividido em três fases: a fase vegetativa, reprodutiva e enchimento de grãos. A fase vegetativa tem seu início na sementeira, com a germinação da semente e diferenciação dos primórdios foliares no embrião, até o início da floração. A reprodutiva começa com a iniciação floral, quando ocorre a diferenciação dos primórdios de espiguetas na parte central da espiga até o aparecimento da última espiguetas na ponta da espiga. A fase de enchimento de grãos inicia com a antese, fecundação das flores e termina com a maturação fisiológica da planta (MORI et al., 2016).

2.2 IMPORTÂNCIA E DINÂMICA DO N, P e K

O nitrogênio (N) nas plantas é o componente responsável por muitas reações dentro delas a estrutura da clorofila, enzimas e proteínas, e a quantidade que o solo apresenta muitas vezes podem variar em decorrência da quantidade de matéria orgânica presente no solo, onde o uso de fertilizante mineral muitas vezes é limitado por ter um alto custo (ALVES, 2006). O N é um dos nutrientes mais requeridos a produção agrícola nas regiões tropicais e as principais fontes pelas quais as plantas podem obtê-los são a matéria orgânica do solo, os fertilizantes nitrogenados ou fixação biológica de nitrogênio (FBN) (CANTARELLA, 2007).

A disponibilidade dos nutrientes abaixo dos mínimos prejudica diretamente a produção, pois suas necessidades nutricionais não serão supridas adequadamente, resultando

na deficiência nutricional. Portanto, a correta avaliação do estado nutricional das plantas têm por finalidade fornecer a quantidade adequada de nutrientes e identificar quais estão limitando o desenvolvimento das culturas (MARSCHNER, 2012).

No sistema solo-planta, o N mineral é absorvido nas formas de nitrato ou amônio, o qual entra em contato com as raízes das plantas preferencialmente pelo fluxo de massa (MALAVOLTA et al., 1996). No solo este nutriente apresenta diversas formas orgânicas e inorgânicas que estão dinamicamente equilibradas por meio do ciclo do N, o qual é bastante complexo. Pode-se incorporar a partir dos restos de culturas por processo de fixação biológica, adubação com fertilizantes industriais e também por precipitação induzidas por descargas elétricas (RAIJ, 1991). É um nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, visto que é constituinte dos aminoácidos, nucleotídeos e ácidos nucleicos. Além disto, o N faz parte da molécula de clorofila, que é responsável pelo processo fotossintético (AMINPANAHA, 2013).

As formas de perdas de N são através da remoção pelas culturas, erosão, lixiviação, volatilização da amônia e desnitrificação na forma de óxidos de N e N₂. Os processos que interligam os compartimentos do ciclo global do nitrogênio, são fixação de N (atmosférica, industrial, simbiótica do N e não simbiótica do N), decaimento, amonificação, nitrificação, imobilização, desnitrificação (química e assimilatória), volatilização e lixiviação (BINOTTI, 2006).

Diferentemente do nitrogênio, o fósforo (P) é requerido em menores quantidades pelas plantas, o qual é absorvido por elas quando presente na forma de P₂O₄⁻ (MALAVOLTA, 2005). Mesmo assim, é aplicado em grandes quantidades no solo devido ao fato de ocorrer fixação do elemento, impedindo que este se movimente no solo através da difusão. No solo o P pode estar indisponível quando estiver fortemente adsorvido na rede cristalina dos minerais (ligado ao alumínio, ferro ou ao cálcio), ou quando encontrar-se nas camadas mais profundas do solo. O fósforo estará disponível para as plantas quando se apresentar na solução do solo (preferencialmente) ou na forma fracamente adsorvido (MALAVOLTA, 1980).

O P disponível para as plantas é encontrado em baixas concentrações na solução do solo, isto ocorre devido ao nível de acidez dos solos onde são cultivadas as principais culturas, os quais apresentam as maiores taxas de fixação de fósforo variáveis de acordo com a quantidade e mineralogia das argilas, sendo intensificadas em solos com predominância de Fe e Al (RAIJ, 1991). Mesmo requerido em baixas quantidades, o fósforo está presente em diversos processos metabólicos de suma importância para a planta como a fotossíntese. Devido à natural pobreza dos solos brasileiros e a fatores que limitam a disponibilidade de P

para as plantas (adsorção excessiva), as adubações fosfatadas são realizadas em grandes quantidades quando comparadas a outros elementos requeridos pelas plantas (MALAVOLTA, 1980).

Outro nutriente importante é o K, disponível na forma de íon k^+ presente na solução do solo e no complexo de troca (RAIJ, 1991). O contato com as raízes ocorre por difusão e fluxo de massa, dessa forma a nutrição potássica esta diretamente relacionada com a disponibilidade de água no solo. Participa de diversos processos biológicos da planta e apresenta alta mobilidade, sendo translocados das partes velhas para as partes jovens, durante o processo de senescência natural ou induzida plantas (MALAVOLTA, 1996). A baixa disponibilidade do nutriente pode causar redução na taxa de crescimento e na produtividade (ZOBIOLE et al., 2010).

O potássio é um macronutriente que possui papel fundamental para a nutrição das plantas, por ser o cátion mais abundante no tecido vegetal, sendo um nutriente com relevantes funções fisiológicas e metabólicas, translocação de assimilados e, também absorção de nitrogênio e síntese proteica, tornando-se, portanto, limitante em sistema de utilização intensiva de solo. (SIMILI et al., 2008; KAUTZ et al., 2013).

A disponibilidade e a absorção de K, assim como a capacidade de suprimento, depende das interações, dinâmicas entre o solo e a disponibilidade de K, assim a aplicação de fertilizantes e a CTC do solo, além da ciclagem do nutriente pelas plantas, manejo agrônomico e propriedades do solo refletem diretamente (SCANLAN et al., 2015).

2.3 EXIGÊNCIAS NUTRICINAIS DO GIRASSOL E TRIGO

Para a cultura do girassol recomenda-se a realização da análise do solo antes do plantio. No caso de solos que apresentem pH ácido, abaixo de 5,2, deve-se fazer calagem pelo menos três meses antes do plantio. Quadros et al. (2010) consideram a faixa de pH ideal para o desenvolvimento das culturas entre 6,0 e 8,0, pois são valores onde se encontram solúveis a maioria dos macro e micronutrientes. Com base nas análises de laboratório, os solos que apresentam baixa, média e alta fertilidade têm demandado aplicações de 40 a 60 kg ha⁻¹ de N, 20 a 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 a 80 kg ha⁻¹ de K₂O. O N deve ser parcelado, colocando-se 30% na semeadura e o restante até 30 dias após a emergência das plantas, principalmente em solos com textura arenosa. O girassol é sensível a níveis baixos de boro no solo. Em solos pobres em boro, recomenda-se a aplicação de 1,0 a 2,0 kg ha⁻¹ do elemento mediante a adubação de base ou de cobertura. Contudo, há uma grande carência de estudos que abordem os efeitos do

uso da adubação, de forma a otimizar o desenvolvimento e o desempenho agrônômico da cultura.

O girassol é uma planta muito responsiva à aplicação de boro, podendo atingir produtividades mais elevadas a partir da aplicação de doses superiores a 1 kg ha^{-1} de boro (VIANA et al., 2012; SILVA et al., 2012).

A adubação é muito importante na cultura do trigo para a obtenção de bons rendimentos e para conferir algumas características importantes ao cereal. Mendes et al. (2011) apontam que a disponibilidade de nutrientes para cultura é fator crucial para determinação de uma boa farinha.

Em termos práticos, aplica-se de 15 a 20 kg ha^{-1} de N na semeadura (sulco de plantio), visando propiciar um crescimento inicial com vigor adequado. O restante do N deve ser aplicado em cobertura, nos estádios de perfilhamento e alongamento do colmo da cultura. quantidade de N a aplicar na cultura do trigo varia, geralmente, de 60 a 120 kg ha^{-1} de N (BONA, et al., 2016).

A aplicação de N ao solo, no cultivo do trigo, certamente é uma das práticas de manejo da cultura mais seguras em relação ao retorno econômico, pois as pesquisas têm demonstrado que a eficiência de uso de N varia em função da dose aplicada, e seu valor oscila entre 12 (RAMOS, 1981) e 21 (WIETHOLTER et al., 2007), kg de grãos por kg de N adicionado.

Para o estado do Paraná, a cultura extrai 28 kg t^{-1} de nitrogênio, $3,9 \text{ kg t}^{-1}$ de fósforo e $19,9 \text{ kg t}^{-1}$ de potássio. No processo da exportação são requerido 20 kg t^{-1} de N, $3,2 \text{ kg t}^{-1}$ de P_2O_5 e $3,5 \text{ kg t}^{-1}$ de K_2O . As doses recomendadas para o trigo variam de 10 a 30 kg ha^{-1} de N após a soja e de 25 a 50 kg ha^{-1} de N após o milho no sulco de semeadura, conforme o manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (SBCS/NEPAR, 2019).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA, J. G.; MINOZZO, J. A. D.; BARICHELLO, D.; FOGAÇA, C. M.; SILVA JR, J. P.; CONSOLI, L.; PEREIRA, J. F. Alleles of organic acid transporter genes are highly correlated with wheat resistance to acidic soil in field conditions. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 129, p. 1317–1331, 2016.

ALVARENGA, A. **Trigo no Brasil: Origem e histórico de cultivo**. 2019. Disponível em: <https://rehagro.com.br/blog/origem-do-trigo-no-brasil/>. Acesso em: 07 mai. 2024.

ALVES, B. J. R.; LINCOLN, Z.; FERNANDES, F. M.; HECKLER, J. C.; MACEDO, R. A. T.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S. Fixação Biológica de Nitrogênio e Fertilizantes Nitrogenados no Balanço de Nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 3, p. 449-456, 2006.

AMINPANAH, H. Effect of nitrogen rate on seed yield, protein and oil content of two canola (*Brassica Napus* L.) cultivars. **Acta Agriculturae Slovenica**. Liubliana, v. 101, p. 189-190, agos. 2013.

AUSTRÁLIA. Australian Government. Department Of Health and Ageing Office of The Gene Technology Regulator. **The Biology of Triticum aestivum L. em Thell. (Bread Wheat)**. Canberra, 2008. 49 p. Disponível em: <https://textarchive.ru/c-2606681.html>. Acesso em: 06 set. 2021.

BECKER, C. C. E.; GAI, V. F. Análise morfológica em manejos de corte em trigo de duplo propósito e aveia. **Cultivando O Saber**. Cascavel, v. 1, n. 1, p. 33-41, Dezembro, 2019.

BINOTTI, F. F. S. **Fontes, doses e parcelamento do nitrogênio em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto**. 2006. 94 p. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) - Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, SP, 2006.

BONA, F. D.; MORI, C.; WIETHÖLTER, S. Manejo nutricional da cultura do trigo. **Informações Agronômicas**, n.154, p. 1-16, 2016.

BORÉM, A.; SCHEEREN., P. L. **Trigo: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2015. 260 p.

CANAVAR, Ö.; ELLMER, F., CHMIELEWSKI, F. M. Investigation of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in the ecological conditions of Berlin (Germany). **Helia**. Germany, v.33, n.53, p.117–130, Agost, 2010.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. Fertilidade do solo. In: NOVAIS, R. F. Viçosa: UFV, 2007. p. 375-470.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos. Safra 2023/2024**. v. 1. n. 1. Sétimo levantamento/Abril 2024. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2024. p. 1-119.

EL TRIGO. **Morfologia y Fisiologia**. 2021. Disponível em: <https://trabajoinformatica1516.wordpress.com/morfologia-y-fisiologia/>. Acesso em: 06 set. 2021.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Trigo: o produtor pergunta, a embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 1. ed., 314p, 2016.

FARTRIGO. **A história do trigo no Brasil**. 2021. Disponível em: <http://www.fartrigo.com.br/fartrigo/trigo>. Acesso em: 07 mai. 2024.

GAZZOLA, A.; FERREIRA JR.; C. T.G.; CUNHA.; D. A.; BORTOLINI, E.; PAIAO, G. D.; PRIMIANO, I. V.; PESTANA, J D'ANDRÉA, M. S. C.; OLIVEIRA, M. S. **A cultura do girassol**. FEALQ, 2012, 69 p.

GWIRTZ, J. A.; WILLYARD, M. R.; MCFALL, K. L. W. **Wheat: more than just a plant. In: MÜHLENCHÉMIE. Future of flour: a compendium of flour improvement**. 2014. Disponível em: <http://muehlenchemie.de/english/know-how/future-of-flour.html>. Acesso em: 10 02. 2024.

JAEKEL, L. Z. **Influência da adição de diferentes fontes de fibras (farinha de trigo de grão inteiro e amido resistente) e de transglutaminase nas características tecnológicas, estruturais e sensoriais de massas alimentícias.** 2013. 193 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

KAUTZ, T.; AMELUNG, W.; EWERT, F.; GAISER, T.; HORN, R.; JAHN, R.; JAVAUX, M. et al. Nutrient acquisition from arable sub soils in temperate climates: a review. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 57, p. 1003–1022, set. 2013.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 251p, 1980.

MALAVOLTA, E. **Informações agronômicas sobre nutrientes para as culturas – Nutrifatos.** Piracicaba: POTAFOS.1996.12p. (Arquivo do Agrônomo, 10).

MALAVOLTA, E. **Potássio: absorção, transporte e redistribuição na planta.** In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L.Eds. POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA.. Piracicaba: POTAFÓS, 2005,p.179-238.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants.** 3.ed. San Diego: Academic Press, 2012. 639p

MENDES, M.; ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V.; ZOCHE, J. C.; WALTER, A. L. B. Avaliação da eficiência agronômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias.** Guarapuava, v. 4, n.3, p.95-110, 2011.

MORI, C.; ANTUNES, J. M.; FAÉ, G. S.; ACOSTA, A. da S. **Trigo- O produtor pergunta, a Embrapa responde:** coleção 500 perguntas e 500 respostas. Brasília: Embrapa, 314 p, 2016.

QUADROS, D.G.; OLIVER, A.P.M.; REGIS, U.; VALLADARES, R.; SOUZA, P.H.F.; FERREIRA, E.J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental.** Campinas Grande, v.14, n.3, p.326– 332, Agosto, 2010.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo: Ceres, 1991, p. 343.

RAMOS, M. Caracterização da curva de resposta do trigo à aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v. 16, p. 611-615, 1981.

REYS, F. G. R. GARIBAY, C. B.; UNGARO, C. B.; TOLEDO, M. C. F. **Girassol: cultura e aspectos químicos, nutricionais e tecnológicos.** Campinas: Fundação Cargil, 88p, 1985.

SALGADO, P. R.; DRAGO, S. R.; MOLINA ORTIZ, S. E.; PETRUCCELLI, S.; ANDRICH, O.; GONZÁLEZ, R. J.; MAURI, A. N. Production and characterization of sunflower (*Helianthus annuus* L.) protein- enriched products obtained at pilot plant scale. **Journal LWT – Food Science and Technology.** Amsterdã, v.45, n. 1, p.65-72, Janeiro, 2012.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**. Ceará, v.42, n. 4, p.842-849, Dezembro, 2011.

SCANLANA, C. A.; HUTHC, N.I.; BELLD, R. W. Simulating wheat growth response to potassium availability under field conditions with sandy soils. I. Model development. **Field Crops Research**, v. 178, n. 1, p. 109-124, 2015.

SCHEEREN, P. L.; DE CASTRO, R. L.; CAIERAO, E. **Botânica, morfologia e descrição fenotípica**. Embrapa Trigo: Capítulo em livro científico, p. 35-55. 2015.

SILVA, A. R. A. da; BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, C. A. S. de; FILHO, J. V. P.; ANDRADE, R. R. de; FEITOSA, D. R. C. Morfologia e fitomassa do girassol cultivado com déficits hídricos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.9, p.959–968, Setembro, 2012.

SIMILI, F. F.; REIS, R. A.; FURLAN, B. N. ; PAZ, C. C. P.; LIMA, M. L. P.; BELLINGIERI, P. A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. **Ciência Agra tecnológica**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 474-480, mar./abr. 2008.

SBCS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-NEPAR-SBCS, 2019. 289p.

VIANA, T. V. de A.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. de L.; AZEVEDO, B. M. de; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do Girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**. Botucatu, v. 17, n. 2, p. 126-136, Julho, 2012.

WIETHÖLTER, S. Fertilidade do solo e a cultura do trigo no Brasil. In: PIRES, J. L. F; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo. p. 135-184, 2011.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 34, n. 2, p.425-433, Abril, 2010.

3 ARTIGO 1. CARACTERES AGRONÔMICOS DA CULTURA DO GIRASSOL EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO COM NPK EM COBERTURA

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de doses crescentes de N, P e K sobre as características agronômicas do girassol em experimento conduzido nas safras 2020/21 e 2021/22 em Marechal Cândido Rondon, PR. Para cada safra, foram realizados três experimentos no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, em cobertura. No primeiro, no segundo e no terceiro foram avaliados cinco doses de N, de P e de K (0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹), fornecidos via fertilizantes, (uréia utilizada como fonte de N, super fosfato simples para P₂O₅ e cloreto de potássio para fornecimento de K₂O), totalizando 20 unidades experimental de cada nutriente. Foram realizadas avaliações dos caracteres agronômicos, tais como: estande inicial e final; número de aquênio por capítulo; diâmetro de capítulo; Massa de 1000 aquênios; altura de plantas e produtividade. Na safra 2020/21, para altura de plantas a adubação com N e P₂O₅ mostrou-se eficaz, no entanto evidenciou maior estatura na dose de 200 kg.ha⁻¹, com uma média de 141 cm por planta referente ao tratamento com a adubação de P₂O₅. A produtividade teve aumento para a adubação com N e K₂O, ambos na dose de 200 kg.ha⁻¹. Na safra 2021/22, a altura de plantas também foi favorecida pelas doses de N e P₂O₅, corroborando com a safra anterior. A produtividade resultou em ganhos significativos com a adubação nitrogenada e potássica.

Palavras-chave: doses de nitrogênio, fósforo e potássio, *Helianthus annuus* L, nutrição de plantas.

3.1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura de ampla capacidade de adaptação às diversas condições de latitude, longitude e fotoperíodo. Nos últimos anos, vem se apresentando como opção de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos.

A maior tolerância à seca, a menor incidência de pragas e de doenças, além da ciclagem de nutrientes, principalmente potássio, são alguns dos fatores que têm possibilitado sua expansão e consolidação como cultura técnica e economicamente viável nos sistemas de produção (Embrapa, 2023).

No Brasil, a produção do girassol foi de 36,2 milhões de toneladas com uma produtividade média de $1.143 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na safra de 2020/21, e uma produção de 41,1 milhões de toneladas e produtividade média de $1.042 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na safra de 2021/22 (Conab, 2022). O girassol é uma cultura que se desenvolve bem na maioria dos solos agricultáveis, podendo ser cultivado em praticamente todo o território nacional. Atualmente, ele é cultivado comercialmente principalmente nos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Paraná, Bahia e Ceará, principalmente na safrinha, em semeadura direta, especialmente após a cultura da soja (Embrapa, 2023).

O girassol é uma planta que absorve uma quantidade muito grande dos principais macronutrientes, em comparação com a soja, milho e o trigo. Para que possa expressar todo o seu potencial produtivo, o suprimento de água e nutrientes deve ser adequado desde o início do seu desenvolvimento, principalmente a partir da emissão do botão floral, quando inicia o período de maior crescimento, acompanhado do aumento no consumo de água e da demanda nutricional. De modo geral, as quantidades de nitrogênio, fósforo e de potássio recomendadas para o cultivo do girassol, variam de 40 a $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, 40 a $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 e 40 a $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O . Entretanto, na literatura são encontradas recomendações com diferentes combinações destes elementos, em decorrência das condições edafoclimáticas e tipo de variedade que está sendo cultivada (Campos et al. 2015).

Em um estudo sobre o crescimento e produtividade do girassol sob doses de N e P, os autores, verificaram que a produtividade aumentou de forma linear com aumentos das doses de N e P. Ainda conforme os autores, as recomendações de adubação para os

macronutrientes primários na cultura do girassol variam, baseados em experimentos de campo e com variedades adaptadas a diferentes regiões (Soares et al. 2016).

Neste sentido é necessário fazer estudos mais profundos, para garantir os benefícios de melhores condições nutricionais e que se tenham resultados equivalentes ao incremento no cultivo da cultura e produtividade, em decorrência de doses crescentes. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar a aplicação de doses crescentes de N, P e K sobre as características agrônômicas do girassol em experimento conduzido nas safras 2020/21 e 2021/22 em Marechal Cândido Rondon, PR.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Local de condução do experimento

Foram conduzidos três experimentos nos anos agrícolas de 2020/2021 e 2021/2022 em condições de campo, na Estação Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE, *Campus* Marechal Cândido Rondon, nas coordenadas geográficas locais de 24° 33' 29'' S e 54° 02' 43'' W e 410 metros de altitude. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa, mesotérmico, clima subtropical úmido (Alvares et al. 2013), com temperaturas médias variando entre 17°C e 19°C e precipitação média anual de 1.500 mm (Nitsche et al. 2019). Os dados meteorológicos foram coletados periodicamente (Figura 1 e 2).

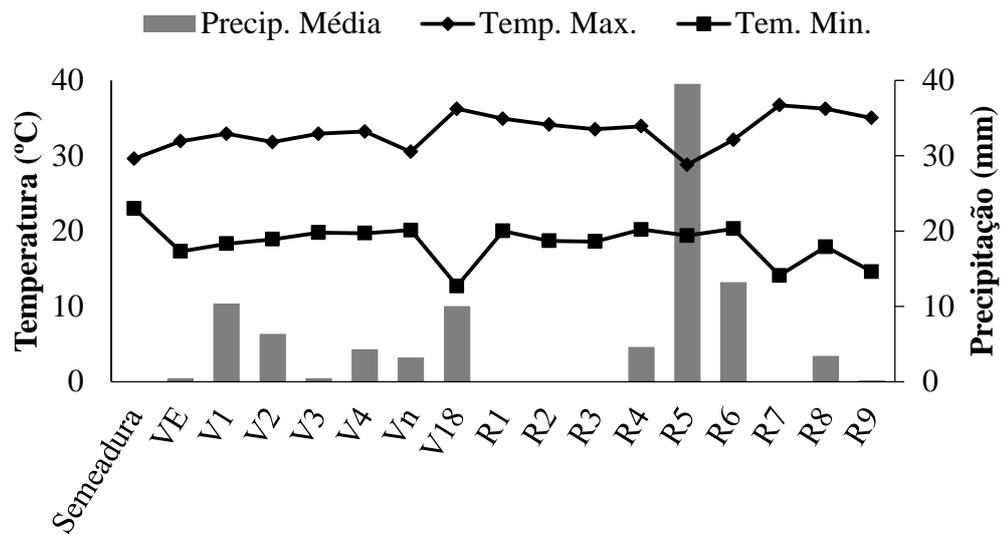


Figura 1. Dados médios de temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação média (mm) registrados durante a condução do experimento do girassol na safra 2020/21, Marechal Cândido Rondon - PR, 2023.

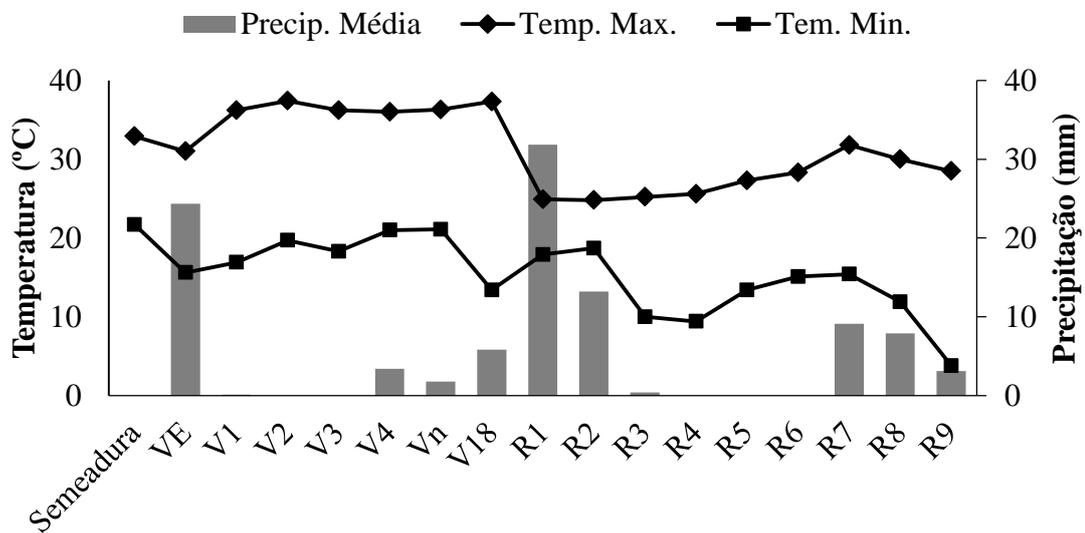


Figura 2. Dados médios de temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação média (mm) registrados durante a condução do experimento do girassol na safra 2021/22, Marechal Cândido Rondon - PR, 2023.

O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura argilosa (Embrapa, 2013) e foi amostrado nas profundidades de 0 – 20 e 20 – 40 cm antes da condução do experimento sendo caracterizado quimicamente, cujos resultados das safras 2020/2021 e 2021/2022 foram respectivamente: M.O. = 26,66 g.dm⁻³; P = 12,40 mg.dm⁻³; pH em CaCl₂ = 5,2; K, Ca, Mg, H + Al, respectivamente, 0,84; 4,19; 2,35; 3,68 cmol_c.dm⁻³; T = 11,06 cmol_c.dm⁻³ e V = 66,73%; M.O. = 22,84 g.dm⁻³; P = 9,03 mg.dm⁻³; pH em CaCl₂ = 5,5; K, Ca, Mg, H + Al, respectivamente, 0,92; 6,95; 1,62; 3,59 cmol_c.dm⁻³; T = 13,08 cmol_c.dm⁻³ e V = 72,60%.

3.2.2 Delineamento experimental

Para cada safra, foram realizados três experimentos no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, em cobertura. No primeiro foram avaliados cinco doses de N (0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹), no segundo foram avaliados cinco doses de P (0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹) e no terceiro, cinco doses de K (0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹). Os elementos foram fornecidos via fertilizantes, (uréia utilizada como fonte de N, super fosfato simples para P₂O₅ e cloreto de potássio para fornecimento de K₂O), totalizando 20 unidades experimentais para cada nutriente. O experimento foi conduzido numa área experimental de 1.020 m² no total. As parcelas foram constituídas de sete linhas com espaçamento de 0,5 m entre linhas, com comprimento de 4,0 m, correspondendo a uma área total de 14,0 m² e área útil de 4,0 m², pois foi desprezada uma linha de cada lado da parcela, que representando a bordadura. Foram utilizadas as duas linhas centrais para avaliação dos caracteres agrônômicos. Os blocos foram separados por corredores de 1,0 m.

3.2.3 Implantação e manejo cultural do experimento

A semeadura foi realizada em duas safras agrícolas 2020/21 e 2021/22 em sistema de semeadura direta. Foi utilizado a cultivar Multissol, com porte de 1,30 a 1,70 m, e alto teor de óleo. Seu crescimento caracteriza-se como arbustivo e ereto, sem ramificação e com pêlos

ásperos, apresentando ciclo vegetativo em torno de 110 dias. Essa cultura produz óleo com propriedades organolépticas de excelente qualidade industrial e nutricional, com alta relação de ácidos graxos poli-insaturados/saturados (65,3%/11,6%, em média). A cultivar Multissol possui aquênios pretos rajados de branco com teor de óleo de 39 a 50%, desenvolvida pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) (Santos et al. 2020).

Para o manejo da fertilidade não foi realizada a calagem e a gessagem, pois não houve necessidade conforme a análise de solo e de acordo com o manual de adubação e calagem do Paraná. Já com relação a adubação, esta foi realizada de acordo com a análise de solo, sendo utilizado o formulado 02-20-18, quantidade de 432 kg.ha⁻¹ no primeiro ano e 443 kg.ha⁻¹ no segundo ano. A semeadura do girassol da safra 2020/2021, foi realizada no dia 20 de Dezembro de 2020, e a segunda semeadura foi realizada dia 02 de Fevereiro de 2022, sendo realizada de forma mecanizada a uma profundidade de 2 cm e utilizando a densidade de semeadura de 7 sementes por metro linear. O sistema de cultivo do girassol foi no tipo cultivo de sequeiro, sem irrigação. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a emergência (V₇) seguindo a quantidade de adubo pré-estabelecida (0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹) de N, P₂O₅ e K₂O.

Antes da semeadura foi realizado o tratamento da semente com o produto a base do princípio ativo Carbendazim e Tiram (Benzimidazol e Dimetilditiocarbamato) na dosagem recomendada pelo fabricante de 200 mL/100 kg de semente, garantindo assim melhor sanidade e desenvolvimento das plantas. Durante a condução do experimento foram realizados tratos culturais adequados como a capina semanalmente entre as linhas e parcelas e catação manual para o controle das plantas daninhas. Foi também realizado o controle de formigas com o emprego de formicidas granulados, a base de Fipronil, no combate das mesmas, além do manejo fitossanitário na cultura para o controle das lagartas preta das folhas (*Chlosyne lacinia saundersii*) através da aplicação manual de Engel pleno S a base do

princípio ativo Tiametoxam e Lambda-Cialotrina na dosagem recomendada de 100 a 300 mL.ha⁻¹. Foi utilizado um pulverizador, onde a aplicação foi realizada duas vezes a cada 7 dias logo no início da manifestação da praga nos estádios finais da cultura.

3.2.4 Variáveis analisadas: Caracteres Agronômicos

Os caracteres agronômicos avaliados do girassol foram: estande inicial e final; número de aquênio por capítulo (NAC); diâmetro de capítulo (DC); Massa de 1000 aquênios (MMA); altura de plantas (AP) e produtividade.

Para a altura de plantas, foram realizadas medições de dez plantas da área útil da parcela escolhidas aleatoriamente, desde o nível do solo até a inserção do capítulo, com uma fita métrica no período de floração plena. O diâmetro do capítulo, foi determinado pela medição do diâmetro do receptáculo da inflorescência de dez plantas da área útil, com uma régua, no período de maturação fisiológica.

A determinação da massa de 100 aquênios foi sucedida pela contagem e pesagem de 100 aquênios em balança de precisão expressa em gramas, ou seja, foi determinada a partir da contagem de oito subamostras, com 100 aquênios cada, segundo a Regras para Análise de Sementes (RAS). E a produtividade foi determinada a partir da pesagem de grãos da unidade experimental e através do cálculo proporcional da produção de grãos com umidade corrigida para 11% (Brasil, 2009).

3.2.5 Análise estatística

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e aplicado o teste F em nível de 5% de probabilidade de erro, sendo significativo foi aplicado a análise de regressão, com *software* SISVAR (Ferreira, 2019).

3.3 RESULTADOS

Na Tabela 1 é apresentado o resumo geral da análise de variância, onde observou-se efeito significativo para a variável altura de plantas ($p < 0,01$) e produtividade ($p < 0,05$), para o experimento de N; altura de plantas ($p < 0,01$) para o experimento de P e produtividade ($p < 0,05$) para o experimento de K.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente a altura de plantas (AP), diâmetro do capítulo (DC), número de aquênio por capítulo (NAC), massa de mil aquênio (MMA) e produtividade de plantas de girassol em função da adubação associados a doses de N, P₂O₅ e K₂O, na safra 2020/21, no município de Marechal Cândido Rondon.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	AP	QUADRADO MÉDIO			
			DC	NAC	MMA	Produtividade
Experimento de N						
Bloco	3	354 ^{ns}	27 ^{**}	609336 ^{ns}	85 ^{ns}	1182627 ^{ns}
Doses de N	(4)	582 ^{**}	1 ^{ns}	1078509 ^{ns}	139 ^{ns}	3028203 [*]
Linear	1	752 [*]	0,63 ^{ns}	3418448 [*]	176 ^{ns}	2176705 ^{ns}
Quadrática	1	485 ^{ns}	0,66 ^{ns}	614345 ^{ns}	28 ^{ns}	6692434 [*]
Desvio da regressão	2	544 [*]	2,0 ^{ns}	140622 ^{ns}	177 ^{ns}	1621837 ^{ns}
Resíduo	12	106	2	687188	66,0	979934
Total	19					
Experimento de P						
Bloco	3	1156 ^{**}	55 ^{**}	7637 ^{ns}	10 ^{ns}	122494 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	(4)	132 ^{**}	0,7 ^{ns}	230754 ^{ns}	39 ^{ns}	260462 ^{ns}
Linear	1	280 ^{**}	1 ^{ns}	83814 ^{ns}	1 ^{ns}	15795 ^{ns}
Quadrática	1	40 ^{ns}	2 ^{ns}	30443 ^{ns}	44 ^{ns}	353680 ^{ns}
Desvio da regressão	2	104 ^{**}	0 ^{ns}	404380 ^{ns}	55 ^{ns}	336187 ^{ns}
Resíduo	12	12	1	219492	51	546488
Total	19					
Experimento de K						
Bloco	3	739 ^{**}	37 ^{**}	216202 ^{ns}	35 ^{ns}	168081 ^{ns}
Doses de K ₂ O	(4)	104 ^{ns}	2 ^{ns}	410648 ^{ns}	27 ^{ns}	651520 [*]
Linear	1	108 ^{ns}	2 ^{ns}	1416016 ^{**}	12 ^{ns}	2367739 ^{**}
Quadrática	1	26 ^{ns}	0 ^{ns}	1916 ^{ns}	6 ^{ns}	152040 ^{ns}
Desvio da regressão	2	141 ^{**}	3 ^{ns}	112330 ^{ns}	45 ^{ns}	43151 ^{ns}
Resíduo	12	34	3	140374	58	173912
Total	19					

ns-não significativo, *- significativo a 5% de probabilidade do teste F; **- significativo a 1% de probabilidade do teste F.

De acordo com os dados avaliados, referente à altura de plantas quando analisado as doses de N, observou-se efeito significativo ($p < 0,01$), (Figura 3), onde na safra 2020/21 apresentou valores de 133; 144; 133; 112 e 125 cm, nas doses de 0, 25, 50, 100 e 200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N respectivamente, evidenciando menor média na dose de 100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N.

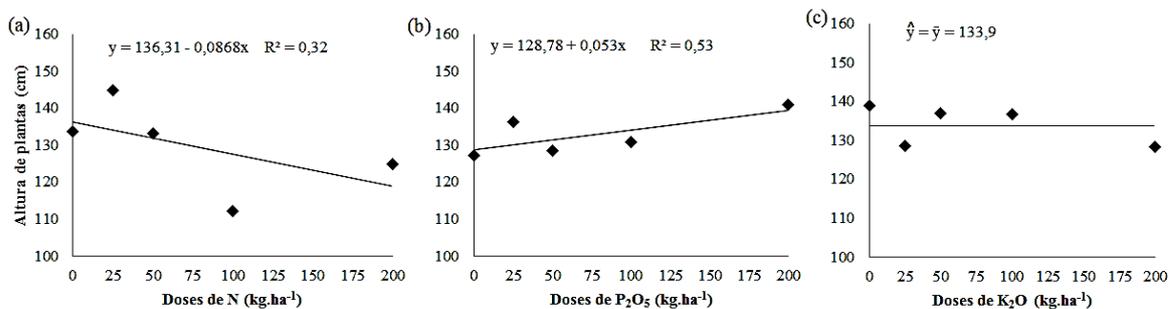


Figura 3. Altura de plantas de girassol em função das doses crescentes de (a) N, (b) P₂O₅ e (c) K₂O, na safra 2020/21, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de Marechal Cândido Rondon, PR

No entanto, para os dados referentes ao tratamento com o P₂O₅ a altura de plantas ($p < 0,05$), obteve um maior porte na dose de 200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P₂O₅, com uma altura média de 141 cm, mostrando que a adubação com fósforo foi eficaz, ajudando no desenvolvimento do girassol. Para o experimento de K, de acordo com os dados avaliados, não houve efeito significativo para a variável altura de plantas.

Para o caractere produtividade (Figura 4) quando analisado o tratamento com a adubação nitrogenada observou-se efeito significativo ($p < 0,05$), onde obteve-se a maior média (3.298 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na dose de 200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N. Esse valor na produtividade está acima da média brasileira constatadas na safra 2020/21 de acordo com as estimativas da Conab (2022), e isso mostra o quanto a cultura pode expressar seu potencial produtivo, evidenciando a eficácia das doses de N na cultura, proporcionando assim alto rendimento e mostrando-se uma alternativa para incremento na rentabilidade do produtor.

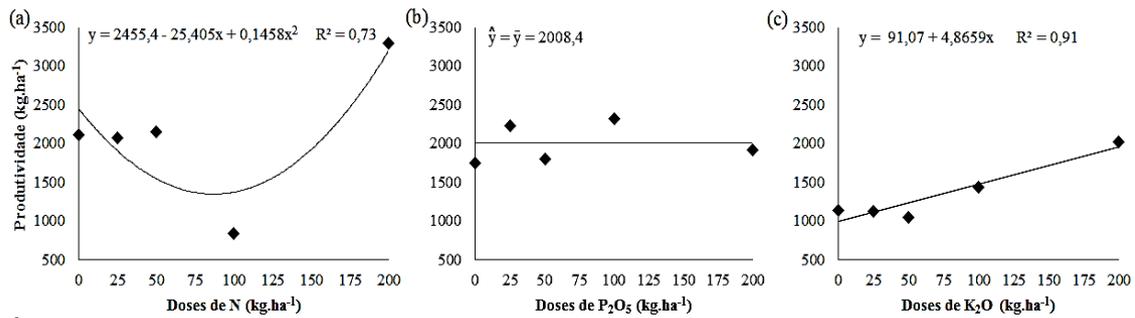


Figura 4. Produtividade do girassol em função das doses crescentes de (a) N, (b) P₂O₅ e (c) K₂O, na safra 2020/21, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de Marechal Cândido Rondon, PR

Para a adubação potássica observou-se interação significativa ($p < 0,05$), onde a produtividade obteve médias no valor de 1.133, 1.131, 1.053, 1.432 e 2.029 kg·ha⁻¹, ou seja, observou-se aumento da produtividade, conforme o aumento linear da dose de K₂O aplicada a partir da dose de 50 kg·ha⁻¹.

Na tabela 2, são mostrados dados médios referentes aos caracteres que não apresentaram efeitos significativos. No entanto, valores apresentados referente ao número de aquênio por capítulo, evidencia uma elevadas média nos diferentes experimentos.

Tabela 2. Dados médios da Altura das plantas (AP), Diâmetro do capítulo (DC), Número de aquênio por capítulo (NAC), Massa de mil aquênio (MMA) e produtividade em plantas de girassol em função da adubação associados a doses de N, P₂O₅ e K₂O, na safra 2020/21, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico

VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE N					
	0	25	50	100	200	Média
	-----kg.ha ⁻¹ -----					
DC (cm)	12	11	12	13	12	12
NAC	1115	1308	1319	1208	2384	1467
MMA (g)	42	34	44	31	33	37
EXPERIMENTO DE P						
DC (cm)	12	12	12	11	12	12
NAC	1256	1319	933	1605	1330	1289
MMA (g)	32	32	40	35	34	35
Produtividade (kg ha ⁻¹)	1.755	2.237	1.805	2.318	1.925	2.008
EXPERIMENTO DE K						
AP (cm)	139	128	137	136	128	134
DC (cm)	12	13	11	12	11	12
NAC	717	720	636	1132	1372	915
MMA (g)	33	39	33	34	37	35

Na Tabela 3 é apresentado o resumo geral da análise de variância, onde observou-se efeito significativo para a variável altura de plantas com significância de ($p < 0,05$) para o experimento de N e ($p < 0,01$) para P; e para o experimento de K, obteve significância para a variável diâmetro do capítulo ($p < 0,05$).

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente a altura de plantas (AP), diâmetro do capítulo (DC), número de aquênio por capítulo (NAC), massa de mil aquênio (MMA) e produtividade de plantas de girassol em função da adubação associados a doses de N, P₂O₅ e K₂O, na safra 2021/22, no município de Marechal Cândido Rondon

FONTES DE VARIÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO				
		AP	DC	NAC	MMA	Produtividade
Experimento de N						
Bloco	3	41 ^{ns}	1 ^{ns}	110708 ^{ns}	155 ^{ns}	331581 ^{ns}
Doses de N	(4)	1257 [*]	3 ^{ns}	145979 ^{ns}	166 ^{ns}	457282 ^{ns}
Linear	1	585 ^{ns}	6 ^{ns}	58560 ^{ns}	134 ^{ns}	68713 ^{ns}
Quadrática	1	1699 [*]	2 ^{ns}	400033 ^{ns}	126 ^{ns}	1064007 ^{ns}
Desvio da regressão	2	1373 [*]	1 ^{ns}	62661 ^{ns}	202 ^{ns}	348204 ^{ns}
Resíduo	12	300	4	146888	101	561396
Total	19					
Experimento de P						
Bloco	3	862 [*]	0 ^{ns}	162081 ^{ns}	44 ^{ns}	753702 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	(4)	1099 ^{**}	1 ^{ns}	63657 ^{ns}	22 ^{ns}	61504 ^{ns}
Linear	1	1144 [*]	3 ^{ns}	66218 ^{ns}	26 ^{ns}	8822 ^{ns}
Quadrática	1	134 ^{ns}	0 ^{ns}	38502 ^{ns}	1 ^{ns}	107652 ^{ns}
Desvio da regressão	2	1558 ^{**}	0 ^{ns}	74954 ^{ns}	31 ^{ns}	64770 ^{ns}
Resíduo	12	195	1	107253	23	247978
Total	19					
Experimento de K						
Bloco	3	194 ^{ns}	2 ^{ns}	460216 ^{ns}	13 ^{ns}	736225 ^{ns}
Doses de K ₂ O	(4)	1142 ^{ns}	8 [*]	100133 ^{ns}	49 ^{ns}	298451 ^{ns}
Linear	1	2520 ^{ns}	7 ^{ns}	217857 ^{ns}	0 ^{ns}	450971 ^{ns}
Quadrática	1	1014 ^{ns}	2 ^{ns}	120179 ^{ns}	14 ^{ns}	529836 ^{ns}
Desvio da regressão	2	517 ^{ns}	12 [*]	31248 ^{ns}	91 ^{ns}	106498 ^{ns}
Resíduo	12	794	1	290996	51	436755
Total	19					

ns-não significativo, *- significativo a 5% de probabilidade do teste F; **- significativo a 1% de probabilidade do teste F.

De acordo com os dados avaliados, observou-se que a altura de plantas para a safra 2021/22, quando analisado o experimento referentes a aplicação de N, observou-se interação significativa ($p < 0,05$), onde a maior média foi de $188 \text{ cm.planta}^{-1}$, na dose de 25 kg.ha^{-1} evidenciando diferença de valores nas doses, ou seja, a AP oscilou conforme o aumento das doses de N (Figura 5). Mesmo o estudo mostrando baixa estatura das plantas em relação às doses, ainda a AP é maior que o recomendado pela cultura.

Para o experimento com fósforo, observou-se interação significativa ($p < 0,01$) apresentando valores de 142; 176; 162; 148 e $180 \text{ cm.planta}^{-1}$ nas dose de 0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha^{-1} de P_2O_5 respectivamente, ou seja, o porte da AP foi maior na dose de 200 kg.ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 5).

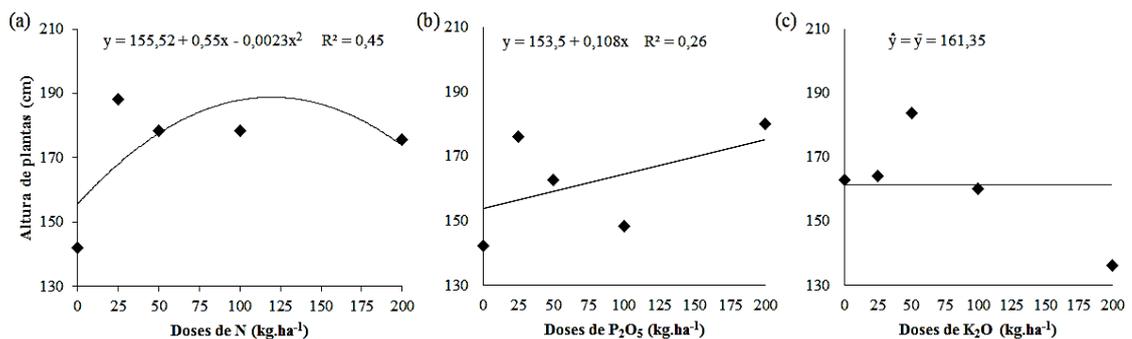


Figura 5. Altura de plantas de girassol em função das doses crescentes de (a) N, (b) P_2O_5 e (c) K_2O , na safra 2021/22, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de Marechal Cândido Rondon, PR

Para a safra 2021/22 não houve significância para os caracteres agrônômicos DC, NAC, MMA e produtividade (Tabela 4). O girassol apesar de ser uma cultura de grande adaptabilidade, possui uma condição de temperatura ideal para seu desenvolvimento principalmente nos estádios iniciais que pode influenciar no desenvolvimento.

Tabela 4. Dados médios da Altura das plantas (AP), Diâmetro do capítulo (DC), Número de aquênio por capítulo (NAC), Massa de mil aquênio (MMA) e produtividade em plantas de girassol em função da adubação associados a doses de N, P₂O₅ e K₂O, na safra 2021/22, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico

VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE N					
	0	25	50	100	200	Média
	-----kg.ha ⁻¹ -----					
DC (cm)	16	15	16	16	14	15
NAC	945	1080	1076	1452	1077	1126
MMA (g)	49	34	44	35	38	40
Produtividade (kg.ha ⁻¹)	2.005	1.744	1.928	1.165	1.887	1.746
VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE P					
	0	25	50	100	200	Média
	-----kg.ha ⁻¹ -----					
DC (cm)	15	14	15	15	15	15
NAC	1139	989	1107	1334	1197	1153
MMA (g)	37	35	40	35	34	36
Produtividade (kg.ha ⁻¹)	1.805	1.836	2.096	1.904	1.797	1.887,6
VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE K					
	0	25	50	100	200	Média
	-----kg.ha ⁻¹ -----					
AP (cm)	162	164	183	160	136	161
NAC	980	1086	981	935	1327	1062
MMA (g)	35	41	33	40	36	37
Produtividade (kg.ha ⁻¹)	1.670	1.831	1.596	1.477	2.183	1.751

3.4 DISCUSSÃO

Dados sobre a altura de plantas de girassol são pouco encontrados na literatura quando esta se refere a NPK, no entanto Campos et al. (2015), também, observaram que a altura da planta, o diâmetro do caule, o número de folhas e a área foliar do girassol foram afetados pela adubação com NPK, conforme o aumento da doses, observando comportamentos quadráticos e lineares, corroborando com os dados da figura 3.

A diferença da altura de plantas nas safras conduzidas, pode esta relacioanda a baixos níveis de precipitação, além de altas temperaturas (36,7 °C), como evidenciado na

figura 1, contribuindo para um menor porte das plantas de girassol no 1º ano. A planta de girassol é afetada pelas temperaturas e precipitações, e se adapta em condições variáveis de temperatura, considerando-se uma faixa ideal entre 18°C e 24°C como a melhor para o desenvolvimento dessa cultura, e segundo Castro e Farias (2005) o girassol necessita em torno de 400 a 500 mm de água bem distribuída em todo o ciclo da cultura, especialmente na fase de floração e formação dos aquênios, o que não ocorreu no presente estudo.

Vale ressaltar que a precipitação é um dos fatores fundamental para a disponibilidade de nutrientes, principalmente o nitrogênio que precisa de água para que haja o contato e a absorção do nutriente pela raiz da planta, evidenciando impactos no desenvolvimento da planta devido a escassez de água na safra 2020/21. De acordo com Paulilo et al. (2015), a água é essencial à vida e é o principal constituinte dos seres vivos. A planta necessita da água em todas as fases do seu crescimento e do seu desenvolvimento, sendo esta o recurso mais abundante, mas também o mais limitante; assim, tanto a distribuição das plantas como a produtividade agrícola são controladas principalmente pela disponibilidade de água.

Resultados semelhantes ao estudo com P_2O_5 (Figura 3), foram encontrados por Campos et al. (2015a, b), avaliando a adubação com NPK e irrigação do girassol, no que se refere a altura de plantas, onde, os valores submetida às doses de P_2O_5 mostraram-se eficientes, e observou-se que as maiores alturas das plantas de girassol foram obtidas com as maiores doses de fósforo e potássio (120 kg.ha^{-1}), corroborando com os resultados encontrados no estudo.

Esse efeito causado na altura de plantas de girassol, pode estar relacionado com a dinâmica desse elemento na planta, pois, apesar do fósforo ser um elemento de baixa mobilidade no solo, é essencial para o crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas com importante papel no processo de formação de sementes (Santos et al. 2016).

Segundo Taiz e Zeiger (2017), o fósforo é um componente integral incluindo compostos de extrema importância como: os açúcares fosfato, que são fundamentais para a respiração e fotossíntese, bem como os fosfolípidos presentes nas membranas vegetais, além de ser também um componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA, sendo assim um elemento fundamental e de grande influência no crescimento das plantas.

Para o caractere produtividade (Figura 4), resultados semelhantes foram encontrados por Soares et al. (2016), estudando o crescimento e produtividade do girassol sob doses de nitrogênio e fósforo, e Braga et al. (2018), em um estudo sobre a adubação nitrogenada e fosfatada da cultura do girassol em cambissolo alcalino, verificaram que a dose de 100 e 120 kg.ha⁻¹ de N foram as doses que proporcionaram maiores produtividades, respectivamente.

O nitrogênio é um elemento móvel na planta, e é requerido em grandes quantidades, além do mais atua na divisão celular dos meristemas da planta, no aumento da área foliar, na taxa fotossintética e conseqüentemente na produtividade da cultura (Oliveira et al. 2018; Prado et al. 2019).

Quando se trata da adubação potássica (Figura 4), Santos et al. (2020), constatou em sua pesquisa, que o K quando utilizado na dose de 60 kg.ha⁻¹ de K₂O, mostrou-se eficiente em aproveitamento e no acúmulo deste nutriente nas duas safras agrícolas utilizadas estudadas.

O girassol é uma cultura de grande adaptabilidade, tendo a possibilidade de cultivo em diversas regiões. Levando em consideração o clima, nos meses em que foi realizado o estudo, houve grande escassez de água no cultivo, onde as menores precipitações foram entorno de uma média de 13 mm como mostrado na figura 1. Mesmo com valores escassos de água, o girassol em conjunto com uma adubação potássica mostrou-se eficiente no incremento da produtividade. O girassol possui um sistema radicular pivotante, auxiliando na penetração

do solo por buscas de água e possibilitando a absorção de nutrientes, isso mostra o desempenho da cultura na exploração de água.

Segundo Taiz e Zeiger (2013) as plantas absorvem o potássio da solução do solo, onde sua concentração se mantém por meio do equilíbrio com o potássio retido nos sítios de troca. Para a cultura do girassol, torna-se o segundo nutriente mais absorvido, atrás apenas do nitrogênio, e a sua participação ocorre em processos importantes, como a regulação da pressão osmótica e translocação de fotossintetizados (Câmara, 2003).

Elevadas médias do número de aquênio por capítulo nos diferentes experimentos, evidencia que apesar da grande dificuldade no controle do ataque de pássaros, o girassol mostrou-se uma cultura além de versátil, com grande produção de aquênios, que é um fator contribuinte para a produção de óleo, além de ser uma fonte de alimento para humanos e animais, mostrando assim todo o seu potencial e sua importância econômica (Tabela 2).

De acordo com a Embrapa (2023a, b), o girassol é principalmente cultivado no mundo como fonte de óleo comestível, sendo a terceira cultura anual com maior produção de óleo no mundo. Entre as culturas anuais, o girassol é responsável por 16% da produção mundial de óleo, enquanto a soja atende por 46% da produção. Por outro lado, considerando as principais culturas produtoras de óleo (culturas anuais e perenes), o girassol responde por 9%, logo após a palma de óleo (dendê) com 35%, a soja com 26% e a canola com 15%.

Pereira et al. (2016), destacam em seu estudo sobre o uso do girassol (*Helianthus annuus*) na alimentação animal: aspectos produtivos e nutricionais, a importância do girassol para a produção de óleo comestível, na alimentação humana, animal, importância como planta ornamental e na produção de biocombustível.

Um fator que pode ter influenciado na oscilação da AP (Figura 5), foi a presença de plantas daninhas na área, causando competição por água, luz e nutrientes, o que dificultou o crescimento do girassol. O girassol é muito sensível à competição com plantas daninhas. O

período crítico de competição são os primeiros 30 dias após a emergência das plantas, pois a fase de crescimento do girassol é lento e com isso há a competição elevada dessas plantas (Alves et al. 2013).

Para resultados das doses de P_2O_5 , Soares et al. (2016a, b) em seu estudo sobre crescimento e produtividade do girassol sob doses de nitrogênio e fósforo, constataram resposta linear e positiva as doses de fósforo com valores médios de 186 cm, o que foi semelhante ao observado neste estudo.

Na safra 2021/22, o período de estudo da cultura em campo foi prejudicada por altas temperaturas, baixas precipitações e pelo ataque expressivo de pássaros, que foi um dos grandes problemas encontrados, caracterizando-se como praga para cultura, de difícil controle, evidenciando em perdas no número de aquênios por capítulo e conseqüentemente influenciando na produtividade. A média da temperatura e precipitação foi entorno de 37,4 °C e 15 mm respectivamente, o que pode ter influenciado diretamente no desenvolvimento da planta (Figura 2).

Para Souza e Funch (2017), as fenofases reprodutivas, especialmente no início da floração, podem ser influenciadas pela variação temporal dos fatores abióticos como precipitação, umidade, temperatura e fotoperíodo influenciando posteriormente na produtividade de cada cultura. Em casos de estresses abióticos as respostas das plantas são constituídas de fenômenos extremamente complexos, que envolve alterações morfológicas, capazes de restringir o crescimento e desenvolvimento das plantas (Broetto et al. 2017). A maioria dos tecidos vegetais, em plantas superiores, com crescimento ativo é incapaz de sobreviver à exposição prolongada a temperaturas acima de 45 °C ou mesmo a uma exposição breve a temperaturas de 55 °C ou acima. As plantas não controlam sua temperatura interna nos tecidos e células no ótimo para o seu metabolismo, dessa maneira, o crescimento,

desenvolvimento e outras atividades fisiológicas são muito afetadas pelo meio externo (Taiz e Zeiger, 2013).

De modo geral, o girassol é uma cultura que requer mais estudos para garantir resultados referente a rotação de culturas como alternativa no sistema de cultivo e ganhos na produtividade. Vale ressaltar, que para garantir um bom desempenho é necessário levar em consideração a escolha da melhor cultivar, considerando um bom manejo da fertilidade do solo, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, além de fatores ambientais adequados. Neste sentido, são necessários ter mais estudos relacionados a cultivares adaptadas a intolerância hídrica para a região, e fomentar aos produtores a magnitude da importância da cultura através de dia de campo, evidenciando o potencial produtivo do girassol, retorno na rentabilidade financeira/econômica e como alternativa de cultivo na região.

3.5 CONCLUSÃO

Na safra 2020/21 a altura de plantas foi favorecida com a adubação N e P_2O_5 evidenciando maior estatura. A adubação com N mostrou-se eficaz, favorecendo a produtividade e resultando em ganhos significativos com a adubação nitrogenada e potássica. Na safra 2021/22, a altura de plantas também foi favorecida com a adubação N e P_2O_5 e para os demais caracteres não houve efeito significativo. Diante dos resultados apresentados, no que se refere ao fácil cultivo, boa adaptabilidade e resultados positivos para determinados caracteres, quando associado a doses corretas de NPK, o girassol é uma fonte alternativa de cultivo para a região.

3.6 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

3.7 REFERÊNCIAS

- Alves, G. S., Tartaglia, F. L., Rosa, J. C., Lima, P. C., Cardoso, G. D., Beltrão, N. E. M. (2013). Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do girassol em Rondônia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17, 275–282. <http://dx.doi.org/10.1590/brag.2013.040>
- Alvares, C.A., J.L. Stape, P.C. Sentelhas, J.L.M. Gonc, Alves, 2013: Modeling monthly mean air temperature for Brazil. – *Theor. Appl. Climatol.* 113, 407–427.
- Braga, D. F., Oliveira, F. H. T., Santos, H. C., Araújo, A. P., Zonta, E. (2018). Nitrogen and phosphorus fertilization of sunflower crop in alkaline Cambisol. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22, 101-106. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n2p101-106>
- Brasil (2009). Regras para análise de sementes. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Broetto, F., Gomes, E. R., Joca, T. A. C. (2017). O estresse das plantas: Teoria e prática. São Paulo: Cultura Acadêmica.
- Câmara, G. M. S. (2003). Girassol: Tecnologia da Produção. In L. P. V. (Ed.), *Plantas Oleaginosas*. Piracicaba: ESALQ.
- Campos, V. B., Chaves, L. H. G., Guerra, O. C. (2015). Adubação com NPK e irrigação do girassol em Luvisolo: Comportamento vegetative. *Revista Ambiente & Água*, 10, 221-233. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1482>
- Castro, C., Farias, J. R. B. (2005). Ecofisiologia do girassol. In R.M.V.B.C. Leite, A. M. Brighenti, C., Castro (Ed.), *Girassol no Brasil*. Londrina, PR: Embrapa.

Conab (2022). Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Brasília: safra 2021/22, 12 décimo segundo levantamento.

Embrapa. (2013). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa.

Embrapa Soja (2023). Girassol. Londrina: Embrapa.

Ferreira, D. F. (2019). Sisvar: A computer statistical analysis system to fixed effects split plot type designs. *Ciência Brasileira de Biometria*, 37, 529-535. <http://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

Nitsche, P. R.; Caramori, P. H.; Ricce, W. da S.; Pinto, L. F. D. Atlas climático do estado do Paraná. 1. Ed. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 2019.

Oliveira, R. F., Silva, E. S., Carmo, I. L. G., Neto, J. L. L. M., Medeiros, R. D., Abanto-Rodriguez, C (2018). Plantas de cobertura e doses de nitrogênio no cultivo da melancia na savana de Roraima, Brasil. *Scientia Agropecuaria*, 9, 477-484. <http://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.02>

Paulilo, M. T. S., Viana, A. M., Randi, A. M. (2015). Fisiologia Vegetal. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

Pereira, D. R. M., Godoy, M. M., Sampaio, C. C., Silva, T. V., Felix, M. J. D., Oliveira, R. L. R. (2016). Uso do girassol (*Helianthus annuus*) na alimentação animal: Aspectos produtivos e nutricionais. *Veterinaria e Zootecnia*, 23, 174-183. <http://doi.org/article/view/638/345>

Prado, L. F. S., Costa, C. H. M., Paz, R. B. O., Moura, B. F. S., Costa, F. L. A. (2019). Adubação silicatada foliar associada ao nitrogênio em cobertura na cultura do arroz de terras altas. *Magistra*, 30, 384-390. <http://doi.org/article/view/690/409>

Santos, A. P., Tartaglia, F. L., Souza, A. R. E., Santos, M. G., Silveira, L. M., Júnior, A. P. B. (2020). Sunflower fertigated with potassium fertilization in two agricultural seasons in the

Brazilian semiarid region. *Revista Ciência Agronômica*, 51, 1-9. <http://doi.org/10.5935/1806-6690.20200023>

Santos, M. P., Castro, Y. O. , Marques, R. C. , Pereira, D. R. M., Godoy, M. M., Reges, N. P. R. (2016). Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras: Revisão. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, 10, 1-12. <http://doi.org/10.22256/pubvet.v10n1.1-12>

Soares, L. E., Neto, J. V. E., Silva, G. G. C., Oliveira, E. M. M., Bezerra, M. G. S., Santos, T. J. A., Difante, G. S. (2016). Crescimento e produtividade do girassol sob doses de nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 6, 19-25. <http://doi.org/10.21206/rbas.v6i2.326>

Souza, I. M., Funch, L. S. (2017). Synchronization of leafing and reproductive phenological events in *Hymenaea* L. species (Leguminosae, Caesalpinioideae): the role of photoperiod as the trigger. *Brazilian Journal of Botany*, 40, 125-136. <http://doi.org/10.1007/s40415-016-0314-7>

Taiz, L., Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., Murphy, A. (2017). *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. Porto Alegre: Artmed.

4 ARTIGO 2. CARACTERES AGRONÔMICOS DA CULTURA DO TRIGO EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO COM NPK EM COBERTURA

RESUMO. O objetivo do trabalho foi avaliar a aplicação de doses crescentes de N, P e K sobre as características agronômicas do trigo em experimento conduzido nas safras 2021/22 e 2022/23 em Marechal Cândido Rondon, PR. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados onde, foram realizados três experimentos para cada safra com quatro repetições e cinco tratamentos, em cobertura. Foram avaliados cinco doses de N, de P e de K (0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹), fornecidos via fertilizantes, (uréia utilizada como fonte de N, super fosfato simples para P₂O₅ e cloreto de potássio para fornecimento de K₂O), totalizando 20 unidades experimental de cada nutriente. Foram realizadas avaliações dos caracteres agronômicos, tais como: estande inicial e final; número de aquênio por capítulo; diâmetro de capítulo; Massa de 1000 aquênios; altura de plantas e produtividade. Na safra 2021/22, para o número de espiguetas por espigas a adubação com N e P mostrou-se eficaz, no entanto evidenciou maior estatura na dose de 100 e 200 kg.ha⁻¹, com uma média de 17 espiguetas por espigas, referente ao tratamento com a adubação de fósforo. O número de grãos por espigas foi favorecido pela adubação nitrogenada. A produtividade teve aumento positivo para a adubação com N, na dose de 100 kg.ha⁻¹. Na safra 2021/22 o número de espiguetas por espigas foi favorecida com a adubação N e P. A adubação com N mostrou-se eficaz para o número de grãos por espigas, e resultou em ganhos significativos na produtividade. Na safra 2022/23, não houve efeito significativo para os caracteres agronômicos estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Componentes de rendimento. Espiguetas. *Triticum aestivum* L. Nutrição de plantas.

4.1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais produzidos no mundo nos últimos anos, ocupando grande parte das terras cultivadas e se destacando como a maior lavoura de trigo espalhadas pelos cinco continentes (Embrapa, 2018). O trigo é um cereal que faz parte da alimentação humana, sendo utilizado na fabricação de pães, massas e biscoitos. É uma cultura que vem se expandindo nas últimas décadas, e um dos fatores para essa contribuição é a rotação de culturas, uma tecnologia que ajuda a minimizar os riscos de perdas, dentre outros fatores, dando suporte para a produção de trigo no Paraná (Embrapa, 2023).

No Brasil, a produção do trigo foi de 7,6 milhões de toneladas com uma produtividade média de 2.803 kg.ha⁻¹ na safra de 2021/22, e uma produção de 9,3 milhões de toneladas e produtividade de 3.091 kg.ha⁻¹ na safra de 2022/23 (Conab, 2022).

O trigo é uma planta que absorve uma quantidade expressiva dos principais macronutrientes. Para que possa expressar todo o seu potencial produtivo, o suprimento de água e nutrientes deve ser adequado desde o início do seu desenvolvimento, principalmente a partir da emissão do botão floral, quando inicia o período de maior crescimento, acompanhado do aumento no consumo de água e da demanda nutricional. De acordo com o manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019), as quantidades de nitrogênio, fósforo e de potássio que são extraídas pela cultura são de 28, 3,9 e 19,9 kg.t⁻¹. E para exportação a quantidade é de 20 kg.t⁻¹ de N, 3,2 kg.t⁻¹ de P₂O₅ e 3,5 kg.t⁻¹ de K₂O. E as quantidades de doses recomendadas para o cultivo do trigo, variam de 10 a 30 kg.ha⁻¹ de N após o cultivo da soja, e 25 a 50 kg.ha⁻¹ de N após o cultivo do milho no sulco. Entretanto, na literatura são escassas as recomendações com diferentes combinações destes elementos, em decorrência das condições edafoclimáticas que está sendo cultivada.

A adubação é muito importante na cultura do trigo para a obtenção de bons rendimentos e para conferir algumas características importantes ao cereal. Mendes et al. (2011) aponta que a disponibilidade de nutrientes para cultura é fator crucial para determinação de uma boa farinha.

Neste sentido é necessário fazer estudos mais profundos, para garantir os benefícios de melhores condições nutricionais e que se tenha resultados equivalentes ao incremento no cultivo da cultura e produtividade, em decorrência de doses crescentes. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar a aplicação de doses crescentes de N, P e K sobre as características agronômicas do trigo em experimento conduzido nas safras 2021/22 e 2022/23 em Marechal Cândido Rondon, PR.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Local de condução do experimento

Foram conduzidos dois experimentos do ano agrícola 2021/2022 e 2022/2023 em condições de campo, na Estação Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, *Campus* Marechal Cândido Rondon, nas coordenadas geográficas locais de 24° 33' 29'' S e 54° 02' 43'' W e 410 metros de altitude. Os dados meteorológicos foram coletados periodicamente (Figura 1 e 2).

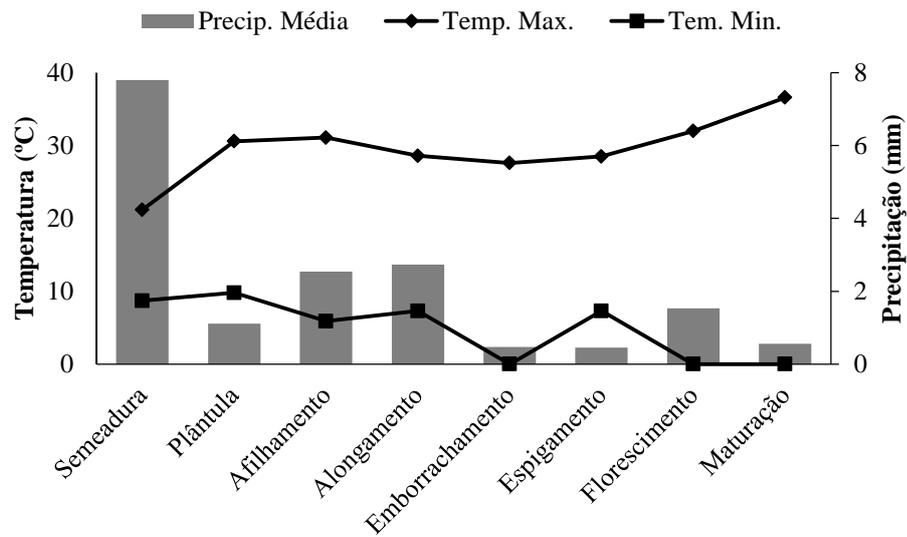


Figura 1. Dados médios de temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação média (mm) registrados durante a condução do experimento do trigo na safra 2021/22, Marechal Cândido Rondon - PR, 2023.

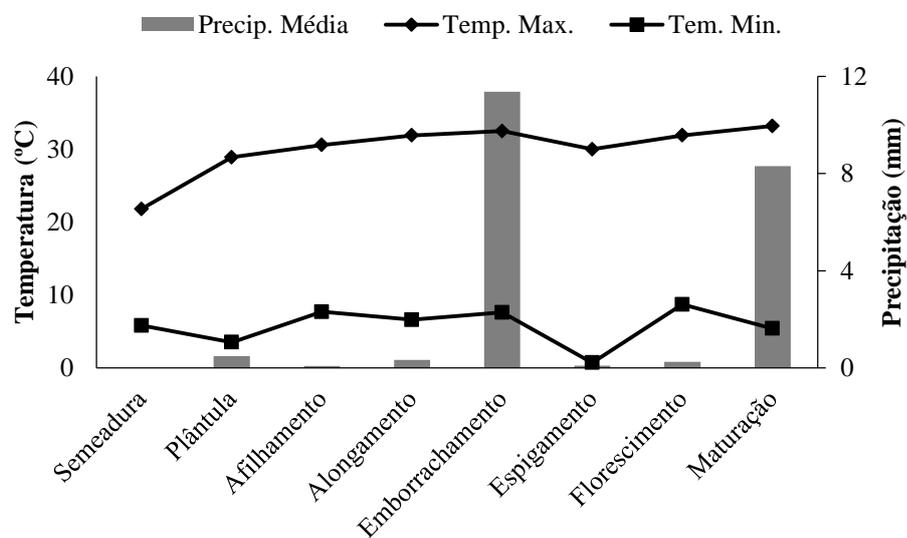


Figura 2. Dados médios de temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação média (mm) registrados durante a condução do experimento do trigo na safra 2022/23, Marechal Cândido Rondon - PR, 2023.

O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura argilosa (Embrapa, 2013) e foi amostrado nas profundidades de 0 – 20 e 20 – 40 cm

antes da condução do experimento sendo caracterizado quimicamente, cujos resultados das safras 2020/2021 e 2021/2022 foram respectivamente: M.O. = 24,85 g.dm⁻³; P = 9,33 mg.dm⁻³; pH em CaCl₂ = 5,2; K, Ca, Mg, H + Al, respectivamente, 0,64; 6,31; 2,37; 4,69 cmol_c.dm⁻³; T = 14 cmol_c.dm⁻³ e V = 66,52%; M.O. = 22,17 g.dm⁻³; P = 7,70 mg.dm⁻³; pH em CaCl₂ = 5,1; K, Ca, Mg, H + Al, respectivamente, 0,61; 6,19; 2,49; 4,07 cmol_c.dm⁻³; T = 13,35 cmol_c.dm⁻³ e V = 69,53%.

4.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados onde, foram realizados três experimentos para cada safra com quatro repetições e cinco tratamentos, em cobertura. No primeiro foram avaliados cinco doses de N (0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹), no segundo foram avaliados cinco doses de P (0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹) e no terceiro, cinco doses de K (0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹). Os macronutrientes foram fornecidos via fertilizantes (uréia utilizada como fonte de N, super fosfato simples para P₂O₅ e cloreto de potássio para fornecimento de K₂O), totalizando 20 unidades experimentais.

O experimento foi conduzido numa área experimental de 1.020 m² no total. As parcelas foram constituídas de sete linhas com espaçamento de 0,5 m entre linhas, com comprimento de 4,0 m, correspondendo a uma área total de 14,0 m² e área útil de 4,0 m², pois foi desprezada uma linha de cada lado da parcela, que representando a bordadura. No entanto foram utilizadas as duas linhas centrais para avaliação dos caracteres agrônômicos. Os blocos foram separados por corredores de 1,0 m.

4.2.3 Implantação e manejo cultural do experimento

A semeadura foi realizada em duas safras agrícolas 2021/22 e 2022/23 em sistema de semeadura direta. Foi utilizado a cultivar BRS Sanhaço, com porte médio de 77 cm, possui

ciclo médio com espigamento entorno de 67 dias e maturação fisiológica de 112 dias. É uma cultivar com alto potencial produtivo, estabilidade de rendimento e boa resistência ao acamamento. Possui características de grão duro, boa capacidade de perfilhamento e apresenta boa resistência às manchas foliares, giberela e debulha (Embrapa, 2022).

Para o manejo da fertilidade não foi realizada a calagem e a gessagem, pois não houve necessidade conforme a análise de solo e de acordo com o manual de adubação e calagem do Paraná (2019). Já com relação a adubação, esta foi realizada de acordo com a análise de solo, sendo utilizado o formulado 10-15-15 para ambos experimentos. A semeadura do trigo da safra 2021/2022 foi realizada no dia 07 de maio e o segundo experimento foi semeado dia 14 de junho de 2022, sendo realizada de forma mecanizada a uma profundidade de 2 cm e utilizando a densidade de semeadura de 368 sementes por metro quadrado. O sistema de cultivo do trigo foi do tipo sequeiro, sem irrigação. A adubação de cobertura foi realizada a lanço, no estágio do afilhamento da cultura seguindo a quantidade de adubo pré-estabelecida (0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹) de N, P e K.

Durante a condução do experimento foram realizados tratamentos culturais adequados como a capina semanalmente entre as linhas e parcelas e catação manual para o controle das plantas daninhas, nos estágios iniciais e aplicação de herbicida a base de metsulfurom metílico, na dose de 3,3 a 6,6 g.ha⁻¹ e Sal de dimetilamina de (2,4-dichlorophenoxy) acetic acid (2,4-D), na dosagem de 0,4 L p.c. ha⁻¹, nos estágios de desenvolvimento de pré-perfilhamento e espigamento do trigo. Foi também realizado o controle de formigas com o emprego de formicidas granulados, a base de Fipronil, no combate das mesmas.

4.2.4 Variáveis analisadas: Caracteres Agronômicos

Os caracteres agronômicos do trigo avaliados foram: estande inicial e final; número de espigas; número de espiguetas por espigas; número de grãos por espigas; Massa de 1000 grãos; altura de plantas e produtividade.

Para a altura de plantas, foram realizadas medições de dez plantas da área útil da parcela escolhidas aleatoriamente, onde foi medida da superfície do solo ao ápice da espiga, utilizando-se uma fita métrica graduada, no estágio do espigamento. O número de espigas, número de espiguetas por espigas e o número de grãos por espigas, foram determinados pela contagem manual em dez plantas da área útil da parcela.

A determinação da massa de 100 grãos foi sucedida pela contagem e pesagem de 100 grãos em balança de precisão expressa em gramas, ou seja, foi determinada a partir da contagem de oito subamostras, com 100 grãos cada, segunda a Regras para Análise de Sementes (RAS). E a produtividade foi determinada a partir da pesagem de grãos da unidade experimental e através do cálculo proporcional da produção de grãos com umidade corrigida para 13% (Brasil, 2009).

4.2.5 Análise estatística

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e aplicado o teste F em nível de 5% de probabilidade de erro, sendo significativo seguirá com o teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade de erro e análise de regressão, com software SISVAR (Ferreira, 2019).

4.3 RESULTADOS

Na Tabela 1 é apresentado o resumo geral da análise de variância, onde observou-se efeito significativo para a variável número de espiguetas por espigas ($p < 0,01$) número de grãos por espigas ($p < 0,01$) e produtividade ($p < 0,05$), para o experimento de N e número de espiguetas por espigas ($p < 0,05$) para o experimento de P.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente a altura de plantas (AP), número de espiguetas por espigas (NEE), número de grãos por espiguetas (NGe), número de grãos por espigas (NGE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de plantas de trigo em função da adubação associados a doses de N, P₂O₅ e K₂O, na safra 2021/22, no município de Marechal Cândido Rondon.

FONTES DE VARIÇÃO	GL	AP	QUADRADO MÉDIO				
			NEE	NGe	NGE	MMG	Produtividade
Experimento de N							
Bloco	3	13 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,60 ^{**}	76 ^{ns}	13 [*]	441630 ^{ns}
Doses de N	(4)	5 ^{ns}	7 ^{**}	0,30 ^{ns}	217 ^{**}	4 ^{ns}	1106371 [*]
Linear	1	0,81 ^{ns}	13 ^{**}	0 ^{ns}	211 [*]	2 ^{ns}	3466389 ^{**}
Quadrática	1	5 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,28 ^{ns}	151 ^{ns}	1 ^{ns}	958295 ^{ns}
Desvio da regressão	2	7 ^{ns}	9 ^{**}	0,45 [*]	253 [*]	7 ^{ns}	399 ^{ns}
Resíduo	12	9	0,69	0	37	3	289255
Total	19						
Experimento de P							
Bloco	3	13 ^{ns}	2 [*]	0,13 ^{ns}	106 ^{ns}	7 ^{ns}	209592 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	(4)	10 ^{ns}	2 [*]	0,05 ^{ns}	17 ^{ns}	1 ^{ns}	874711 ^{ns}
Linear	1	24 ^{ns}	9 ^{**}	0,10 ^{ns}	9 ^{ns}	0 ^{ns}	89356 ^{ns}
Quadrática	1	13 ^{ns}	0 ^{ns}	0,07 ^{ns}	19 ^{ns}	2 ^{ns}	454891 ^{ns}
Desvio da regressão	2	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0,01 ^{ns}	20 ^{ns}	1 ^{ns}	1477299 [*]
Resíduo	12	14	0	0	61	2	284259
Total	19						
Experimento de K							
Bloco	3	17 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,20 ^{ns}	40 ^{ns}	5 ^{ns}	396141 ^{ns}
Doses de K ₂ O	(4)	13 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,07 ^{ns}	23 ^{ns}	2 ^{ns}	516617 [*]
Linear	1	27 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	1 ^{ns}	125373 ^{ns}
Quadrática	1	0 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,07 ^{ns}	46 ^{ns}	5 ^{ns}	305072 ^{ns}
Desvio da regressão	2	12 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,11 ^{ns}	23 ^{ns}	1 ^{ns}	818011 [*]
Resíduo	12	6	0,49	0	20	3	132092
Total	19						

ns-não significativo, *- significativo a 5% de probabilidade do teste F; **- significativo a 1% de probabilidade do teste F.

De acordo com os dados avaliados, referente ao número de espiguetas por espigas quando analisado o tratamento com a aplicação de N, observou-se efeito linear significativo ($p < 0,01$), (Figura 3), onde na safra 2021/22, evidenciando uma oscilação nos valores e mostrando uma maior média na dose de 100 kg.ha⁻¹ de N.

No entanto, para os dados referentes ao tratamento com o P₂O₅ o número de espiguetas por espigas ($p < 0,05$), obteve uma maior média na dose de 100 e 200 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, com número médio de 17 espiguetas por espigas, mostrando que a adubação com fósforo foi eficaz. Para o experimento de K, de acordo com os dados avaliados, não houve efeito significativo para a variável estudada.

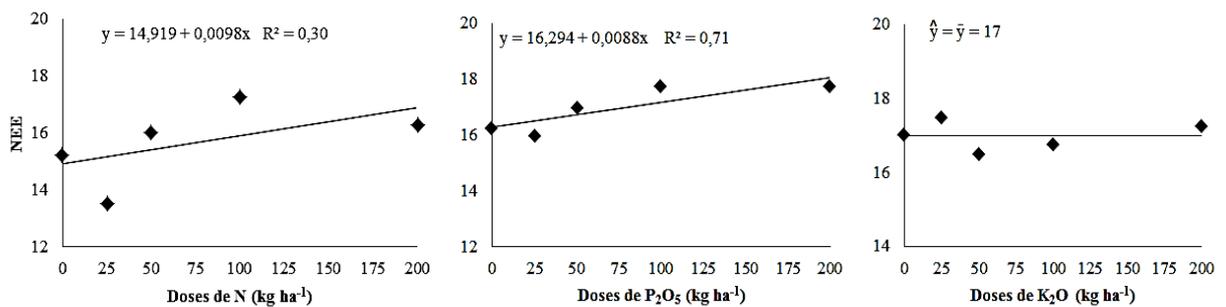


Figura 3. Número de espiguetas por espigas de trigo em função das doses crescentes de N e P₂O₅ e K₂O, na safra 2021/22, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de Marechal Cândido Rondon, PR

Ocorreu efeito significativo isolado para a adubação nitrogenada, com relação às diferentes médias apresentadas no número de grãos por espigas ($p < 0,01$), evidenciando sua maior média de 48, na dose de 200 kg.ha⁻¹. No entanto, para os experimento referentes as doses de P₂O₅ e K₂O, o caractere avaliado não apresentou significância (Figura 4).

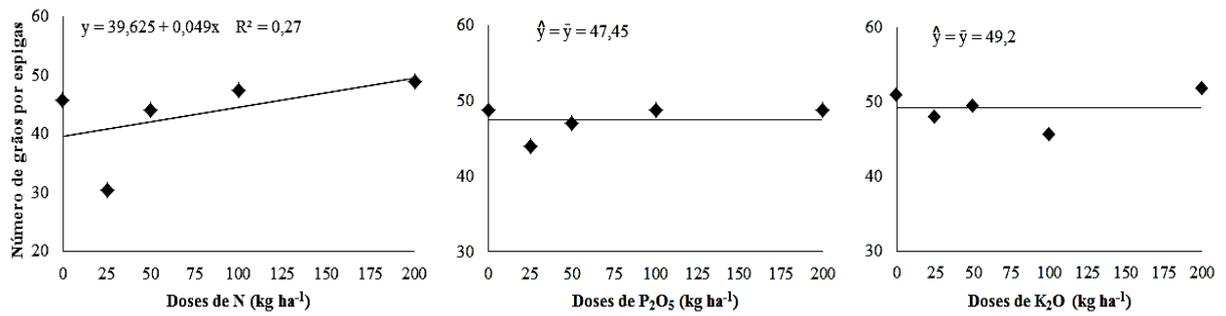


Figura 4. Número de grãos por espigas de trigo em função das doses crescentes de N, P₂O₅ e K₂O na safra 2021/22, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de Marechal Cândido Rondon, PR

Para o caractere produtividade (Figura 5) quando analisado o tratamento com a adubação nitrogenada observou-se interação significativa ($p < 0,05$), onde obteve-se a maior média (3.298 kg.ha⁻¹) na dose de 100 kg.ha⁻¹ de N. Esse valor na produtividade está acima da média brasileira constatadas na safra 2021/22 de acordo com as estimativas da Conab (2022), e isso mostra o quanto a cultura pode expressar seu potencial produtivo, evidenciando a eficácia das doses de N da cultura, proporcionando assim alto rendimento e mostrando-se um para incremento na rentabilidade do produtor.

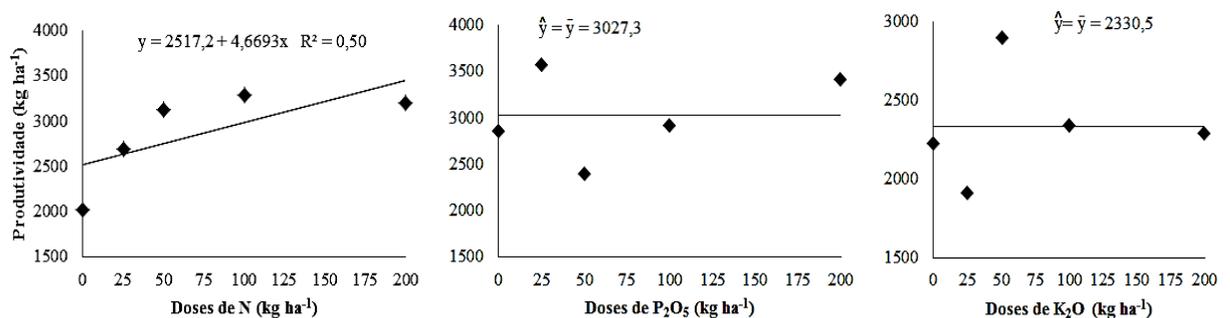


Figura 5. Produtividade do trigo em função das doses crescentes de N e P₂O₅ e K₂O na safra 2021/22, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de Marechal Cândido Rondon, PR

Na tabela 2, são mostrados dados médios referentes aos caracteres que não apresentaram efeitos significativos nos experimentos de N, P e K.

Tabela 2. Números médios de altura de plantas (AP), número de espiguetas por espigas (NEE), número de grãos por espiguetas (NGe), número de grãos por espigas (NGE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de plantas de trigo em função da adubação associados a doses de P₂O₅ e K₂O na safra 2021/22, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico

VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE N						
	0	25	50	100	200	Média	
	-----kg.ha ⁻¹ -----						
AP (cm)	66	67	69	66	67	67	
NGe	3	2	2	2	2	2	
MMG (g)	26	24	26	24	25	25	
VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE P						
	AP (cm)	67	67	67	68	71	68
	NGe	3	2	2	2	2	2
	NGE	48	44	47	48	48	47
	MMG (g)	26	25	26	25	26	26
	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	2.850	3.562	2.401	2.905	3.415	3.027
	VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE K					
AP (cm)		70	71	67	69	67	69
NEE		17	17	16	16	17	17
NGe		3	2	3	2	3	3
NGE		51	48	49	45	51	49
MMG (g)		26	24	26	25	27	26
Produtividade (kg.ha ⁻¹)		2.220	1.908	2.900	2.337	2.286	2.330

*Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

De acordo com o resumo geral da análise de variância, observou-se que não houve efeito significativo, para os caracteres estudados referente aos experimentos com N, P e K, para a safra de 2022/23 (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente a altura de plantas (AP), número de espiguetas por espigas (NEE), número de grãos por espiguetas (NGe), número de grãos por espigas (NGE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de plantas de trigo em função da adubação associados a doses de N, P₂O₅ e K₂O, na safra 2022/23, no município de Marechal Cândido Rondon.

FONTES DE VARIÇÃO	GL	AP	QUADRADO MÉDIO				
			NEE	NGe	NGE	MMG	Produtividade
Experimento de N							
Bloco	3	10 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,60 ^{**}	143 [*]	13 [*]	103325432 [*]
Doses de N	(4)	3 ^{ns}	2 ^{ns}	0,30 ^{ns}	57 ^{ns}	2 ^{ns}	52822673 ^{ns}
Linear	1	0 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0 ^{ns}	85717616 ^{ns}
Quadrática	1	3 ^{ns}	1 ^{ns}	0,28 ^{ns}	33 ^{ns}	0 ^{ns}	33010 ^{ns}
Desvio da regressão	2	5 ^{ns}	3 [*]	0,45 [*]	98 ^{ns}	5 ^{ns}	62770034 ^{ns}
Resíduo	12	7	0,65	0	39	2	26056404
Total	19						
Experimento de P							
Bloco	3	11 ^{ns}	1 ^{ns}	0,13 ^{ns}	76 ^{ns}	7 ^{ns}	3745307 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	(4)	9 ^{ns}	2 ^{ns}	0,05 ^{ns}	30 ^{ns}	1 ^{ns}	27207671 ^{ns}
Linear	1	24 ^{ns}	5 ^{**}	0,10 ^{ns}	1 ^{ns}	0 ^{ns}	19535988 ^{ns}
Quadrática	1	9 ^{ns}	2 ^{ns}	0,07 ^{ns}	70 ^{ns}	2 ^{ns}	16668778 ^{ns}
Desvio da regressão	2	2 ^{ns}	1 ^{ns}	0,01 ^{ns}	24 ^{ns}	1 ^{ns}	36312958 ^{ns}
Resíduo	12	13	0	0	57	2	25918083
Total	19						
Experimento de K							
Bloco	3	14 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,20 ^{ns}	48 ^{ns}	5 ^{ns}	82035982 ^{ns}
Doses de K ₂ O	(4)	11 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,07 ^{ns}	17 ^{ns}	2 ^{ns}	20082659 ^{ns}
Linear	1	24 [*]	0,02 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	1 ^{ns}	5635834 ^{ns}
Quadrática	1	0 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}	27 ^{ns}	5 ^{ns}	36020099 ^{ns}
Desvio da regressão	2	10 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,11 ^{ns}	20 ^{ns}	1 ^{ns}	19337352 ^{ns}
Resíduo	12	4	0,3	0,07	20	3	19305030
Total	19						

ns-não significativo, *- significativo a 5% de probabilidade do teste F; **- significativo a 1% de probabilidade do teste F.

Na tabela 4, são mostrados os dados referentes aos caracteres altura de plantas, número de espiguetas por espigas, número de grãos por espiguetas, número de grãos por espigas, massa de mil grãos e produtividade de plantas de trigo.

Tabela 4. Números médios de altura de plantas (AP), número de espiguetas por espigas (NEE), número de grãos por espiguetas (NGe), número de grãos por espigas (NGE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de plantas de trigo em função da adubação associados a doses de P₂O₅ e K₂O na safra 2022/23, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico

VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE N					
	0	25	50	100	200	Média
	-----kg.ha ⁻¹ -----					
AP (cm)	67	67	69	66	67	67,2
NEE	16	17	16	17	16	16,4
NGe	3	2	2	2	2	2
NGE	48	39	44	48	44	45
MMG (g)	25	24	26	24	25	25
Produtividade (kg.ha ⁻¹)	2.9046	3.1398	3.5565	2.9676	3.7226	3.2582
	EXPERIMENTO DE P					
AP (cm)	67	68	67	68	71	68
NEE	16	16	16	17	17	16
NGe	3	2	2	2	2	2
NGE	50	44	44	48	48	47
MMG (g)	26	25	26	25	26	26
Produtividade (kg.ha ⁻¹)	3.3498	3.1962	3.5570	3.8739	3.3604	3.4675
	EXPERIMENTO DE K					
AP (cm)	70	72	68	69	68	69
NEE	17	17	16	17	17	17
NGe	3	2	3	2	3	3
NGE	51	48	50	46	51	49
MMG (g)	26	24	26	25	27	26
Produtividade (kg.ha ⁻¹)	3.1494	3.0064	3.3854	3.2871	2.8214	3.1299

4.4 DISCUSSÃO

Resultados semelhantes foram encontrados por Teixeira Filho et al. (2007), onde verificaram que o comprimento de espigas e o número de espiguetas por espiga aumentaram significativamente com o aumento das doses de N (Figura 3).

Essa oscilação de médias no número de espiguetas por espigas, pode estar relacionado à altas temperaturas durante o ciclo da cultura, evidenciando um elevado pico entre 30 a 36 °C, como mostrado na figura 1.

Na literatura são encontrados relatos sobre a influência da temperatura no número de espiguetas por espigas, evidenciando que temperaturas elevadas podem provocar redução no desenvolvimento radicular, na emissão de perfilhos produtivos e na diferenciação de espiguetas e flores, no decorrer do ciclo da cultura do trigo (Souza e Ramalho 2001, Dias e Lidon 2009, Pimentel et al. 2015), bem como diminuição de área foliar e de porcentagem de flores fecundadas, podendo provocar, ainda, redução do ciclo e produção de grãos com menor peso (Rahman et al. 2009, Ribeiro et al. 2012).

A função do fósforo está na formação de ácidos nucléicos, membranas, síntese de ATP, ADP e NADP, atuando diretamente na divisão celular, reprodução, metabolismo, armazenamento e transferência de energia. Contribui para o crescimento prematuro das raízes, qualidade de frutas, verduras, grãos e formação de sementes. A planta jovem absorve maiores quantidades de fósforo, ocorrendo rápido e intenso crescimento das raízes em ambientes com níveis adequados do nutriente (Dario et al. 2015).

De acordo com Cambruzzi (2014), o número de grão por espiga e demais componentes avaliados, foram influenciados pelos diferentes níveis de fósforo (P_2O_5) aplicados na base, obtendo resultados semelhantes às doses estudadas, onde verificaram efeito linear nas médias com o aumento das doses de P_2O_5 , o que evidencia a importância do nutriente em níveis adequados para as plantas de trigo (Figura 4).

Para Braz et al. (2006), o nitrogênio exerce forte influência sobre o número de espigas por área e de grãos por espiga frente à variação da dose e o momento em que o N é fornecido. Segundo Malavolta (2006), o nutriente tem grande importância para a planta por participar de inúmeras funções vitais, e por está relacionado com a qualidade do produto agrícola.

De acordo com a figura 5, resultados semelhantes foram encontrado por Teixeira Filho et al. (2007) que verificaram incremento nas produtividades até a dose de 69 kg.ha⁻¹ de N, por Zagonel et al. (2002), até a dose de 90 kg.ha⁻¹, e Trindade et al. (2006), até a dose de 73 kg.ha⁻¹. O nitrogênio é constituinte de algumas biomoléculas como ATP, NADH e NADPH (Orso et al., 2014), onde este componente pode se beneficiar, com a disponibilidade de doses maiores de nitrogênio, explicando assim as elevadas médias nos componentes de rendimento do trigo (Zagonel et al., 2002).

Segundo Cavalcante et al. (2016), o elemento químico nitrogênio possui grande capacidade de influenciar, tanto de maneira qualitativa quanto quantitativa, a qualidade da produção de grãos de trigo. Isso demonstra a importância desse nutriente para essa cultura, uma vez que o nitrogênio é um dos elementos indispensáveis para a formação de diversos compostos essenciais nos grãos, como proteínas, glúten e carboidratos. As proteínas são responsáveis pela estabilidade, força do glúten e peso do hectolitro (PH), e, por isso, são altamente exigidas pelas plantas de trigo.

Embora não tenha constatado efeito significativo entre os componentes de rendimentos para a safra 2022/23 (números médios de altura de plantas, número de espiguetas por espigas, número de grãos por espiguetas, número de grãos por espigas, massa de mil grãos e produtividade) de plantas de trigo em função da adubação associados a doses de N, P₂O₅ e K₂O, a cultura possui grande potencial para ser usada como alternativa em sucessão as demais

culturas consolidadas na região, e que há necessidade de mais estudos científicos referente a diferentes doses de N, P₂O₅ e K₂O para a cultura.

4.5 CONCLUSÃO

Na safra 2021/22 o número de espiguetas por espigas foi favorecida com a adubação N e P. A adubação com N mostrou-se eficaz para o número de grãos por espigas, e resultou em ganhos significativos na produtividade. Na safra 2022/23, não houve efeito significativo para os caracteres agronômicos estudados.

4.6 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

4.7 REFERÊNCIAS

- Brasil (2009). Regras para análise de sementes. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Braz, A. J. B. P., Silveira, P. M., Kliemann, H. J., Zimmermann, F. J. P. (2006). Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema plantio direto após diferentes culturas. *Ciência e Agrotecnologia*, 30, 193-198. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000200001>
- Broetto, F., Gomes, E. R., Joca, T. A. C. (2017). O estresse das plantas: Teoria e prática. São Paulo, SP: Cultura Acadêmica.
- Cavalcante, J.A., Rimieri, C., Ribeiro, E.T., Deluca, R., Silva, W.G. (2016). Produtividade do trigo através de diferentes formas de adubação na semeadura e em cobertura. *Revista cultivando o saber*, 1-14. <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/749>
- Conab (2022). Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Brasília: safra 2021/22, 12 décimo segundo levantamento.
- Dario, G. J. A.; Dario, I. S. N. (2015). Adubação. In: Borém, A., Scheeren, P. L. Trigo: do Plantio à Colheita. Santa Maria: Universidade Federal de Viçosa.
- Dias, A. S., Lidon, F.C. (2009). Evaluation of grain filling rate and duration in bread and durum wheat, under heat stress after anthesis. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195, 137–147. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00347.x>
- Embrapa. (2013). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa.
- Embrapa Soja. (2017). Cultivar de trigo BRS Sanhaço: características e desempenho agrônômico. Londrina: Embrapa.

Embrapa. (2018). Informações Técnicas para trigo e triticale safra 2019: 12ª reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticale. Brasília: Embrapa.

Embrapa Soja. (2023). Cultivares de trigo e triticale BRS e IPR. Londrina, PR: Embrapa.

Embrapa Soja. (2023). Trigo. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (Portal Embrapa). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/trigo1>

Ferreira, D. F. (2019). Sisvar: A computer statistical analysis system to fixed effects split plot type designs. *Ciência Brasileira de Biometria*, 37, 529-535. <http://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

Malavolta, E. (2006). Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres.

Mendes, M. C., Rosário, J. G., Faria, M. V., Zoche, J. C., Walter, A. L. B. (2011). Avaliação da eficiência agronômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, 4, 95-110. <https://doi.org/10.5777/paet.v4i3.1394>

Moreira, A. (2019). Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Nitsche, P. R.; Caramori, P. H.; Ricce, W. da S.; Pinto, L. F. D. Atlas climático do estado do Paraná. 1. Ed. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 2019.

Orso, G., Villetti, H.L., Krenchinski, F.H., Albrecht, A.J.P., Albrecht, L.P., Rodrigues, D.M., Moraes, M.F. (2014). Comportamento da cultura do trigo sob efeito de fontes e doses de nitrogênio. *Cerrado Agrociências*, 5, 44-52. <https://revistas.unipam.edu.br/index.php/cerradoagrociencias/article/view/4152/1817>

- Pimentel, A. J. B., Rocha, J. R. A. S. C., Souza, M. A., Ribeiro, G. (2015). Characterization of heat tolerance in wheat cultivars and effects on production components. *Revista Ceres*, 62, 191-198. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562020009>
- Rahman, M. A. Chikushi, J., Yoshida, S., Karim, A. J. M. S. (2009). Growth and yield components of wheat genotypes exposed to high temperature stress under control environment. *Bangladesh Journal of Agriculture Research* 34: 361-372. <http://dx.doi.org/10.3329/bjar.v34i3.3961>
- Ribeiro, G., Pimentel, A. J. B., Souza, M. A., Rocha, J. R. A. S. C., Fonseca, W. B. (2012). Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. *Revista Brasileira de Agrociência*, 18, 133-142. <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/issue/view/218>
- Souza, M. A., Ramalho, M. A. P. (2001). Controle genético e tolerância ao estresse de calor em populações híbridas e em cultivares de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36, 1245-1253. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001001000005>
- Teixeira Filho, M. C. M., Buzetti, S., Alvarez, R. C. F., Freitas, J. G., Arf, O., Sá, O. M. E. (2007). Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. *Acta Scientiarum Agronomy*, 29, 421-425. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026574020>
- Trindade, M. G., Stone, L. F., Heinemann, A.B., Cánovas, A. D., Moreira, J. A. A. (2006). Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10, 24-29. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000100004>

Zagonel, J., Venancio, W. S., Kunz, R.P., Tanamati, H. (2002). Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. *Ciência Rural*, 32, 25-29. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000100005>

5 ARTIGO 3. Teores nutricionais da cultura do girassol em resposta a adubação com NPK em cobertura

Nutritional content of sunflower crops in response to NPK fertilization in top dressing

Contenido nutricional de cultivos de girasol en respuesta a la fertilización NPK en aderezo

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores nutricionais da cultura do girassol em resposta a adubação com NPK em cobertura, em experimento conduzido nas safras 2020/21 e 2021/22 em Marechal Cândido Rondon, PR. Para cada safra, foram realizados três experimentos no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, em cobertura. No primeiro, no segundo e no terceiro foram avaliados cinco doses de N, de P e de K (0, 25, 50, 100 e 200 kg.ha⁻¹), fornecidos via fertilizantes, (uréia utilizada como fonte de N, super fosfato simples para P₂O₅ e cloreto de potássio para fornecimento de K₂O), totalizando 20 unidade experiemetal. Na safra 2021/22, não houve efeito significativo para cada elemento nos três experimentos e para as variáveis estudadas, em respostas a adubação com N, P₂O₅ e K₂O em cobertura. Na safra 2022/23, houve resultados significativo para os teores nutricionais referente ao solo, no experimento de P (42 mg dm⁻³) e K (1,20 cmol_c dm⁻³) para as doses de 200 e 50 kg.ha⁻¹.

Palavras-chave: absorção, *Helianthus annuus* L, nutrientes, nutrição do solo.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the nutritional contents of the sunflower crop in response to top dressing with NPK, in an experiment conducted in the 2020/21 and 2021/22 harvests in Marechal Cândido Rondon, PR. For each harvest, three experiments were carried out in a randomized block design, with four replications and five treatments, in coverage. In the first, second and third, five doses of N, P and K were evaluated (0, 25, 50, 100 and 200 kg.ha⁻¹), supplied via fertilizers (urea used as a source of N, super simple phosphate for P₂O₅ and potassium chloride to supply K₂O), totaling 20 experimental units. In the 2021/22 harvest, there was no significant effect for each element in the three experiments and for the variables studied, in responses to fertilization with N, P₂O₅ and K₂O in top dressing. In the 2022/23 harvest, there were significant results for the nutritional contents related to the soil, in the P (42 mg dm⁻³) and K (1,20 cmol_c dm⁻³) experiment for doses of 200 and 50 kg.ha⁻¹.

Keywords: absorption, *Helianthus annuus* L, nutrients, soil nutrition.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar los contenidos nutricionales del cultivo de girasol en respuesta al aderezo con NPK, en un experimento realizado en las cosechas 2020/21 y 2021/22 en Marechal Cândido Rondon, PR. Para cada cosecha se realizaron tres experimentos en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y cinco tratamientos, en cobertura. En el primero, segundo y tercero se evaluaron cinco dosis de N, P y K (0, 25, 50, 100 y 200 kg.ha⁻¹), suministradas vía fertilizantes (urea utilizada como fuente de N, fosfato súper simple

para P_2O_5 y cloruro de potasio para suministrar K_2O), totalizando 20 unidades experimentales. En la cosecha 2021/22 no hubo efecto significativo para cada elemento en los tres experimentos y para las variables estudiadas, en las respuestas a la fertilización con N, P_2O_5 y K_2O en cobertera. En la cosecha 2022/23 hubo resultados significativos para los contenidos nutricionales relacionados con el suelo, en el experimento de P (42 mg dm^{-3}) y K ($1,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para dosis de 200 y $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Palabras clave: absorción, *Helianthus annuus* L, nutrientes, nutrición del suelo.

5.1 INTRODUÇÃO

A cultura do girassol é conhecida por se adaptar facilmente a diversas condições edafoclimáticas, sendo plantada em todo o território brasileiro, desde o sul até o norte, tendo o seu rendimento pouco influenciado pelo fotoperíodo, altitude e latitude (Paiva; Feitoso; Farias, 2012; Embrapa Soja, 2017). É uma cultura que vem ganhando espaço nos cultivos brasileiros, devido aos benefícios atrelados a elevada capacidade da ciclagem de nutrientes, sendo uma alternativa de cultivo em sucessão para diversas culturas.

O girassol se adequa a condições de solo similares as exigidas pelas culturas de soja ou milho, entretanto requer um maior nível de monitoramento quanto à compactação e acidez do solo (Leite et al., 2007). Além disso, o potencial produtivo da cultura também pode ser comprometido por meio da falta de água, comprometendo o crescimento das raízes e intensificando os problemas nutricionais.

A absorção de nutrientes, de um modo geral, é afetada por vários elementos, tais como a eficiência de exploração e absorção pelas raízes, as condições climáticas, as propriedades do solo, a disponibilidade hídrica e nutrientes na solo e as práticas de manejo cultural. A exigência nutricional é variável com ciclo de desenvolvimento do girassol. Em linhas gerais, tanto os nutrientes macro quanto os micronutrientes acompanham a quantidade de matéria seca acumulada desde o estágio vegetativo até o fim da floração (Gachon, 1972; Sfredo, 1983).

Um dos elementos mais exigido pela cultura é o nitrogênio, nutriente com influência direta sobre o crescimento, produção de grãos, tamanho dos aquênios, teor de óleo e proteínas, mas com a ressalva de que sua aplicação em excesso pode acarretar no acamamento das plantas (Sanzonowicz; Amabile, 2001). A recomendação de N, P e K variam entorno de $40 \text{ a } 60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, $40 \text{ a } 80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 e $40 \text{ a } 80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O (Campos; Chaves; Guerra, 2015). A folha é o órgão mais apropriado para avaliar o estado nutricional, pois possui a maior atividade metabólica e deve ser coletada durante o período de maior exigência

nutricional das plantas, por meio da relação significativa entre a disponibilidade de nutrientes no solo e os teores acumulados nos tecidos (Blamey; Edwards; Asher, 1987).

Em um estudo sobre o cultivo do girassol sob diferentes condições de adubação, os autores verificaram que a fonte mineral N-P-K proporciona maior diâmetro do caule, número de folhas e área foliar do girassol aos 30 e 60 dias após a semeadura e, altura de planta aos 30, 60 e 90 DAS. Este estudo tem como hipótese de que doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, podem elevar os teores nutricionais do girassol, auxiliando no desenvolvimento da cultura e proporcionando incremento nos caracteres de rendimento do girassol, evidenciando respostas significativas com o incremento de doses crescentes de N, P e K.

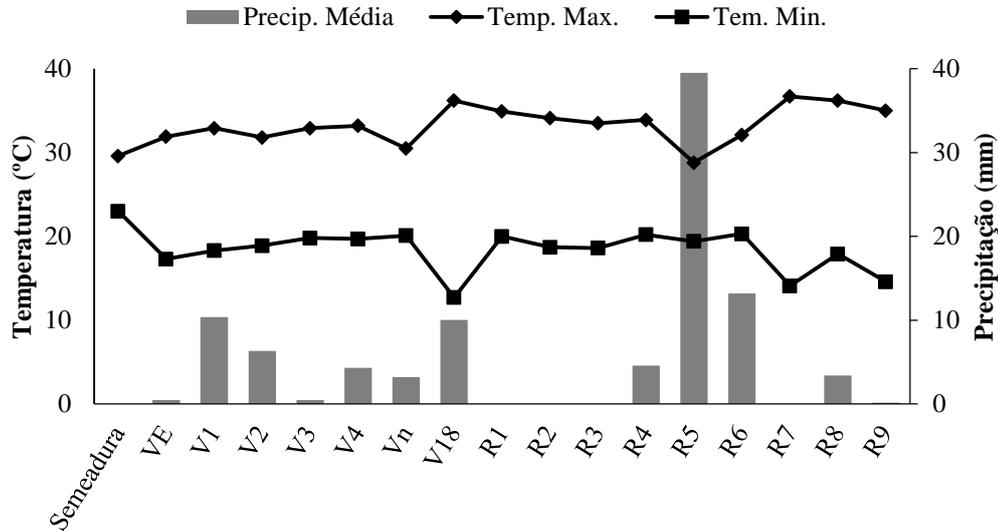
Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar os teores nutricionais da cultura do girassol em resposta a adubação com N, P e K em cobertura, em experimento conduzido nas safras 2020/21 e 2021/22 em Marechal Cândido Rondon, PR.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

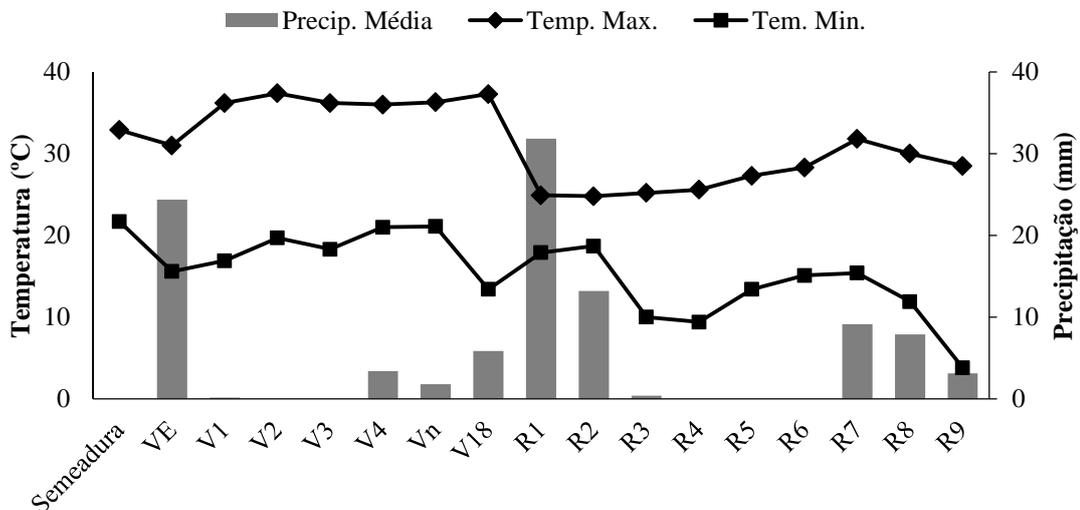
Foram conduzidos três experimentos no ano agrícola 2020/2021 e 2021/2022 em condições de campo, na Estação Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, *Campus* Marechal Cândido Rondon, nas coordenadas geográficas locais de 24° 33' 29'' S e 54° 02' 43'' W e 410 metros de altitude. Os dados meteorológicos foram coletados periodicamente com auxílio de uma estação meteorológica (Figura 1 e 2).

Figura 1. Dados médios de temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação média (mm) registrados durante a condução do experimento do girassol na safra 2020/21, Marechal Cândido Rondon - PR, 2024.



Fonte: Estação Automática de Marechal Cândido Rondon/PR, 2020.

Figura 2. Dados médios de temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação média (mm) registrados durante a condução do experimento do girassol na safra 2021/22, Marechal Cândido Rondon - PR, 2024.



Fonte: Estação Automática de Marechal Cândido Rondon/PR, 2021.

O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura argilosa (Embrapa, 2013) e foi amostrado nas profundidades de 0 – 20 e 20 – 40 cm antes da condução do experimento sendo caracterizado quimicamente, cujos resultados das safras 2020/2021 e 2021/2022 foram respectivamente: M.O. = 26,66 g dm⁻³; P = 12,40 mg dm⁻³; pH em CaCl₂ = 5,2; K, Ca, Mg, H + Al, respectivamente, 0,84; 4,19; 2,35; 3,68 cmol_c dm⁻³; T = 11,06 cmol_c dm⁻³ e V = 66,73%; M.O. = 22,84 g dm⁻³; P = 9,03 mg dm⁻³; pH em CaCl₂ =

5,5; K, Ca, Mg, H + Al, respectivamente, 0,92; 6,95; 1,62; 3,59 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; T = 13,08 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e V = 73%.

5.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para cada safra, foram realizados três experimentos no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, em cobertura. No primeiro foram avaliados cinco doses de N (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha^{-1}), no segundo foram avaliados cinco doses de P (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha^{-1}) e no terceiro, cinco doses de K (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha^{-1}). Os elementos foram fornecidos via fertilizantes, (uréia utilizada como fonte de N, super fosfato simples para P_2O_5 e cloreto de potássio para fornecimento de K_2O), totalizando 20 unidades experimental. O experimento foi conduzido numa área experimental de 1.020 m^2 no total. As parcelas foram constituídas de sete linhas com espaçamento de 0,5 m entre linhas, com comprimento de 4,0 m, correspondendo a uma área total de 14,0 m^2 e área útil de 4,0 m^2 , pois foi desprezada uma linha de cada lado da parcela, que representando a bordadura. No entanto foram utilizadas as duas linhas centrais para avaliação do tecido foliar. Os blocos foram separados por corredores de 1,0 m.

5.2.3 IMPLANTAÇÃO E MANEJO CULTURAL DO EXPERIMENTO

A semeadura foi realizada em duas safras agrícolas 2020/21 e 2021/22 em sistema de semeadura direta. Foi utilizado a cultivar Multissol, com porte de 1,30 a 1,70 m, e alto teor de óleo. Seu crescimento caracteriza-se como arbustivo e ereto, sem ramificação e com pêlos ásperos, apresentando ciclo vegetativo em torno de 110 dias. Essa cultura produz óleo com propriedades organolépticas de excelente qualidade industrial e nutricional, com alta relação de ácidos graxos poli-insaturados/saturados (65,3%/11,6%, em média). A cultivar Multissol possui aquênios pretos rajados de branco com teor de óleo de 39 a 50%, desenvolvida pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) (Santos *et al.*, 2020).

Para o manejo da fertilidade não foi realizada a calagem e a gessagem, pois não houve necessidade conforme a análise de solo e de acordo com o manual de adubação e calagem do Paraná. Já com relação a adubação, esta foi realizada de acordo com a análise de solo, sendo utilizado o formulado 02-20-18, numa quantidade de 432 kg ha^{-1} no primeiro ano e 443 kg ha^{-1} no segundo ano. A semeadura do girassol da safra 2020/2021 foi realizada no dia 20 de

Dezembro e a segunda sementeira foi realizada dia 02 de Fevereiro de 2022, sendo realizada de forma mecanizada a uma profundidade de 2 cm e utilizando a densidade de sementeira de 7 sementes por metro linear. O sistema de cultivo do girassol foi no tipo cultivo de sequeiro, sem irrigação. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a emergência seguindo a quantidade de adubo pré-estabelecida (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹) de N, P₂O₅ e K₂O.

Antes da sementeira foi realizado o tratamento da semente com o produto a base do princípio ativo Carbendazim e Tiram (Benzimidazol e Dimetilditiocarbamato) na dosagem recomendada pelo fabricante de 200 mL/100 kg de semente, garantindo assim melhor sanidade e desenvolvimento das plantas. Durante a condução do experimento foram realizados tratos culturais adequados como a capina semanalmente entre as linhas e parcelas e catação manual para o controle das plantas daninhas. Foi também realizado o controle de formigas com o emprego de formicidas granulados, a base de Fipronil, no combate das mesmas, além do manejo fitossanitário na cultura para o controle das lagartas preta das folhas (*Chlosyne lacinia saundersii*) através da aplicação manual de Engel pleno S a base do princípio ativo Tiametoxam e Lambda-Cialotrina na dosagem recomendada de 100 a 300 mL ha⁻¹. Foi utilizado um pulverizador, onde a aplicação foi realizada duas vezes a cada 7 dias logo no início da manifestação da praga nos estádios finais da cultura.

5.2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS: AMOSTRAGEM E AVALIAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Foram coletadas sete amostras simples de solo, com auxílio de trado tipo Sonda, em cada parcela dentro da área útil e nas linhas e entre linhas de sementeira, as quais constituiram uma amostra composta para análise, conforme metodologia descrita por Lana *et al.* (2016).

5.2.5 TEOR NUTRICIONAL FOLIAR

Foram realizadas avaliações da condição nutricional da planta. Para a cultura do girassol foram coletadas 30 folhas do terço superior, no início do florescimento. O material vegetal foi armazenado e identificado em sacos de papel e levados a uma estufa de circulação forçada de ar para secagem, a uma temperatura de 65 °C por um período de 48 horas, até atingir massa constante. Após esse período, elas foram moídas em um micro moinho para determinação do teor foliar de nutrientes.

No laboratório de Fertilidade de Solos da UNIOESTE foram realizadas as análises para determinação dos teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio, conforme metodologia descrita por Lana *et al.* (2016).

5.2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e aplicado o teste F em nível de 5% de probabilidade de erro, sendo significativo foi aplicado a análise de regressão, *com software SISVAR* (Ferreira, 2019).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A água é um fator fundamental para o estabelecimento da cultura no campo, principalmente nos estádios iniciais, pois auxilia na embebição da semente para que haja a protrusão da radícula e da plântula, e conseqüentemente o rompimento da superfície do solo, absorção e translocação de nutrientes pela cultura, ajudando no processo da fotossíntese, e estrutura da planta. Neste contexto, logo após a semeadura da cultura na área experimental, em relação às condições ambientais, de acordo com os dados meteorológicos (Figura 1), houve elevadas temperaturas e déficit hídrico nos estádios vegetativos e reprodutivos, logo, a emergência foi prejudicada ocasionando redução na densidade de plantas e implicando diretamente nos resultados.

Na Tabela 1 é apresentado o resumo geral da análise de variância, dos teores de P e K no solo e N, P e K nas folhas de plantas de girassol, onde observou-se que não houve efeito significativo para cada elemento nos três experimentos e para as variáveis estudadas na safra 2020/21.

Um dos fatores que pode ter desencadeado estes resultados foi o estresse hídrico, como mostrado na figura 1. A absorção de nutrientes pode ter sido prejudicada pela falta de água, visto que a água é crucial para que ocorra a absorção de nutrientes contidos na solução do solo. No solo, a mobilidade do P é lenta, resultando na probabilidade de ser modificado na solução do solo para as formas menos disponíveis às plantas, o que prejudica a sua absorção. Neste estudo o fósforo foi aplicado no sulco de semeadura na camada superficial do solo, diminuindo os sítios de adsorção de fósforo, tendo a disponibilidade desse elemento no solo alterada.

Sendo assim, a absorção de fósforo do solo pelas plantas depende de seu suprimento às raízes que, devido à sua baixa concentração na solução e sua relativa imobilidade, é altamente dependente do mecanismo da difusão e, por conseguinte, das características das raízes e do ambiente circundante dessas raízes (Novais; Smyth, 1999).

O potássio por sua vez, por ser considerado um elemento muito móvel no solo, pode acarretar em perdas por lixiviação, comprometendo a disponibilidade para as plantas e conseqüentemente no desempenho da cultura. Outro fator que compromete a absorção de potássio é o estresse hídrico, um dos principais fatores que foi determinante para o desenvolvimento da cultura neste estudo.

A dinâmica do potássio no solo pode ser afetada dependendo das concentrações dos demais elementos do solo, numa interação conhecida como inibição competitiva. Segundo o Jornal Informações Agrônomicas 149, do International Plant Nutrition Institute (IPN), na inibição competitiva, dois elementos competem pelo mesmo local de absorção nas membranas celulares da planta e diminuem a absorção daquele que estiver em menor concentração.

Vale ressaltar que embora o girassol possua um sistema radicular pivotante, podendo alcançar camadas mais profundas do solo em busca de água e nutrientes, a cultura foi conduzida em condições de sequeiro, ou seja, sem irrigação, além do mais, no período de cultivo houve um estresse hídrico acentuado, sendo assim o principal fator limitante para o desenvolvimento da cultura.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente a análise de solo e vegetal, em função da adubação associados a doses de N, P₂O₅ e K₂O, na safra 2020/21, no município de Marechal Cândido Rondon.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	
		Solo	Vegetal
Experimento de N			
Bloco	3	-	44 ^{ns}
Doses de N	4	-	31 ^{ns}
Linear	1	-	7 ^{ns}
Quadrática	1	-	44 ^{ns}
Desvio da regressão	2	-	37 ^{ns}
Resíduo	12	-	80
Total	19		
Experimento de P			
Bloco	3	33 ^{ns}	1,94 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	4	54 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Linear	1	68 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Quadrática	1	38 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Desvio da regressão	2	55 ^{ns}	0,10 ^{ns}
Resíduo	12	47	0,57
Total	19		
Experimento de K			
Bloco	3	0,11 ^{ns}	52 ^{ns}
Doses de K ₂ O	4	0,21 ^{ns}	45 ^{ns}
Linear	1	0,03 ^{ns}	5 ^{ns}
Quadrática	1	0 ^{ns}	22 ^{ns}
Desvio da regressão	2	0,41 ^{ns}	76 ^{ns}
Resíduo	12	0,19	53
Total	19		

ns-não significativo, *- significativo a 5% de probabilidade do teste F; **- significativo a 1% de probabilidade do teste F. Fonte: Elaborado pelos autores

Nos estádios V_E, V₃, R₁, R₂, R₃, R₇ e R₉ a falta de água foi constante, evidenciando o período de maior seca, influenciando diretamente no estádios de desenvolvimento da cultura, e conseqüentemente nos resultados obtidos (Figura 1).

Nos estádios vegetativos, a ocorrência de déficit hídrico, ocasiona a redução do crescimento da planta, conseqüentemente, a absorção de nutrientes presentes na solução do solo, reduzindo principalmente o crescimento foliar e, posteriormente, a redistribuição de fotoassimilados para os aquênios. Nos estádios reprodutivos, o estresse hídrico provoca redução no desenvolvimento das inflorescências, afetando o enchimento de aquênios e conseqüentemente no rendimento de grãos (Castro; Farias, 2005).

Na tabela 2, são mostrados dados médios referentes aos teores nutricionais que não apresentaram efeitos significativos. Outro fator que pode ter influenciado nesses resultados relacionados a relações hídricas, é a dinâmica dos nutrientes presentes no solo, a absorção pelas raízes e metabolização pelas plantas. Neste estudo o pH do solo ficou entorno de 5,2, uma vez que nestas condições a atividade microbiológica pode ser inibida e os íons amônio continuam protonados e retidos na carga líquida negativa do solo.

O ciclo do nitrogênio inorgânico do solo pode ser regulado por diferentes características edáficas que afetam sua transformação (Zhang *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2015). A absorção de N no solo se dá por meio NO_3^- ou NH_4^+ , sendo então incorporado em aminoácidos na própria raiz ou na parte aérea. Vale ressaltar que o nitrogênio é um nutriente que pode ser facilmente lixiviado caso não seja absorvido pelo sistema radicular das plantas (Ward *et al.*, 2007; Galloway *et al.*, 2008; Klotz; Stein 2008; Zhang *et al.*, 2016).

Tabela 2. Dados médios da análise vegetal e solo, em plantas de girassol em função da adubação associados a doses de N, P_2O_5 e K_2O , na safra 2020/21, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico

VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE N					Média
	0	25	50	100	200	
	kg ha⁻¹					
Vegetal (g kg ⁻¹)	38	31	32	36	34	34,2
EXPERIMENTO DE P						
Solo (mg dm ⁻³)	11	11	20	15	16	15
Vegetal (g kg ⁻¹)	2	2	2	2	2	2
EXPERIMENTO DE K						
Solo (mg dm ⁻³)	0,59	1	0,46	0,65	0,64	1
Vegetal (g kg ⁻¹)	27	32	27	25	33	29

Fonte: Elaborado pelos autores

Os nutrientes minerais absorvidos pelas raízes são carregados para a parte aérea pela corrente de transpiração que se movimenta pelo xilema. Tanto a absorção inicial de nutrientes e água quanto o movimento subsequente dessas substâncias desde a superfície da raiz, atravessando o córtex, entrando no xilema, são processos altamente específicos e bem regulados (Taiz; Zaiger; Moller; Murfhy, 2017). Na planta, o N é considerado elemento essencial, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas (Miflin; Lea, 1976; Harper, 1994).

A eficiência de uso de fósforo pelas plantas, se desenvolvendo em solos com diferentes características difusivas, é determinada pela capacidade do solo em suprir fósforo e

pela capacidade das plantas para absorvê-lo, translocá-lo e utilizá-lo. Esses processos podem variar com o tipo e o preparo do solo, a espécie de planta, os seus genótipos e cultivares e com o ambiente (Baligar; Fageria, 1999; Anghinoni, 2004), envolvendo um sincronismo no sistema solo-planta-raiz. A eficiência de uso do nutriente depende, assim, de parâmetros de planta (características morfológicas e funções fisiológicas) relacionados com a absorção de nutrientes, da interação solo-raiz (exsudatos radiculares e enzimas, fluxo de nutrientes no solo, características das raízes e tipo de solo), da relação raiz-parte aérea (absorção pelas raízes, translocação e subsequente redistribuição entre órgãos da planta) e da interação da planta com fatores bióticos (espécies espontâneas, insetos e doenças) e abióticos (temperatura do solo, umidade, pH, nutrientes e compactação do solo) (Baligar; Fageria, 1999).

Com relação ao potássio, a absorção desse elemento acontece por meio da difusão e de fluxo de massa, sendo esse nutriente muito móvel no solo. O fluxo de massa explica a absorção do fósforo pelas raízes das plantas conforme as condições climáticas expressas, decorrente da baixa disponibilidade de água. No processo de fluxo de massa, o contato se dá quando o potássio é carregado de um local de maior potencial de água para um de menor potencial de água próximo a raiz. O fluxo de pressão ou fluxo de massa é o movimento combinado de todas as moléculas de uma solução, acionado por um gradiente de pressão (Taiz; Zaiger; Moller; Murfhy, 2017).

Na Tabela 3 é apresentado o resumo geral da análise de variância, onde observou-se efeito significativo para os teores nutricionais referente ao solo, com significância de ($p < 0,05$) para o experimento de P e K.

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente a análise de solo e vegetal de plantas de girassol em função da adubação associados a doses N, P₂O₅ e K₂O, na safra 2021/22, no município de Marechal Cândido Rondon

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	
		Solo	Vegetal
Experimento de N			
Bloco	3	-	415 ^{**}
Doses de N	4	-	28 ^{ns}
Linear	1	-	1,8 ^{ns}
Quadrática	1	-	43 ^{ns}
Desvio da regressão	2	-	34 ^{ns}
Resíduo	12	-	63
Total	19		
Experimento de P			
Bloco	3	154 ^{**}	0,98 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅	4	628 ^{**}	0,52 ^{ns}
Linear	1	18 ^{ns}	0 ^{ns}
Quadrática	1	1816 ^{**}	0,91 ^{ns}
Desvio da regressão	2	339 ^{**}	0,59 ^{ns}
Resíduo	12	24	0,61
Total	19		
Experimento de K			
Bloco	3	0,01 ^{ns}	141 ^{ns}
Doses de K ₂ O	4	0,24 [*]	19 ^{ns}
Linear	1	0,07 ^{ns}	2 ^{ns}
Quadrática	1	0,72 ^{**}	31 ^{ns}
Desvio da regressão	2	0,08 ^{ns}	21 ^{ns}
Resíduo	12	0,04	57
Total	19		

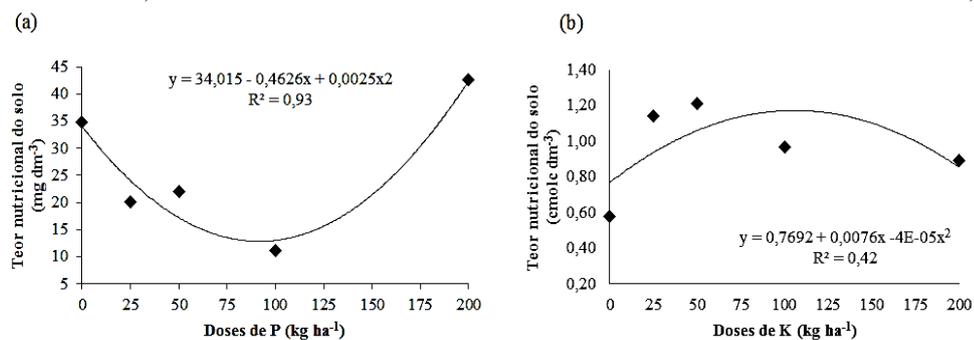
ns-não significativo, *- significativo a 5% de probabilidade do teste F; **- significativo a 1% de probabilidade do teste F. Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com os dados avaliados, referente aos teores nutricionais do solo analisado o tratamento com a adubação fosfatada, observou-se efeito significativo ($p < 0,01$), (Figura 5), onde na safra 2021/22 apresentou valores de 34; 20; 22; 11 e 42 mg dm⁻³, nas doses de 0, 25, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de P respectivamente, tendo uma maior concentração do nutriente no solo na dose de 200 kg ha⁻¹ e evidenciando menor média na dose de 100 kg ha⁻¹ de P. Isso mostra o quanto a cultura pode expressar seu potencial produtivo, na extração de P₂O₅ do solo em função da disponibilidade desse nutriente atrelado a baixa mobilidade no solo e a associação simbiótica, o que pode está relacionado com os resultados encontrados.

A resposta do girassol à adubação fosfatada está relacionada com a disponibilidade do nutriente no solo, a disponibilidade de água e a profundidade de exploração do sistema radicular. Além disso, a eficiência de absorção do fósforo do solo pode ser bastante elevada pela associação simbiótica do girassol com micorrizas vesículo-arbusculares (Koide, 1985; Blamey; Edwards; Asher, 1987; Thompson, 1987).

O fósforo atua como componente estrutural das membranas celulares, bem como fazendo parte de compostos responsáveis pela fixação do CO₂ atmosférico e pelo metabolismo de açúcares. Os sintomas de deficiência de fósforo ocorrem em folhas maduras, onde é observado redução do tamanho, tornam-se amareladas e ainda podem apresentar limbo com manchas avermelhadas (Embrapa, 2021).

Figura 5. Teores nutricionais de girassol em função das doses crescentes de P₂O₅ (a) e K₂O (b), no solo, na safra 2021/22, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de Marechal Cândido Rondon, PR



Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com os dados obtidos, quando analisado os teores nutricionais referente ao elemento K₂O, constatou-se que houve efeito significativo ($p < 0,05$) contrário, onde a maior disponibilidade desse nutriente foi na dose de 50 kg ha⁻¹ de K₂O, com teor de 1,20 cmol_c dm⁻³. A absorção do potássio acontece por meio da difusão e do fluxo de massa, no entanto, na literatura são encontrados vários fatores de condição de estresse bióticos e abióticos que afetam a absorção desse elemento, dentre eles destacam-se a incidência de plantas daninhas, condições de déficit hídrico, ataque de pragas e doenças entre outros. Durante a condução do experimento houve a ocorrência de plantas invasoras em algumas unidades experimentais, ataque de pássaros, elevadas temperaturas e deficiência hídrica (Figura 2) durante o ciclo da cultura, o que pode ter comprometido a absorção do nutriente.

De acordo com Carvalho (2013), a presença de plantas daninhas é considerado um fator de interferência, principalmente na interação planta-planta, ocasionando competição por água, nutrientes, luz e espaço; podendo haver, ainda, limitação de gases (CO₂ e O₂,

principalmente). O autor destaca que a ocupação do espaço (limitação de espaço, especificamente), está diretamente relacionada à competição por água, nutrientes e luz, ou seja, quando a planta ocupa mais espaço, conseqüentemente, pode alocar mais recursos do meio. Como consequência, a floração é retardada, a área verde foliar e a fotossíntese são reduzidas, os frutos ficam menores e a produtividade despenca (Dall’Agnol, 2021).

O potássio é um dos nutrientes mais requerido pelas plantas, ficando atrás somente do nitrogênio. O potássio não é um nutriente utilizado na síntese direta de moléculas orgânicas, porém, dentro da planta, exerce inúmeras funções como: movimento estomático, na abertura e fechamento dos estômatos e absorção de água, fotossíntese e translocação dos sintetizados e na ativação enzimática (Paulilo; Viana; Randi, 2015).

Para a safra 2021/22 não houve significância para os teores nutricionais foliares (Tabela 4). Outro fator que pode está relacionado com os resultados encontrados é a elevada temperatura, pois como é mostrado na figura 2, a maior temperatura constatada foi de 37 °C afetando o desenvolvimento da cultura.

Tabela 4. Dados médios da análise vegetal e solo, de plantas de girassol em função da adubação associados a doses de N, P₂O₅ e K₂O, na safra 2021/22, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico

VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE N					Média
	0	25	50	100	200	
	kg ha ⁻¹					
Vegetal (g kg ⁻¹)	34	36	29	34	36	33,8
VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE P					Média
	0	25	50	100	200	
Vegetal (g kg ⁻¹)	2	3	2	2	3	2,4
VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE K					Média
	0	25	50	100	200	
Vegetal (g kg ⁻¹)	30	25	26	30	29	28

Fonte: Elaborado pelos autores

Os principais fatores que afetam a fisiologia das plantas e interação para a produção das culturas podem ser organizados em quatro categorias abrangentes dentro do sistema solo-planta-atmosfera: Fatores climáticos como água, luz (radiação solar), temperatura, fotoperíodo e ventos; Fatores edáficos como propriedades químicas e físicas do solo e topografia; Aspectos relacionados ao manejo da cultura incluindo a estratégia de adubação, arranjo das plantas, densidade populacional, controle de ervas daninhas e fitossanitária, entre outros; Contribuições genéticas, como o potencial de produção e a adaptabilidade ao meio ambiente (Castro; Farias, 2005).

Neste estudo, por mais que os resultados obtidos não tenha gerado efeito significativo para as plantas, o girassol é uma cultura que vem ganhando espaço na agricultura, já que uma das características é a capacidade de ciclagem de nutrientes, o que proporciona informações importantes para a região e produtores que pretendem usar a cultura como alternativa para cultivos de sucessão para a soja e o milho.

5.4 CONCLUSÃO

Na safra 2021/22, não houve efeito significativo para cada elemento nos três experimentos e para as variáveis estudadas, em respostas a adubação com N, P₂O₅ e K₂O em cobertura. Na safra 2022/23, houve resultados significativo para os teores nutricionais referente ao solo, no experimento de P (42 mg dm⁻³) referentes a doses de 200 kg ha⁻¹ e K (1,20 cmol_c dm⁻³) na dose de 50 kg ha⁻¹.

5.5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

5.6 REFERÊNCIAS

- ANGHINONI, I. **Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada.** In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. **Fósforo na agricultura brasileira.** 1 edição. Piracicaba: Potafos, 2004.
- BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N.K. **Plant nutrient efficiency: Towards the second paradigm.** In: SIQUEIRA, J.O. *et al.* **Interrelação Fertilidade do solo, biologia do solo e nutrição de plantas.** 1 edição. Lavras: SBCS, 1999.
- BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. **Nutritional disorders of sunflower.** Queensland: Department of Agriculture, University of Queensland, 1987.
- CAMPOS, V. B., CHAVES, L. H. G., GUERRA, O. C. Adubação com NPK e irrigação do girassol em Luvisolo: Comportamento vegetative, **Revista Ambiente & Água**, n. 10, p. 221-233, 2015.
- CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas.** 1º edição. Santa Catarina: Lages, 2013.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. **Ecofisiologia do girassol**. In LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. 1 edição. Londrina, PR: Embrapa, 2005.

DALL'AGNOL, A. **Potássio, o segundo nutriente mais absorvido pelas plantas**. 2021. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/potassio--o-segundo-nutriente-mais-absorvido-pelas-plantas_454006.html

EMBRAPA SOJA. **Girassol**. Londrina: Embrapa, 2017.

EMBRAPA UVA E VINHO. **Nutrientes**. Brasília: Embrapa, 2021.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system to fixed effects split plot type designs, **Revista Ciência Brasileira de Biometria**, n. 37, p. 529-535, 2019.

GACHON, L. La cinétique de l'absorption des éléments nutritifs majeurs chez le tournesol, **Annales Agronomiques**, n.5, p.547-566, 1972.

GALLOWAY, J. N., A. R. *et al.* Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, e Potential Solutions, **Magazine Science**, n. 320, p. 889–892, 2008.

HARPER, J.E. **Nitrogen metabolism**. In: BOOTE, K.J., *et al.* **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994.

KLOTZ, M. G.; STEIN, L. Y. Nitrifier genomics e evolution of the nitrogen cycle, **Magazine FEMS Microbiol**, n. 2, p. 146–156, 2008.

KOIDE, R. The nature of growth depressions in sunflower caused by vesiculararbuscular mycorrhizal infection, **New Phytologist**, n.3, p.449-462, 1985.

LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FEY, R.; RICHART, A.; FONTANIVA, S. **Análise química de solo e de tecido vegetal: metodologias analíticas**. 2 edição. Cascavel: EDUNIOESTE, 2016.

LEITE, R. M. V. B. de C. *et al.* **Indicações para o cultivo de girassol nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás**. 1 edição. Londrina: Embrapa Soja, 2007.

MIFLIN, B.J.; LEA, P.J. The pathway of nitrogen assimilation in plants, **Magazine Phytochemistry**, v.1, p.873-885, 1976.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. **Altas climático do estado do Paraná**. 1. Ed. Londrina: **Instituto Agrônômico do Paraná**, 2019.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV - Departamento de Solos, 1999.

PAIVA, T. F. P.; FEITOSO, H. de O.; FARIAS, G. C. Resposta do girassol submetido doses de boro e potássio. In: **INOVAGRI: International Meeting, WINOTEC: Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação**, nº 4, 2012, Fortaleza. 1 CD-Rom.

PAULILO, M. T. S.; VIANA, A. M.; RANDI, A. M. **Fisiologia Vegetal**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

SANTOS, A. P. *et al.* Sunflower fertigated with potassium fertilization in two agricultural seasons in the Brazilian semiarid region, **Revista Ciência Agronômica**, n. 51, p. 1-9, 2020.

SANZONOWICZ, C.; AMABILE, R. F. **Recomendação técnica: adubação nitrogenada do girassol, no período chuvoso e na safrinha na região do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados; 2001.

SFREDO, G. J. **Absorção de nutrientes por duas cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) em função da idade da planta, em condições de campo**. 1983. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2017.

THOMPSON, J.P. Decline of vesicular-arbuscular mycorrhizae in long fallow disorder of field crops and its expression in phosphorus deficiency in sunflower, **Australian Journal of Agricultural Research**, n. 1, p.847-67, 1987.

WANG, Y., S. *et al.* Contrasting effects of ammonium e nitrate inputs on soil CO₂ emission in a subtropical coniferous plantation of southern China, **Magazine Biol. Fertil. Soils**, n. 7, p. 815–825, 2015.

WARD, M. H. *et al.* Nitrate in public water supplies e the risk of renal cell carcinoma, **Magazine Cancer Causes Control**, n. 10, p. 1141–1151, 2007.

ZHANG, B. *et al.* Variations in soil microbial communities e residues along an altitude gradient on the northern slope of Changbai Mountain, China Smidt, **PLoS One**, n. 6, p. 66184, 2013.

ZHANG, J. *et al.* The characteristics of soil N transformations regulate the composition of hydrologic N export from terrestrial ecosystem, **J. Geophys. Res. Biogeosciences**, n.6, p. 1409–1419, 2016.

6 ARTIGO 4. Teores nutricionais da cultura do trigo em resposta a adubação com NPK em cobertura

Nutritional contents of wheat crops in response to NPK fertilization in top dressing

Contenido nutricional de los cultivos de trigo en respuesta a la fertilización npk en cobertura

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os teores nutricionais do trigo em resposta a adubação com de N, P e K em cobertura, em experimento conduzido nas safras 2021/22 e 2022/23 em Marechal Cândido Rondon, PR. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados onde, foram realizados três experimentos para cada safra com quatro repetições e cinco tratamentos, em cobertura. No primeiro, no segundo e no terceiro foram avaliados cinco doses de N, de P e de K (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹), fornecidos via fertilizantes, (uréia utilizada como fonte de N, super fosfato simples para P₂O₅ e cloreto de potássio para fornecimento de K₂O), totalizando 20 unidades experimental. Tanto na safra 2021/22, quanto na safra 2022/23, os teores nutricionais da cultura do trigo relacionados a análise de solo e folha, não apresentaram resposta significativa nos experimentos de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente em cobertura, nas condições de um Latossolo Vermelho Eutroférrico de Marechal Cândido Rondon-PR.

Palavras-chave: solo, tecido foliar, *Triticum aestivum* L., nutrição vegetal.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the nutritional contents of wheat in response to fertilization with N, P and K in top dressing, in an experiment conducted in the 2021/22 and 2022/23 harvests in Marechal Cândido Rondon, PR. The experimental design used was randomized blocks where three experiments were carried out for each crop with four replications and five treatments, in coverage. In the first, second and third, five doses of N, P and K were evaluated (0, 25, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹), supplied via fertilizers (urea used as a source of N, super simple phosphate for P₂O₅ and potassium chloride to supply K₂O), totaling 20 experimental units. In both the 2021/22 and 2022/23 harvests, the nutritional contents of the wheat crop related to soil and leaf analysis did not show a significant response in the N, P₂O₅ and K₂O experiments, respectively in coverage, under conditions of a Eutroferic Red Latosol from Marechal Cândido Rondon-PR.

Keywords: soil, leaf tissue, *Triticum aestivum* L., plant nutrition.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar los contenidos nutricionales del trigo en respuesta a la fertilización con N, P y K en el abono, en un experimento realizado en las cosechas 2021/22 y 2022/23 en Marechal Cândido Rondon, PR. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar donde se realizaron tres experimentos para cada cultivo con cuatro repeticiones y cinco tratamientos, en cobertura. En el primero, segundo y tercero se evaluaron cinco dosis de N, P y K (0, 25, 50, 100 y 200 kg ha⁻¹), suministradas vía fertilizantes (urea utilizada como fuente de N, fosfato súper simple para P₂O₅ y cloruro de potasio para suministrar K₂O), totalizando

20 unidades experimentales. Tanto en la cosecha 2021/22 como en la 2022/23, los contenidos nutricionales del cultivo de trigo relacionados con los análisis de suelo y hoja no mostraron respuesta significativa en los experimentos de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, en cobertura, en condiciones de un Rojo Eutroférico. Latosol de Marechal Cândido Rondon-PR.

Palabras clave: suelo, tejido foliar, *Triticum aestivum* L., nutrición vegetal.

6.1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais produzidos globalmente e, devido ao melhoramento genético, a cultura apresenta uma ampla adaptabilidade às condições edafoclimática, sendo cultivado em locais que vão de regiões áridas em certos países do Oriente Médio até áreas de grande precipitação, como na China e na Índia. No Brasil, o cultivo de trigo se estende desde a Região Sul até os cerrados do Brasil Central (Conab, 2017).

No Paraná o cultivo do trigo é realizado na safra de inverno e caracterizado pelo sistema de cultivo de plantio direto, podendo ser usado para a sucessão de culturas. O cultivo no estado desempenha um papel crucial no sistema de produção, pois realiza a rotação de culturas e a cobertura do solo durante o inverno, elementos essenciais no sistema de plantio direto (Brum; Muller, 2008).

O estado nutricional do solo é um dos principais fatores que podem comprometer o desenvolvimento da cultura e acarretar em diversos problemas. O trigo é uma planta que consome uma quantidade significativa dos principais macronutrientes. Segundo Raij *et al.* (1996), para cada 1000 kg de grãos produzidos são exportados 29, 14 e 28 kg de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e aliado a um baixo índice de colheita (entre 35 e 37%), a cultura deixa uma grande quantidade de palha e nutrientes para a cultura seguinte. Segundo o manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019), o nitrogênio, fósforo e potássio são extraídas na quantidade de 28, 3,9 e 19,9 kg.t⁻¹ e na exportação a quantidade de 20 kg t⁻¹ de N, 3,2 kg t⁻¹ de P₂O₅ e 3,5 kg t⁻¹ de K₂O.

A adubação das culturas é uma prática importante no fornecimento de nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Bedin *et al.*, 2022). No Brasil, a forma de fertilização mais usual na agricultura é por meio de fontes industrializadas de nutrientes que são basicamente fertilizantes solúveis como o NPK (mistura de diferentes concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio), além de outros micronutrientes específicos para cada tipo de solo e cultura (Toscani; Campos, 2017).

Doses menores de N limitam a produtividade, enquanto doses maiores podem levar ao acamamento de plantas, dificultando a colheita e reduzindo a produtividade (Zagonel *et al.*, 2002). Melhor resultado de produtividade foi alcançado com a dosagem de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Cambruzzi, 2014). A melhor resposta do trigo à adubação potássica ocorreu com aplicação de 80 kg K₂O ha⁻¹, com maior produção de massa seca e produtividade de grãos (Silva *et al.*, 2016).

Neste sentido a hipótese da pesquisa é que as doses crescentes de N, P e K disponibilizados por meio da adubação, proporcionarão melhor condição nutricional para a cultura do trigo, e auxiliando no melhor desempenho agrônômico de cultivo da cultura e incremento na produtividade.

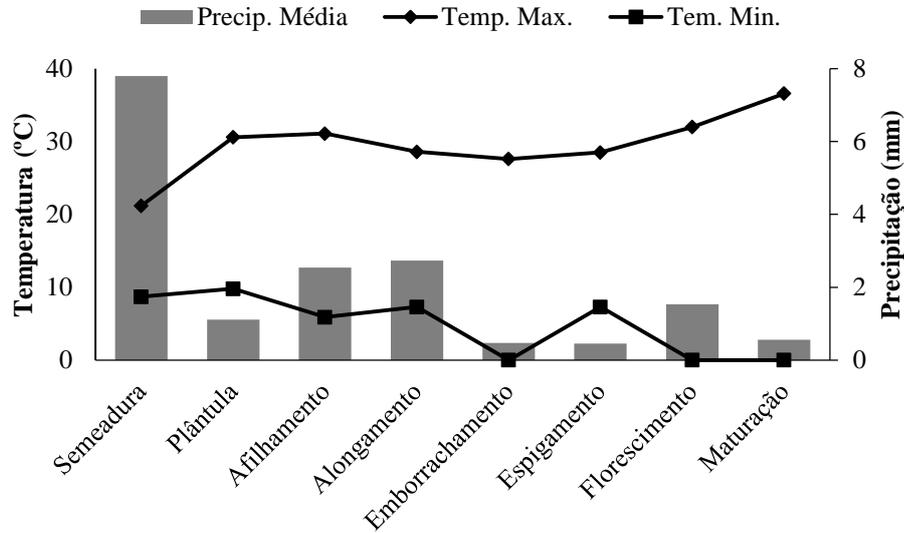
Assim, este estudo tem como objetivo avaliar os os teores nutricionais do trigo em resposta a adubação com de N, P e K em cobertura, em experimento conduzido nas safras 2021/22 e 2022/23 em Marechal Cândido Rondon, PR.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

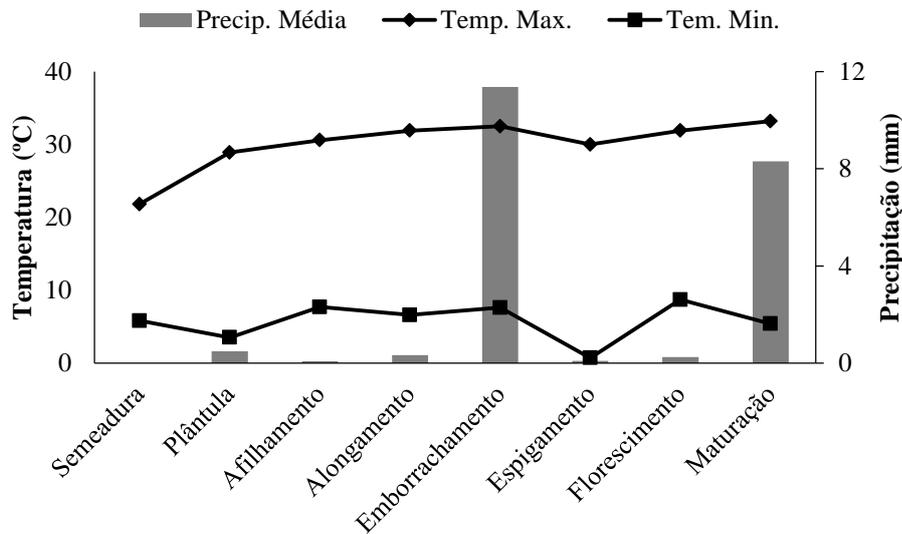
Foram conduzidos três experimentos no ano agrícola 2020/2021 e 2021/2022 em condições de campo, na Estação Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, *Campus* Marechal Cândido Rondon, nas coordenadas geográficas locais de 24° 33' 29'' S e 54° 02' 43'' W e 410 metros de altitude. Os dados metereológicos foram coletados periodicamente com auxílio de uma estação metereológica (Figura 1 e 2).

Figura 1. Dados médios de temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação média (mm) registrados durante a condução do experimento do trigo na safra 2021/22, Marechal Cândido Rondon - PR, 2024.



Fonte: Estação Automática de Marechal Cândido Rondon/PR, 2021.

Figura 2. Dados médios de temperaturas máxima e mínima (°C), precipitação média (mm) registrados durante a condução do experimento do trigo na safra 2022/23, Marechal Cândido Rondon - PR, 2024.



Fonte: Estação Automática de Marechal Cândido Rondon/PR, 2022.

O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura argilosa (Embrapa, 2013) e foi amostrado nas profundidades de 0 – 20 e 20 – 40 cm antes da condução do experimento sendo caracterizado quimicamente, cujos resultados das safras 2020/2021 e 2021/2022 foram respectivamente: M.O. = 24,85 g dm⁻³; P = 9,33 mg dm⁻³; pH em CaCl₂ = 5,2; K, Ca, Mg, H + Al, respectivamente, 0,64; 6,31; 2,37; 4,69 cmol_c dm⁻³; T = 14 cmol_c dm⁻³ e V = 66,52%; M.O. = 22,17 g dm⁻³; P = 7,70 mg dm⁻³; pH em CaCl₂ = 5,1; K, Ca, Mg, H + Al, respectivamente, 0,61; 6,19; 2,49; 4,07 cmol_c dm⁻³; T = 13,35 cmol_c dm⁻³ e V = 69,53%.

6.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para cada safra, foram realizados três experimentos no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, em cobertura. No primeiro foram avaliados cinco doses de N (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹), no segundo foram avaliados cinco doses de P (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹) e no terceiro, cinco doses de K (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹). Os elementos foram fornecidos via fertilizantes, (uréia utilizada como fonte de N, super fosfato simples para P₂O₅ e cloreto de potássio para fornecimento de K₂O), totalizando 20 unidades experimental. O experimento foi conduzido numa área experimental de 1.020 m² no total. As parcelas foram constituídas de sete linhas com espaçamento de 0,5 m entre linhas, com comprimento de 4,0 m, correspondendo a uma área total de 14,0 m² e área útil de 4,0 m², pois foi desprezada uma linha de cada lado da parcela, que representando a bordadura. No entanto foram utilizadas as duas linhas centrais para avaliação do tecido foliar. Os blocos foram separados por corredores de 1,0 m.

6.2.3 IMPLANTAÇÃO E MANEJO CULTURAL DO EXPERIMENTO

A semeadura foi realizada em duas safras agrícolas 2021/22 e 2022/23 em sistema de semeadura direta. Foi utilizado a cultivar BRS Sanhaço, com porte médio de 77 cm, possui ciclo médio com espigamento entorno de 67 dias e maturação fisiológica de 112 dias. É uma cultivar com alto potencial produtivo, estabilidade de rendimento e boa resistência ao acamamento. Possui características de grão duro, boa capacidade de perfilhamento e apresenta boa resistência às manchas foliares, giberela e debulha (Embrapa, 2022).

Para o manejo da fertilidade não foi realizada a calagem e a gessagem, pois não houve necessidade conforme a análise de solo e de acordo com o manual de adubação e calagem do Paraná. Já com relação a adubação, esta foi realizada de acordo com a análise de solo, sendo utilizado o formulado 10-15-15 para ambos experimentos. A semeadura do trigo da safra 2021/2022 foi realizada no dia 07 de maio e o segundo experimento foi semeado dia 14 de junho de 2022, sendo realizada de forma mecanizada a uma profundidade de 2 cm e utilizando a densidade de semeadura de 368 sementes por metro quadrado. O sistema de cultivo do trigo foi do tipo sequeiro, sem irrigação. A adubação de cobertura foi realizada a lanço, no estágio do afilhamento da cultura seguindo a quantidade de adubo pré-estabelecida (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹) de N, P e K.

Durante a condução do experimento foram realizados tratos culturais adequados como a capina semanalmente entre as linhas e parcelas e catação manual para o controle das plantas daninhas, nos estádios iniciais e aplicação de herbicida a base de metsulfurom metílico, na dose de 3,3 a 6,6 g ha⁻¹ e Sal de dimetilamina de (2,4-dichlorophenoxy) acetic acid (2,4-D), na dosagem de 0,4 L p.c. ha⁻¹, nos estágios de desenvolvimento de pré-perfilhamento e espigamento do trigo. Foi também realizado o controle de formigas com o emprego de formicidas granulados, a base de Fipronil, no combate das mesmas.

6.2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS: AMOSTRAGEM E AVALIAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Após a colheita do trigo, foram coletadas sete amostras simples de solo, com auxílio de trado tipo Sonda, em cada parcela dentro da área útil e nas linhas e entre linhas de semeadura, as quais constituíram uma amostra composta para análise, conforme metodologia descrita por Lana *et al.* (2016). As amostras foram coletadas na profundidade de 0,00-0,20 m e acondicionadas em sacos plásticos. As avaliações foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas (LABSOLOFERT) da UNIOESTE de Marechal Cândido Rondon. As amostras foram secas em estufa e posteriormente passadas em peneira de 2 mm para a avaliação dos teores de P e K.

6.2.5 TEOR NUTRICIONAL FOLIAR

Foram realizadas avaliações da condição nutricional da planta. Para a cultura do trigo foram coletadas 80 folhas do terço superior, no início do florescimento. O material vegetal foi armazenado e identificado em sacos de papel e levados a uma estufa de circulação forçada de ar para secagem, a uma temperatura de 65 °C por um período de 48 horas, até atingir massa constante. Após esse período, elas foram moídas em um micro moinho tipo Willey para determinação do teor foliar de nutrientes.

No laboratório de Fertilidade de Solos e Nutrição Mineral de Plantas (LABSOLOFERT) da UNIOESTE foram realizadas as análises para determinação dos teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio. A determinação do teor nutricional de N foi pela destilação em sistema semi-micro Kjeldahl. O teor de P consistiu por meio da espectrofotometria UV-VIS, e o K pela fotometria de chama, conforme metodologia descrita por Lana *et al.* (2016).

6.2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e aplicado o teste F em nível de 5% de probabilidade de erro, sendo significativo foi aplicado a análise de regressão, *com software SISVAR* (Ferreira, 2019).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentado o resumo geral da análise de variância, dos teores de P e K no solo e N, P e K nas folhas de plantas de trigo, onde observou-se que não houve efeito significativo para cada elemento nos três experimentos e para as variáveis estudadas na safra 2021/22. Fatores como dinâmica dos nutrientes no solo, absorção e translocação, transpiração e estresse hídrico, podem está relacionados com os resultados.

A planta por meio da raiz consegue absorver determinados macro e micronutrientes presentes na solução do solo, por meio da difusão e fluxo de massa, para depois ocorrer a translocação. A quantidade de nitrogênio absorvida varia durante o ciclo de desenvolvimento da planta em função da quantidade de raízes e da taxa de absorção por unidade de peso de raiz (moles NO_3^- ou NH_4^+ $\text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$ raiz). Normalmente, essa quantidade aumenta progressivamente durante o período de crescimento vegetativo, atinge o máximo durante os estádios reprodutivos e cai na fase de enchimento dos grãos (Cregan; Berkum, 1984).

A absorção desses elementos em determinados solos com capacidade difusivas diferentes, podem sofrer mudanças, como por exemplo a eficiência do uso do fósforo pelas plantas. Esses processos podem variar com o tipo e o preparo do solo, a espécie de planta, os seus genótipos e cultivares e com o ambiente (Baligar; Fageria, 1999; Anghinoni, 2004), envolvendo um sincronismo no sistema solo-planta-raiz.

Com relação ao potássio, este elemento é segundo nutriente requerido em maiores quantidades pelas culturas. É um elemento com alta mobilidade, fatores como pH do solo, deficiência hídrica, ataque de ervas daninhas, e pragas e doenças, dificultam a absorção do potássio presente no solo. Para que uma cultura seja capaz de absorver o potássio disponível no solo, ele precisa estar numa forma biodisponível, o qual corresponde à quantidade potencial de um nutriente no solo que é capaz de ser absorvido por organismos durante determinado período tempo (Marchioto, 2023).

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente a análise vegetal e solo de plantas de trigo em função da adubação associados a doses de P_2O_5 e K_2O , na safra 2021/22, no município de Marechal Cândido Rondon.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	
		Solo	Vegetal
Experimento de P			
Bloco	3	33 ^{ns}	0,80 ^{ns}
Doses de P_2O_5	4	251 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Linear	1	42 ^{ns}	0 ^{ns}
Quadrática	1	461 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Desvio da regressão	2	250 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Resíduo	12	196	0,30
Total	19		
Experimento de K			
Bloco	3	0,16 ^{ns}	91 ^{ns}
Doses de K_2O	4	0,08 ^{ns}	67 ^{ns}
Linear	1	0,08 ^{ns}	155 ^{ns}
Quadrática	1	0,10 ^{ns}	13 ^{ns}
Desvio da regressão	2	0,07 ^{ns}	50 ^{ns}
Resíduo	12	0,10	109
Total	19		

ns-não significativo, *- significativo a 5% de probabilidade do teste F; **- significativo a 1% de probabilidade do teste F. Fonte: Elaborado pelos autores

Outro fator que pode está relacionado com os resultados obtidos no estudo, são as elevadas temperaturas mostradas na figura 1, onde na safra 2021/22 houve variação entorno de 21 a 36 °C durante o desenvolvimento da cultura. O trigo é uma cultura de inverno que necessita de temperatura mais frias entorno de 10 a 19 °C, evidenciando que a cultura foi drasticamente afetada devido as elevadas temperaturas constatadas no estudo.

As plantas de trigo, por via de regra, se desenvolvem melhor entre 15 °C a 20 °C. A umidade também é um fator importante, com disponibilidade hídrica que pode variar de 120 mm no início do desenvolvimento até 40 mm nos meses de perfilhamento e espigamento. Vale ressaltar que as condições climáticas e tipo de solo são fatores que interferem diretamente no desenvolvimento das plantas (Baptistella, 2020).

Elevadas temperaturas ocasionam determinadas consequências como, baixa umidade no solo, evapotranspiração, ou seja, ocasiona a perda de água pela evaporação do solo e transpiração das plantas, entre outros, afetando assim a consolidação da cultura no campo. O estresse provocado por altas temperaturas é um dos principais fatores ambientais que limitam a produção de trigo, em muitas partes do mundo, provoca alterações em diversos processos

metabólicos, prejudicando a fotossíntese, culminando em perdas significativas no rendimento de grãos (Ribeiro *et al.*, 2012a).

Na tabela 2, são mostrados dados médios referentes aos teores nutricionais que não apresentaram efeitos significativos nos experimentos de N, P e K.

No trigo, diferentes causas associadas ao clima podem afetar os rendimentos, como geadas no florescimento ou no espigamento, seca após a semeadura e na fase de enchimento de grãos, excesso de chuvas na colheita, além da ocorrência de pragas e doenças. A condição de clima subtropical do Sul do Brasil desafia a produção de cereais de inverno por ser uma região normalmente úmida e sujeita a temperaturas baixas no inverno e começo da primavera, com formação de geadas, e, ao mesmo tempo, podendo ser assolada por temperaturas elevadas e clima seco (Pasinato, 2020).

Tabela 2. Números médios da análise vegetal e solo de plantas de trigo em função da adubação associados a doses de P_2O_5 e K_2O na safra 2021/22, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico

VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE P					Média
	0	25	50	100	200	
	Kg.ha⁻¹					
Solo (mg dm ⁻³)	37	16	28	30	35	29
Vegetal (g kg ⁻¹)	2	1	1	2	2	1,6
VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE K					Média
	0	25	50	100	200	
Solo (mg dm ⁻³)	0,96	0,81	1	0,84	1,75	1
Vegetal (g kg ⁻¹)	18	16	23	19	26	20

Fonte: Elaborado pelos autores

Foram constatadas elevadas temperaturas e baixas precipitações (Figura 1), desde os estádios iniciais até a maturação. Para que haja a consolidação da cultura é necessário que os pilares da produção vegetal, solo-planta-ambiente esteja agindo de forma correta. Isso mostra que os valores encontrados no estudo foram prejudicados pelos fatores adversos de clima (temperatura, fotoperíodo, umidade do ar, precipitação e evapotranspiração) e tempo, onde a tríade solo-planta-ambiente promovem alterações físico-química e biológica, quando interagem com a água.

Afeta diferentes estágios de desenvolvimento do trigo; provocando redução na germinação e no vigor das plântulas afetando o estande final. Nas fases de planta adulta até o final do ciclo, reduz a estatura das plantas, a duração do ciclo, o número de grãos por espiga e o peso médio dos grãos. Na fase reprodutiva, desde diferenciação floral até a floração, os impactos são mais acentuados, pela redução do número de espiguetas, número de flores por

espigueta e esterilidade das flores. Na fase final do ciclo, altas temperaturas afetam o acúmulo de fotoassimilados no enchimento dos grãos, o resulta em menor peso médio dos grãos (Ribeiro *et al.*, 2012b).

De acordo com o resumo geral da análise de variância, observou-se que não houve efeito significativo, para os fatores estudados referente aos experimentos com N, P e K, para a safra de 2022/23 (Tabela 3).

Estes resultados podem estar relacionado ao estresse hídrico, pois, assim como apresentado na figura 2, na safra 2022/23 houve uma baixa precipitação durante o ciclo do trigo, desencadeando a falta de água desde a semeadura até o estágio de alongamento, caracterizando-se um período de estabelecimento e desenvolvimento da cultura no campo, sendo a água um dos principais fatores que contribui para desencadear tal processo.

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente a análise vegetal e solo de plantas de trigo em função da adubação associados a doses de P_2O_5 e K_2O , na safra 2022/23, no município de Marechal Cândido Rondon.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO	
		Solo	Vegetal
Experimento de P			
Bloco	3	75 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Doses de P_2O_5	4	4 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Linear	1	0,59 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Quadrática	1	1 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Desvio da regressão	2	7 ^{ns}	0,22 ^{ns}
Resíduo	12	130	0,19
Total	19		
Experimento de K			
Bloco	3	0,38 ^{**}	82 [*]
Doses de K_2O	4	0,02 ^{ns}	10 ^{ns}
Linear	1	0,06 ^{ns}	0,10 ^{ns}
Quadrática	1	0,01 ^{ns}	24 ^{ns}
Desvio da regressão	2	0,05 ^{ns}	9 ^{ns}
Resíduo	12	0,03	18
Total	19		

ns-não significativo, *- significativo a 5% de probabilidade do teste F; **- significativo a 1% de probabilidade do teste F. Fonte: Elaborado pelos autores

O estresse hídrico se estende nos estádios de espigamento e florescimento, afetando diretamente no aparecimento da inflorescência, enchimento de grãos e conseqüentemente na produtividade. O trigo é muito sensível ao estresse hídrico durante os períodos de

perfilhamento e enchimento de grãos e podem causar alto impacto na atividade fotossintética e no aproveitamento do nitrogênio, fundamental para a cultura.

Uma das consequências que está relacionadas ao estresse hídrico, é a absorção de nutrientes pelas raízes, pois a água tem o papel fundamental de ajudar na translocação e absorção dos nutrientes, minerais, e afins, para que assim possa chegar até a parte superior das plantas. Neste estudo, a precipitação foi inferior a quantidade necessária exigida pela cultura, relacionado a altas temperaturas pode ter influenciado diretamente na absorção das doses aplicadas, tendo um efeito contrário ao esperado. Assim, estratégias que possam minimizar os efeitos da falta de água ajudam a planta a enfrentar o stress nestes períodos, como a promoção do desenvolvimento do sistema radicular, em especial o que se desenvolverá entre o perfilhamento e estágio de 2º nó. Um sistema radicular mais eficiente promoverá a absorção de água e nutrientes, reduzindo a regressão dos perfilhos durante o alongamento do caule. Por esta razão, áreas com fósforo disponível no período de perfilhamento é altamente recomendado, onde os déficits hídricos ocorrem frequentemente, por ser fundamental como fonte de energia para o desenvolvimento de raízes (Weber, 2020).

Na tabela 4, são mostrados os dados médios referentes aos teores nutricionais que não apresentaram efeitos significativos no experimento de trigo. Na planta acontece um processo natural denominado transpiração, que nada mais é que a perda de água por evaporação. No entanto, esse processo intensifica-se por meio de elevadas temperaturas, ocasionando maior perda de água pela planta.

Tabela 4. Números médios da análise vegetal e solo de plantas de trigo em função da adubação associados a doses de P_2O_5 e K_2O na safra 2022/23, no LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico

VARIÁVEIS	EXPERIMENTO DE P					Média
	0	25	50	100	200	
	$Kg.ha^{-1}$					
Solo	32	30	29	32	30	30,6
Vegetal	2	2	2	2	3	2,2
EXPERIMENTO DE K						
Solo	0,88	0,94	0,89	0,72	0,75	1
Vegetal	24	24	28	25	24	25

Fonte: Elaborado pelos autores

Mesmo pequenos desequilíbrios entre a absorção e o transporte de água e a perda desta para a atmosfera podem causar déficits hídricos e o funcionamento ineficiente de inúmeros

processos celulares (Taiz; Zaiger; Moller; Murfhy, 2017). O déficit hídrico é o principal fator limitante para o desenvolvimento das culturas em solos agricultáveis (Boyer, 1982). Constitui-se, ainda, na maior causa de variabilidade dos rendimentos de grãos observados de um ano para outro, contribuindo para limitar a obtenção de elevadas produtividades.

O trigo é uma cultura que fornece palhada para as culturas de verão, como soja e milho, e possui uma elevada demanda nacional de grãos. Plantas com disponibilidade adequada de água, luz e nutriente, apresentam uma taxa de crescimento maior, têm uma melhor estrutura de produção, com um sistema radicular mais profundo, e produzem um maior número de vagens e de sementes, o que resulta em maiores produtividades (Conab 2017), favorecendo seu desempenho nutricional e um potencial produtivo mais elevado.

6.4 CONCLUSÃO

Os teores nutricionais da cultura do trigo relacionados a análise de solo e tecido foliar, não apresentaram efeito significativo em respostas a adubação com N, P₂O₅ e K₂O em cobertura, nas condições de um Latossolo Vermelho Eutroférico de Marechal Cândido Rondon-PR.

6.5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

6.6 REFERÊNCIAS

ANGHINONI, I. **Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada.** In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. **Fósforo na agricultura brasileira.** Piracicaba: POTAFOS, 2004.

BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N.K. **Plant nutrient efficiency: Towards the second paradigm.** In: SIQUEIRA, J.O. *et al.* **Interrelação Fertilidade do solo, biologia do solo e nutrição de plantas.** 1ª edição. Lavras: SBCS:UFLA, 1999.

BAPTISTELLA, J.L.C. **Trigo: o que você precisa saber sobre a produção da cultura.** Porto Alegre: Aegro, 2020. Disponível em:

<https://blog.aegro.com.br/trigo/#:~:text=Vale%20ressaltar%20que%20as%20condi%C3%A7%C3%B5es,de%20plantio%20e%20de%20colheita.>

BEDIN, F. *et al.* Efeito de doses de adubo orgânico no desenvolvimento inicial de plantas de trigo, **Ciência Agrícola**, n. 3, p. 13-20, 2022.

BOYER, J. S. Plant productivity and environment. **Science**, n. 1, p. 443-448, 1982.

BRUM, A. L.; MULLER, P. K. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas, **Revista de Economia Rural**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 145-169, 2008.

CAMBRUZZI, A. J. **Resposta da cultura do trigo à adubação de base com doses crescentes de nitrogênio e fósforo com sementes co inoculadas com rizobactérias**. 2014. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul- Paraná, Laranjeiras do Sul, 2014.

CONAB. **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017.

CREGAN, P.B., BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity, **Theoretical and Applied Genetics**, n. 1, p.97-111, 1984.

EMBRAPA SOJA. **Trigos para a alimentação humana e animal são destaques da Embrapa no Show Rural de Inverno**. Brasília: Portal Embrapa, 2022. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/72941595/trigos-para-a-alimentacao-humana-e-animal-sao-destaques-da-embrapa-no-show-rural-de-inverno#:~:text=Sul%20\(3\).- ,Trigo%202D%20BRS%20Sanha%C3%A7o,gl%C3%BAten%20e%20estabilidade%20de%20farinha](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/72941595/trigos-para-a-alimentacao-humana-e-animal-sao-destaques-da-embrapa-no-show-rural-de-inverno#:~:text=Sul%20(3).- ,Trigo%202D%20BRS%20Sanha%C3%A7o,gl%C3%BAten%20e%20estabilidade%20de%20farinha).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system to fixed effects split plot type designs, **Revista Ciência Brasileira de Biometria**, n. 37, p. 529-535, 2019.

LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FEY, R.; RICHART, A.; FONTANIVA, S. **Análise química de solo e de tecido vegetal: metodologias analíticas**. 2 edição. Cascavel: EDUNIOESTE, 2016.

MARCHIOTO, P. **Fatores que afetam a absorção de potássio pelas plantas**. São Paulo: Camda, 2023. Disponível em : <https://camda.com.br/Comunicacao/Noticias/noticia.php?Fatores-que-afetam-a-absor%C3%A7%C3%A3o-de-pot%C3%A1ssio-pelasplantas¬icia=bm90aWNpYT04NQ==>

MOREIRA, A. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. **Altas climáticas do estado do Paraná**. 1. Ed. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2019.

PASINATO, A. **Planejamento pode evitar perdas por geada no trigo**. Brasília: Embrapa Trigo, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53614175/planejamento-pode-evitar-perdas-por-geada-no-trigo>

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996.

RIBEIRO, G. *et al.* Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância, **Revista Brasileira de Agrociência**, n. 2, p.133-142, 2012.

SILVA, A. N. *et al.* Doses de potássio no trigo cultivado em sucessão ao milho silagem, **Revista Enciclopédia Biosfera**, n. 23, p. 509-520, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TOSCANI, R. G. da S.; CAMPOS, J. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos intensamente intemperizados, **Geociências**, n. 2, p. 259 – 274, 2017.

WEBER, F. **A adubação do trigo pode ajudar a enfrentar o estresse hídrico?**. Rio Grande do Sul: Timac Agro Brasil, 2020. Disponível em: <https://blog.timacagro.com.br/producao-vegetal/a-adubacao-do-trigo/>

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

7 CONCLUSÕES GERAIS

Para o experimento referente aos caracteres agronômicos da cultura do girassol, na safra 2020/21 a altura de plantas foi favorecida com a adubação N e P_2O_5 evidenciando maior estatura. A adubação com N mostrou-se eficaz, favorecendo a produtividade e resultando em ganhos significativos com a adubação nitrogenada e potássica. Na safra 2021/22, a altura de plantas também foi favorecida com a adubação N e P_2O_5 e para os demais caracteres não houve efeito significativo. Diante dos resultados apresentados, no que se refere ao fácil cultivo, boa adaptabilidade e resultados positivos para determinados caracteres, quando associado a doses corretas de NPK, o girassol é uma fonte alternativa de cultivo para a região.

Para a cultura do trigo referente aos caracteres agronômicos, na safra 2021/22 o número de espiguetas por espigas foi favorecida com a adubação N e P. A adubação com N mostrou-se eficaz para o número de grãos por espigas, e resultou em ganhos significativos na produtividade. Na safra 2022/23, não houve efeito significativo para os caracteres agronômicos estudados.

Para o experimentos referente aos teores nutricionais da cultura do girassol, na safra 2021/22, não houve efeito significativo para cada elemento nos três experimentos e para as variáveis estudadas, em respostas a adubação com N, P_2O_5 e K_2O em cobertura. Na safra 2022/23, houve resultados significativo para os teores nutricionais referente ao solo, no experimento de P (42 mg dm^{-3}) referentes a doses de 200 kg ha^{-1} e K ($1,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na dose de 50 kg ha^{-1} .

Os teores nutricionais da cultura do trigo relacionados a análise de solo e tecido foliar, não apresentaram efeito significativo em respostas a adubação com N, P_2O_5 e K_2O em cobertura, nas condições de um Latossolo Vermelho Eutroférico de Marechal Cândido Rondon-PR.