

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**DENSIDADE, ADUBAÇÃO NITROGENADA E MARCHA
NUTRICIONAL EM GIRASSOL DE CORTE**

TIAGO LEDESMA TAIRA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2025

DENSIDADE, ADUBAÇÃO NITROGENADA E MARCHA NUTRICIONAL EM GIRASSOL DE CORTE

TIAGO LEDESMA TAIRA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. JOSÉ CARLOS SORGATO

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

T134d Taira, Tiago Ledesma

DENSIDADE, ADUBAÇÃO NITROGENADA E MARCHA NUTRICIONAL EM
GIRASSOL DE CORTE [recurso eletrônico] / Tiago Ledesma Taira. -- 2026.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: José Carlos Sorgato.

Coorientadores: Nereu Augusto Streck, Lilian Osmari Uhlmann .

Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2025.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Horticultura Ornamental. 2. Pós-colheita. 3. Nutrição Mineral. 4. *Helianthus annuus*. 5.
Vincent's Choice. I. Sorgato, José Carlos. II. Streck, Nereu Augusto. III. Uhlmann, Lilian Osmari.
IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**DENSIDADE, ADUBAÇÃO NITROGENADA E MARCHA NUTRICIONAL EM
GIRASSOL DE CORTE**

por

TIAGO LEDESMA TAIRA

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTOR EM AGRONOMIA

Aprovada em: 12/12/2025.

Documento assinado digitalmente
 **JOSE CARLOS SORGATO**
Data: 08/06/2026 22:53:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Carlos Sorgato
Orientador - UFGD

Documento assinado digitalmente
 **MUNIR MAUAD**
Data: 09/06/2026 21:29:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Munir Mauad
UFGD

Documento assinado digitalmente
 **LUAN MARLON RIBEIRO**
Data: 09/06/2026 13:51:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luan Marlon Ribeiro
UFGD

Documento assinado digitalmente
 **NEREU AUGUSTO STRECK**
Data: 21/09/2026 12:34:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Nereu Augusto Streck
UFSM

Documento assinado digitalmente
 **PETTERSON BAPTISTA DA LUZ**
Data: 10/06/2026 17:42:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Petterson Baptista da Luz
UNEMAT

Documento assinado digitalmente
 **LAIS LEITE BARRETO**
Data: 11/06/2026 11:02:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Laís Leite Barreto
UFPB

AGRADECIMENTOS

A Deus e à Nossa Senhora, pela vida, pelas bênçãos e pela força concedida em cada etapa desta jornada. Sem a graça divina, nada disso seria possível.

Ao meu orientador, Professor Doutor José Carlos Sorgato, pela paciência, incentivo e disponibilidade inestimável ao longo de todo o desenvolvimento desta tese. Seu exemplo de profissionalismo e dedicação foi essencial para a concretização deste trabalho.

À minha esposa, Carolina de Arruda Queiróz Taira, e às minhas filhas, Manuela Queiróz Taira e Olívia Queiróz Taira, pelo amor incondicional, compreensão e apoio constantes. Em especial, agradeço o valioso suporte durante a condução e avaliações experimentais. Vocês são minha maior motivação e a minha base.

Aos meus pais, Alfredo Taira e Iracilda Ledesma Taira, exemplos de integridade, perseverança e amor. Tudo o que sou devo a vocês.

Ao meu irmão, Cleison Ledesma Taira, por abrir os caminhos e me ensinar que tudo é possível. Você sempre será um exemplo de amor e cuidado.

À minha irmã caçula, Deborah Ledesma Taira, por cuidar de mim e de todos aqueles que eu amo. Você sempre me dá esperança de dias melhores.

Agradeço a todos os responsáveis pelo Projeto Flores para Todos pela inestimável oportunidade de participação nas pesquisas e por permitir que eu faça parte desta história. Em especial ao Professor Doutor Nereu Augusto Streck, Professora Doutora Lilian Osmari Uhlmann e a Doutora Regina Tomiozzo, que não mediram esforços para auxiliá-me no desenvolvimento desta tese.

Aos amigos do Grupo de Ensino e Pesquisa em Horticultura Ornamental – GEHORTI, pelo companheirismo, pela colaboração nas atividades desenvolvidas e pelos momentos de aprendizado e descontração ao longo desta jornada. O trabalho se tornou mais leve e prazeroso graças à presença de cada um de vocês. Em especial, à Jackeline Schultz Soares e ao Luan Marlon Ribeiro por compartilharem seus conhecimentos e me direcionarem na minha vida acadêmica.

Aos amigos de trabalho da Universidade Federal da Grande Dourados, pelo apoio, incentivo e amizade ao longo desta caminhada. Em especial, ao João Augusto Machado da Silva, Camila Farah Borges da Silva e Ederson Marcelo Klein, cuja colaboração e presença tornaram o percurso mais leve e gratificante.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), pela orientação, dedicação e compartilhamento de conhecimentos; e as servidoras Cristina Machado e Rejane Manfré, pela cordialidade, disponibilidade e eficiência no andamento dos processos acadêmicos e administrativos.

A todos os que foram citados e àqueles que, mesmo não nomeados, de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, expresso minha sincera gratidão.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPÍTULO I – DENSIDADES DE PLANTIO E ADUBAÇÃO NITROGENADA: EFEITOS NA PRODUÇÃO E PÓS-COLHEITA DO GIRASSOL DE CORTE	8
RESUMO	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS.....	20
DISCUSSÃO	25
CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
CAPÍTULO II – DINÂMICA DE ABSORÇÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM GIRASSOL DE CORTE (<i>Helianthus annuus</i> L.)	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
INTRODUÇÃO	34
MATERIAL E MÉTODOS	35
RESULTADOS.....	40
DISCUSSÃO	53
CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS	62

DENSIDADE, ADUBAÇÃO NITROGENADA E MARCHA NUTRICIONAL EM GIRASSOL DE CORTE

RESUMO GERAL

A presente tese investigou a otimização da produção e qualidade pós-colheita do girassol de corte (*Helianthus annuus* L.), cultivar 'Vincent's Choice', no contexto das demandas do mercado da floricultura. A pesquisa buscou trazer informações sobre o manejo agrônomo e a dinâmica nutricional específica dessa cultivar, distinta das cultivares destinadas à produção de grãos. O estudo foi estruturado em dois capítulos complementares que abordaram os efeitos de fatores de manejo e a caracterização da marcha de absorção de nutrientes. No primeiro capítulo, foram avaliados os impactos de duas densidades de plantio (20 e 32 plantas m^{-2}) e seis doses de adubação nitrogenada em cobertura (0, 10, 20, 30, 40 e 50 g N m^{-2}) sobre a produção e a longevidade pós-colheita. Os resultados evidenciaram uma interação significativa entre densidade e doses de N no diâmetro do capítulo. A combinação de baixa densidade de plantio (20 plantas m^{-2}) com a dose máxima de nitrogênio (50 g N m^{-2}) possibilitou a obtenção de capítulos com diâmetro médio superior a 60 mm, qualificando as hastes florais para o padrão de comercialização (Padrão Veiling Holambra). Em contrapartida, a longevidade da haste, o início do amarelecimento e a queda das flores liguladas, características de pós-colheita, não foram significativamente alterados pelos tratamentos, sugerindo que tais atributos são predominantemente determinados pelo genótipo da cultivar. O segundo capítulo determinou o acúmulo de matéria seca e da marcha de absorção de macro e micronutrientes na parte aérea da cultivar 'Vincent's Choice'. O acúmulo de matéria seca seguiu um padrão sigmoide, com o caule tornando-se o principal órgão de armazenamento de biomassa aos 36 dias após a emergência (DAE), superando as folhas. O Potássio (K) foi o macronutriente mais acumulado (2,316 g planta $^{-1}$), seguido pelo nitrogênio (N) (1,058 g planta $^{-1}$). Entre os micronutrientes, manganês (Mn) e zinco (Zn) apresentaram os maiores acúmulos. A análise dos Pontos de Inflexão (PI) revelou que a máxima taxa de absorção diária de N e K ocorreu, respectivamente, entre 32,85 e 33,95 DAE, período crítico de elevada demanda nutricional que abrange os estágios vegetativo e o início do reprodutivo. Adicionalmente, foi observada a remobilização de Fósforo (P), Magnésio (Mg) e Cobre (Cu) das folhas e do caule para o capítulo nas fases finais do ciclo, e uma alocação preferencial de K no caule, fator fundamental para a rigidez e qualidade estrutural da haste floral. Os resultados desta tese fornecem subsídios científicos inéditos para a formulação de programas de adubação de precisão e para a inserção da cultura nos parâmetros da Floricultura 5.0. A pesquisa enfatiza a importância de ajustar a densidade de plantio e sincronizar a oferta de insumos com os períodos de máxima demanda fisiológica, visando otimizar o manejo, garantir a qualidade comercial das hastes de 'Vincent's Choice' e alinhar a produtividade de alta performance com a sustentabilidade na floricultura nacional.

Palavras-chave: Horticultura Ornamental, Pós-colheita, Nutrição Mineral, *Helianthus annuus*, 'Vincent's Choice'.

DENSITY, NITROGEN FERTILIZATION, AND NUTRITIONAL PATTERN IN CUT SUNFLOWER

ABSTRACT

This thesis investigated the optimization of production and post-harvest quality of cut sunflower (*Helianthus annuus* L.), cultivar 'Vincent's Choice', within the context of floriculture market demands. The research sought to provide information on the agronomic management and specific nutritional dynamics of this cultivar, which is distinct from those intended for grain production. The study was structured into two complementary chapters that addressed the effects of management factors and the characterization of the nutrient uptake rate. In the first chapter, the impacts of two planting densities (20 and 32 plants m⁻²) and six topdressing nitrogen fertilization doses (0, 10, 20, 30, 40, and 50 g N m⁻²) on production and post-harvest longevity were evaluated. The results evidenced a significant interaction between density and N doses on the capitulum diameter. Only the combination of low planting density (20 plants m⁻²) with the maximum nitrogen dose (50 g N m⁻²) enabled obtaining flower heads with an average diameter exceeding 60 mm, qualifying the floral stems for the commercialization standard (Veiling Holambra Standard). In contrast, stem longevity, the onset of yellowing, and the dropping of ray florets—post-harvest characteristics—were not significantly altered by the treatments, suggesting that such attributes are predominantly determined by the cultivar's genotype. The second chapter determined the dry matter accumulation and the uptake rate of macro and micronutrients in the shoot of the 'Vincent's Choice' cultivar. Dry matter accumulation followed a sigmoid pattern, with the stem becoming the main biomass storage organ at 36 days after emergence (DAE), surpassing the leaves. Potassium (K) was the most accumulated macronutrient (2,316 g plant⁻¹), followed by nitrogen (N) (1,058 g plant⁻¹). Among the micronutrients, manganese (Mn) and zinc (Zn) showed the highest accumulations. The analysis of the Inflection Points (IP) revealed that the maximum daily absorption rate of N and K occurred, respectively, between 32.85 and 33.95 DAE, a critical period of high nutritional demand spanning the vegetative and the beginning of the reproductive stages. Additionally, the remobilization of Phosphorus (P), Magnesium (Mg), and Copper (Cu) from the leaves and stem to the capitulum was observed in the final stages of the cycle, as well as a preferential allocation of K in the stem, a fundamental factor for the rigidity and structural quality of the floral stem. The results of this thesis provide unprecedented scientific evidence for the formulation of precision fertilization programs and for the inclusion of the crop within the parameters of Floriculture 5.0. The research emphasizes the importance of adjusting planting density and synchronizing the supply of inputs with the periods of maximum physiological demand, aiming to optimize management, ensure the commercial quality of 'Vincent's Choice' stems, and align high-performance productivity with sustainability in national floriculture.

Keywords: Ornamental Horticulture, Post-harvest, Mineral Nutrition, *Helianthus annuus*, 'Vincent's Choice'.

INTRODUÇÃO GERAL

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta eudicotiledônea, herbácea e anual, pertencente à ordem Asterales, família Asteraceae e gênero *Helianthus*, o qual compreende cerca de 49 espécies e 19 subespécies, sendo 12 anuais e 37 perenes, todas nativas das Américas, onde ocorrem naturalmente em forma selvagem (TOMIOZZO et al., 2024).

Esta espécie é originária da América do Norte, onde foi domesticada por povos nativos do leste dos Estados Unidos por volta de 3.000 a.C. No século XVI, foi introduzida na Europa, inicialmente utilizada em paisagismo, e posteriormente melhorada geneticamente para produção de grãos e biodiesel. Retornou, então, aos Estados Unidos e foi disseminada para diversas regiões do mundo. No início do século XXI, o valor ornamental do girassol foi redescoberto, impulsionando o desenvolvimento de cultivares com aptidão específica para o uso em jardins, como flor de vaso ou de corte (BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2024).

A cultura do girassol é valorizada principalmente pelo elevado teor de óleo das sementes, sendo uma das principais fontes de óleo vegetal no mercado global. Além disso, as sementes e o óleo são amplamente utilizados na alimentação humana e animal, e em aplicações industriais, incluindo biocombustíveis, cosméticos e produtos farmacêuticos. As plantações de girassol também contribuem para a saúde do solo, devido ao seu sistema radicular profundo, e apresentam potencial em práticas de fitorremediação. A flor ainda exerce importância ornamental e ecológica, sendo atrativa para insetos polinizadores (MALUNJKAR et al., 2024).

O girassol destaca-se pela sua relevância econômica e potencial de expansão agrícola, devido à ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas. Além do valor produtivo, a estética dessa cultura favorece o turismo rural e a diversificação da produção agrícola. O aproveitamento do potencial do girassol ornamental associa-se aos valores sociais, ambientais e econômicos, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e ao conceito de agricultura sustentável (PUTTHA et al., 2023).

No Brasil, essa ideia tem sido concretizada pelo projeto “Flores para Todos”, o maior programa inclusivo de extensão em floricultura do país, liderado pela equipe PhenoGlad. Este projeto apresenta o girassol de corte como uma alternativa de fácil

manejo, baixo custo de produção, ciclo precoce, rusticidade e ampla adaptabilidade (STRECK et al., 2024; ALVES et al., 2025).

O setor de plantas ornamentais no Brasil vem demonstrando crescimento expressivo. Em 2023, o segmento movimentou mais de R\$ 19,9 bilhões, quase o dobro do valor registrado em 2017 (IBRAFLOR, 2024). Além do incremento econômico, destaca-se o papel social da floricultura, por ser o segmento agropecuário que mais emprega mulheres. O girassol de corte insere-se nesse contexto com grande potencial de mercado, especialmente no comércio local, onde pode alcançar valor agregado superior junto a floristas e consumidores de feiras livres (SHORT et al., 2017).

Apesar dessa relevância, a produção científica sobre o cultivo do girassol ainda se concentra, majoritariamente, em híbridos destinados à produção de grãos e óleo. As pesquisas envolvem temas como a produtividade e rendimento (AHMED et al., 2021; TURCHETTO et al., 2021; FOLLMANN et al., 2024), o manejo da irrigação (SHER et al., 2022; FERRAZZA et al., 2025), a botânica (KALENSKA et al., 2020; AMARAL et al., 2025), a fisiologia (DURUFLÉ et al., 2023; TAN et al., 2023), o melhoramento genético (LUKOMETS et al., 2021; HILLI e IMMADI, 2021; LATIF et al., 2025), densidade populacional (DA FONSECA et al., 2020; BUSHNEV et al., 2021) e adubação (AMARAL et al., 2024; SPAUTZ e RIGON, 2024).

No entanto, observa-se uma lacuna considerável de informações técnico-científicas específicas para o girassol de corte. Destaca-se a escassez de estudos sobre a interação entre a densidade de plantio e as doses de nitrogênio em cobertura para a otimização da arquitetura da planta e da qualidade e longevidade das hastes florais. Essa carência informativa impossibilita a compreensão plena dos efeitos da adubação na produção e na vida pós-colheita. Somado a isso, a inexistência da caracterização da marcha de absorção de nutrientes ao longo do ciclo de cultivo é um fator que compromete o manejo eficiente da cultura, podendo limitar a oferta de produtos de alta qualidade ao mercado florícola.

Alguns estudos demonstram que plantas da família Asteraceae são sensíveis à variação da densidade de plantio, resultando em alterações morfológicas. Em girassóis destinados à produção de aquênios, observou-se a influência da densidade no número de capítulos normais, altura de planta e diâmetro do capítulo, ressaltando que a densidade ideal varia conforme o material genético utilizado (IBRAHIM, 2012; FERREIRA et al., 2023). Para o híbrido de girassol de corte ‘Vincent’s Choice’ (Figura 1), pesquisas recentes indicam que o cultivo com menor densidade (10 plantas m⁻²) resulta em capítulos

e caules de maior diâmetro, além de maior número de folhas e área foliar. No entanto, concluiu-se que a densidade ideal para este híbrido é de 30 plantas m^{-2} , pois essa densidade permite um melhor aproveitamento do espaço, elevando o número de hastes florais por unidade de área sem perdas significativas na qualidade do produto (TOMASI et al., 2024). O adensamento de plantas de jambu (*Spilanthes oleracea* L.) aumentou o número de inflorescências (DE LIMA et al., 2021). Já em alface (*Lactuca sativa*), a menor densidade resultou em maior biomassa, volume radicular e diâmetro da cabeça (CAMPOS et al., 2022). Esse ajuste espacial é um componente fundamental da agricultura de precisão, visando a máxima eficiência por unidade de área.



FIGURA 1. Padrão visual do capítulo floral do híbrido de girassol de corte cv. ‘Vincent’s Choice’, caracterizado pelo disco central escuro e pétalas amarelo-ouro. UFGD, Dourados-MS, 2025.

No que se refere à adubação, as recomendações para o girassol de corte ainda são baseadas em experiências empíricas do Projeto Flores para Todos. Adota-se uma adubação de base com 50 g m^{-2} de NPK 5-20-20 incorporado ao solo antes do transplante, seguida por uma adubação de cobertura com 25 g m^{-2} de ureia (45% de N) e 25 g m^{-2} de

cloreto de potássio (60% de K₂O), entre 10 e 15 dias após o transplante (SOUZA et al., 2024). No entanto, para atender aos requisitos da Floricultura 5.0, é indispensável conhecer a dinâmica de absorção de nutrientes ao longo do ciclo. O conhecimento da marcha de absorção permite o ajuste preciso da adubação às demandas fisiológicas da cultura, maximizando a eficiência do uso de fertilizantes e reduzindo desperdícios (MATEUS et al., 2020; BAGAGIM et al., 2022; BERTINO et al., 2022).

Atualmente, não existem estudos consolidados que avaliem simultaneamente o efeito da adubação nitrogenada em cobertura e da densidade populacional na produtividade e qualidade do girassol de corte, bem como sua influência sobre a longevidade e desempenho pós-colheita das hastes florais. O entendimento desses fatores é essencial para promover a sustentabilidade do cultivo, aumentar a competitividade da cadeia produtiva e reduzir impactos ambientais, alinhando-se às diretrizes da FAO (2025) sobre o manejo racional de recursos.

Desta forma, este estudo visa analisar o efeito de duas densidades de plantas e doses de adubação nitrogenada em cobertura na produção e pós-colheita do girassol de corte cultivar ‘Vincent’s Choice’, bem como caracterizar sua curva de absorção de nutrientes. O objetivo é identificar os períodos de maior exigência nutricional e estabelecer protocolos técnicos que elevem a produção aos padrões de precisão e sustentabilidade exigidos pelo mercado contemporâneo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, MOHAMED A.; HASSAN, TAMER HA; ZAHRAN, HAMDY A. Heterosis for seed, oil yield and quality of some different hybrids sunflower. **OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids**, v. 28, p. 25, 2021.

ALVES, L. Z.; DE CARVALHO, J. S. B.; BARROS, A. M. F.; TOMIOZZO, R.; UHLMANN, L. O.; STRECK, N. A. Girassol de corte como alternativa de renda no Agreste Meridional de Pernambuco. **Ornamental Horticulture**, v. 31, p. e312818, 2025.

AMARAL, A. M.; DOS SANTOS, M. Â. C. M.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; DE BRITO, A. F. C. Influência da adubação nitrogenada no déficit hídrico de girassol. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 12, p. e179131247873-e179131247873, 2024.

MACENDO AMARAL, A.; CORDEIRO DE BRITO, A. F.; CRUZ MACÊDO DOS SANTOS, M. Â.; RODRIGUES DA SILVA, D. Crescimento morfológico foliar de girassol em resposta à água magnetizada e níveis de reposição hídrica. **Nativa**, v. 13, n. 1, p. 01-10, 2025.

BAGAGIM, J. B. C.; ARAÚJO, M. B.; TAVARES FILHO, G. S.; DE SOUSA, J. S. C.; DE OLIVEIRA, F. F.; DE SOUSA ARAÚJO, C. A. March of nutrient absorption and growth of fertigated melon'Gladial[®]. **Comunicata Scientiae**, v. 13, p. 1-7, 2022.

BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z.; LUZ, P. B.; PAIVA, P. D. O.; SORGATO, J. C. Apresentação - Introdução ao Girassol de Corte. In: TOMIOZZO, R.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; DE PAULA, G. M.; ALBERTO, C. M.; BOSCO, L.C.; DE SOUZA, A. G.; ROSSATO, O. B.; DA LUZ, P. B.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; LEI, L. (Org.). **Girassol de corte: Inovação e sustentabilidade na floricultura moderna**. 1ed. Santa Maria: Editora GR, 2024, v. 1, p. 27-30.

BERTINO, A. M.; FARIA, R. T. D.; JESUS, E. D. S.; ALVES, T. L.; CAZUZA, A.; BARBOSA, J. D. A. Macronutrient absorption rate of a Runner-type peanut cultivar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 6, p. 433-440, 2022.

BUSHNEV, A. S.; BORISENKO, O. M.; MAMYRKO, Y. V.; GRIDNEV, A. K. Impact of the seeding rate on the yield and its quality of the new sunflower hybrids. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. **IOP Publishing**, 2021. p. 012216.

CAMPOS, J. R.; DE CREDO ASSIS, K. C.; DO LIVRAMENTO, D. E. Desenvolvimento de alface cv. Salad bowl em função do espaçamento e diferentes coberturas vegetais. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e204111638100-e204111638100, 2022.

FONSECA, J.; AGUIRRE, T. R.; OLIVEIRA, C.; NASCIMENTO, W.; GOMES, V. V.; VILETE, V. F.; REIS, E. R.; SILVA, T. Desenvolvimento vegetativo inicial de girassol em função da adubação potássica e densidade populacional em clima tropical. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65136-65146, 2020.

DE LIMA, A. A.; FERREIRA, R. L. F.; DE CARVALHO, C. A. C.; DE ARAÚJO NETO, S. E.; DE SOUZA, L. G. Densidade de plantio e ambientes de cultivo na produção de biomassa de jambu em sistema orgânico. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 5, 2021.

DURUFLÉ, H.; BALLIAU, T.; BLANCHET, N.; CHAUBET, A.; DUHNEN, A.; POUILLY, N.; BLEIN-NICOLAS, M.; MANGIN, B.; MAURY, P.; LANGLADE, N. B.; ZIVY, M. Sunflower hybrids and inbred lines adopt different physiological strategies and proteome responses to cope with water deficit. **Biomolecules**, v. 13, n. 7, p. 1110, 2023.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Sustainable nitrogen management in agrifood systems: technical report 2025. Rome: FAO, 2025. 342 p. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/items/471bc50f-d855-47ff-80d8-361577cbcd99>. Acesso em: 26 abr. 2026.

FERRAZZA, C. M., PETRY, M. T., MARTINS, J. D., DANTAS, M. K., FAGAN, A. L., GONÇALVES, A. F., FERREIRA A. M.; VILLA, B. D. Estratégias de irrigação na produtividade da água e da cultura do girassol com base em experimentos de campo e modelação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 29, p. e286009, 2025.

FERREIRA, B. G. C.; KIKUTI, H.; KIKUTI, A. L. P.; PEREIRA, C. E. Desempenho agrônomo de variedades de girassol em função de populações de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 22, n. 3, p. 378-384, 2023.

FOLLMANN, D. N.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PEREIRA, A. C.; LORO, M. V.; SANTOS, E. D. D.; ROSA, G. B. D. Linear relationships in sunflower genotypes in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Ciência Rural**, v. 54, p. e20230201, 2024.

HILLI, HARSHAVARDAN J.; IMMADI, SHOBHA U. Evaluation of staygreen sunflower lines and their hybrids for yield under drought conditions. **Helia**, v. 44, n. 74, p. 15-41, 2021.

IBRAFLOR (2024) **O mercado de flores do Brasil** (01/2024). Disponível em: https://www.ibraflor.com.br/_files/ugd/5bcab9_1de516ce08144d058bd8167c5db12ca8.pdf

IBRAHIM, H. M. Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. **Apcbee Procedia**, v. 4, p. 175-182, 2012.

LATIF, A.; RAUF, S.; NAZISH, M.; ORTIZ, R. Evaluation of confectionary sunflower germplasm accessions and their derived hybrids. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 72, n. 3, p. 3069-3081, 2025.

LUKOMETS, V. M.; TRUNOVA, M. V.; DEMURIN, Y. Modern trends in breeding and genetic improvement of sunflower varieties and hybrids at VNIIMK. **Vavilov Journal of Genetics and Breeding**, v. 25, n. 4, p. 388, 2021.

MALUNJKAR, B.; LOKHANDE, R.; CHITODKAR, S. The Significance of Sunflower in Ecology and Agriculture. **AgroScience Today**, v. 5, n. 3, p. 0811-0813, 2024.

MATEUS, C. D. M. D. A.; CASTILHO, R. M. M. D.; SANTOS, P. L. F. D.; MOTA, F. D.; GODOY, L. J. G. D.; VILLAS BÔAS, R. L. Nutrients exportation by Tifdwarf bermudagrass from golf course greens. **Ornamental Horticulture**, v. 26, p. 422-431, 2020.

PUTTHA, R.; VENKATACHALAM, K.; HANPAKDEESAKUL, S.; WONGSA, J.; PARAMETTHANUWAT, T.; SREAN, P.; PAKEECHAI, K.; CHAROENPHUN, N. Exploring the potential of sunflowers: agronomy, applications, and opportunities within bio-circular-green economy. **Horticulturae**, v. 9, n. 10, p. 1079, 2023.

SHER, A.; SULEMAN, M.; SATTAR, A.; QAYYUM, A.; IJAZ, M.; ALLAH, S. U.; ELSHIKH, M. S. Achene yield and oil quality of diverse sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids are affected by different irrigation sources. **Journal of King Saud University-Science**, v. 34, n. 4, p. 102016, 2022.

SHORT, K.; ETHEREDGE, C. L.; WALICZEK, T. M. Studying the market potential for specialty cultivars of sunflower cut flowers. **HortTechnology**, v. 27, n. 5, p. 611-617, 2017.

SOUZA, G. S.; SORGATO, J. C.; ROSSATO, O. B. Exigências nutricionais do Girassol de corte. In: Regina Tomiozzo; Nereu Augusto Streck; Lilian Osmari Uhlmann; Gizelli Moiano de Paula; Cleber Maus Alberto; Leosane Cristina Bosco; Alexandra Goede de

Souza; Otavio Bagiotto Rossato; Petterson Baptista da Luz; Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante; Laís Lei. (Org.). **Girassol de corte: Inovação e sustentabilidade na floricultura moderna**. 1ed. Santa Maria: Editora GR, 2024, v. 1, p.89-110.

SPAUTZ, ABILIO; RIGON, GONSIORKIEWICZ, J. P. Adubação nitrogenada na cultura do girassol alto oleico. **Ambientes em Movimento**, v. 4, n. 2, p. 7-11, 2024.

STRECK, N.A.; TOMIOZZO, R. ; PAULA, G. M. de ; MAUS, C. A. ; FREITAS, C. P. O. ; BOSCO, L. C. ; SOUZA, A. G. ; ROSSATO, O. B. ; HOJO, E. T. D. ; PERBONI, A. T. ; CAVALCANTE, M. Z. B. ; LUZ, P. B. ; SORGATO, J. C. ; FONSECA, F. L. ; MOREIRA, M. A. ; PEREIRA, S. M. S. ; CARVALHO, J. S. B. ; BARROS, A. M. F. ; BARRETO, L. L. ; ZANON, J. A. ; et.al . O girassol de corte no Projeto Flores para Todos. In: TOMIOZZO, R.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; DE PAULA, G. M.; ALBERTO, C. M.; BOSCO, L.C.; DE SOUZA, A. G.; ROSSATO, O. B.; DA LUZ, P. B.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; LEI, L. (Org.). **Girassol de corte: Inovação e sustentabilidade na floricultura moderna**. 1ed. Santa Maria: Editora GR, 2024, v. 1, p. 239-313.

TAN, D.; ZHANG, L.; ZHANG, S.; CUI, B. Physiological response of four widely cultivated sunflower cultivars to cadmium stress. **Horticulturae**, v. 9, n. 3, p. 320, 2023.

TOMASI, T. C.; REIS, L. C.; TAIRA, T. L.; SOARES, J. S.; TOMIOZZO, R.; UHLMANN, L. O.; STRECK, N. A.; SORGATO, J. C. Plant density and location: optimization of growth and quality of cut sunflower in tropical and subtropical environments. **Plants**, v. 13, n. 19, p. 2810, 2024.

TOMIOZZO, R.; BARRETO, L. L.; CARVALHO, J. S. B.; BARROS, A. M. F.; BITTENCOURT, P.; SILVA, B. F.; NESI, B.; BONETTI, D.; UHLMANN, LILIAN O.; STRECK, N. A. Crescimento e desenvolvimento do girassol de corte. In: TOMIOZZO, R.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; DE PAULA, G. M.; ALBERTO, C. M.; BOSCO, L.C.; DE SOUZA, A. G.; ROSSATO, O. B.; DA LUZ, P. B.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; LEI, L. (Org.). **Girassol de corte: Inovação e sustentabilidade na floricultura moderna**. 1ed. Santa Maria: Editora GR, 2024, v. 1, p. 35-59.

TURCHETTO, R.; TROMBETTA, L. J.; ROSA, G. M. D.; VOLPI, G. B.; BARROS, S. Production components of sunflower cultivars at different sowing times. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, p. e68137, 2021.

CAPÍTULO I – DENSIDADES DE PLANTIO E ADUBAÇÃO NITROGENADA: EFEITOS NA PRODUÇÃO E PÓS-COLHEITA DO GIRASSOL DE CORTE

RESUMO

A floricultura é um setor em expansão, e o girassol de corte (*Helianthus annuus* L.) 'Vincent's Choice' destaca-se por seu potencial comercial. A otimização das práticas de manejo, como a interação entre densidade de plantio e adubação nitrogenada, necessita de investigação aprofundada. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de duas densidades de plantas (20 e 32 plantas m⁻²) e seis doses de adubação nitrogenada (0, 10, 20, 30, 40 e 50 g N m⁻²) em cobertura sobre a produção e a qualidade pós-colheita do girassol de corte 'Vincent's Choice' cultivado em Dourados, MS. O experimento de campo foi conduzido em DBC (delineamento de blocos ao acaso), em esquema fatorial 2x6, com quatro repetições, e DIC (delineamento inteiramente casualizado) para o de pós-colheita. Houve interação significativa entre densidade de plantas e doses de nitrogênio para o diâmetro do capítulo ($p = 0,042$). A densidade de 20 plantas m⁻² combinada com 50 g N m⁻² resultou em capítulos com diâmetro médio superior a 60 mm, sendo o único tratamento classificado como comercializável de acordo com o Padrão Veiling Holambra. Por outro lado, os parâmetros de qualidade pós-colheita, como longevidade, início do amarelecimento da haste e queda das flores liguladas não foram significativamente influenciados pelos tratamentos.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*; Longevidade; Nutrição mineral; Qualidade floral; 'Vincent's Choice'.

PLANTING DENSITY AND NITROGEN FERTILIZATION: EFFECTS ON PRODUCTION AND POSTHARVEST QUALITY OF ORNAMENTAL CUT SUNFLOWER

ABSTRACT

The cut flower industry is an expanding sector, and the ornamental cut sunflower (*Helianthus annuus* L.) 'Vincent's Choice' stands out due to its commercial appeal. The optimization of crucial management practices, such as the interaction between planting density and nitrogen fertilization, requires in-depth investigation. This study aimed to evaluate the effects of two plant densities (20 and 32 plants m⁻²) and six nitrogen top-dressing rates (0, 10, 20, 30, 40, and 50 g N m⁻²) on the yield and postharvest quality of the 'Vincent's Choice' sunflower cultivated in Dourados, MS, Brazil. The field experiment was conducted in a Randomized Complete Block Design (RCBD) in a 2 x 6 factorial scheme, with four replications, and a Completely Randomized Design (CRD) was used for the postharvest experiment. A significant interaction was observed between density and nitrogen rates for the capitulum diameter ($p = 0.042$). The density of 20 plants m⁻² combined with 50 g N m⁻² resulted in capitula with an average diameter exceeding 60 mm, making it the only treatment classified as marketable according to the Veiling Holambra Standard. Conversely, postharvest quality parameters, such as longevity, onset of stem yellowing, and ray floret drop, were not significantly influenced by the treatments.

Keywords: *Helianthus annuus*; Longevity; Mineral Nutrition; Floral Quality; 'Vincent's Choice'.

INTRODUÇÃO

A floricultura tem se consolidado como um setor de crescente importância no agronegócio brasileiro. Este crescimento é impulsionado pelo aumento do consumo de serviços ligados à qualidade de vida, bem-estar e ao contato com a natureza (ALVES et al., 2025). Além de sua importância econômica, o setor desempenha um papel socioeconômico significativo, gerando empregos e renda, o que o torna uma opção atrativa para pequenos agricultores (RÊGO et al., 2019).

Dentro deste contexto, o girassol de corte (*Helianthus annuus* L.) destaca-se por sua rusticidade, ciclo rápido, baixo custo de produção e grande apelo visual. Sua capacidade de adaptação a diversas condições geográficas e fotoperiódicas confere-lhe um potencial único para a diversificação de culturas e o fortalecimento da agricultura familiar (BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2024).

Contudo, a otimização do manejo agrônômico para cultivares específicas, como a ‘Vincent’s Choice’, exige que a interação entre densidade de plantio e adubação nitrogenada seja analisada sob a ótica da agricultura de precisão. Para maximizar a produção e a qualidade ornamental das hastes, o refinamento dos fatores de cultivo é fundamental. Entre as decisões estratégicas, destacam-se a densidade de plantio, que regula a competição intraespecífica por recursos essenciais como luz, água e nutrientes (LI et al., 2019; MLADENOVIC et al., 2020), e a adubação nitrogenada. O nitrogênio (N) é um macronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento, sendo constituinte importante para a fotossíntese e síntese proteica (TOVAR HERNANDEZ et al., 2023).

Embora o adensamento possa otimizar o aproveitamento do espaço, densidades elevadas intensificam a competição por recursos, o que pode impactar negativamente o diâmetro do capítulo e a espessura da haste (LI et al., 2019; TOMASI et al., 2024).

Como o N é um dos nutrientes mais demandados pelo girassol, sua disponibilidade adequada é importante para o pleno desenvolvimento e para a redistribuição eficiente de fotoassimilados na planta (ZOBIOLE et al., 2010; COELHO et al., 2022). Nesse sentido, embora a densidade de plantas e a adubação nitrogenada possuam relevância individual, há uma interação esperada em que o rendimento e a qualidade das hastes florais respondem fortemente à combinação desses fatores (ZHU et al., 2026). A compreensão dessa sinergia é fundamental para a viabilidade de paradigmas como a Floricultura 5.0, que busca o equilíbrio entre produtividade tecnológica e a entrega de produtos que

atendam às exigências estéticas e sustentáveis do mercado. Segundo a FAO (2025), o manejo sustentável do N em sistemas modernos exige essa integração entre eficiência técnica e regeneração ambiental, otimizando a biomassa sem comprometer o ecossistema.

Apesar da alta demanda, o manejo do N deve ser racional. A otimização da dose é fundamental, pois o uso excessivo gera perdas econômicas e riscos como lixiviação e emissão de gases (MARTÍNEZ-DALMAU et al., 2021), enquanto a deficiência limita o potencial produtivo da cultura (MU e CHEN, 2021; REN et al., 2024). Considerando a dependência de fertilizantes químicos, a utilização eficiente exige atenção na tomada de decisões (CÔELHO et al., 2022). Portanto, determinar a dose de N que maximiza a produtividade e a qualidade da haste floral, minimizando o desperdício, é uma meta essencial para a sustentabilidade do setor.

Atualmente, a carência de estudos sobre essa combinação específica para o girassol de corte impede recomendações de manejo precisas e otimizadas para os produtores. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de duas densidades de plantas (20 e 32 plantas m⁻²) e seis doses de adubação nitrogenada (0, 10, 20, 30, 40, e 50 g N m⁻²) na produção e na qualidade pós-colheita de girassol de corte, cultivar ‘Vincent’s Choice’.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de 23 de agosto de 2022 a 31 de outubro de 2022, na área experimental da Jardinocultura da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul, cujas coordenadas geográficas são 22°11’45”S e 54° 55’18”W, com altitude de 446 m (Figura 1). O clima de Dourados/MS, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com estação chuvosa no verão e seca no inverno (ALVARES et al., 2013). O solo da área de cultivo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (SiBCS - Brazilian Soil Classification System), de textura argilosa (60%). O estudo foi composto por dois experimentos.

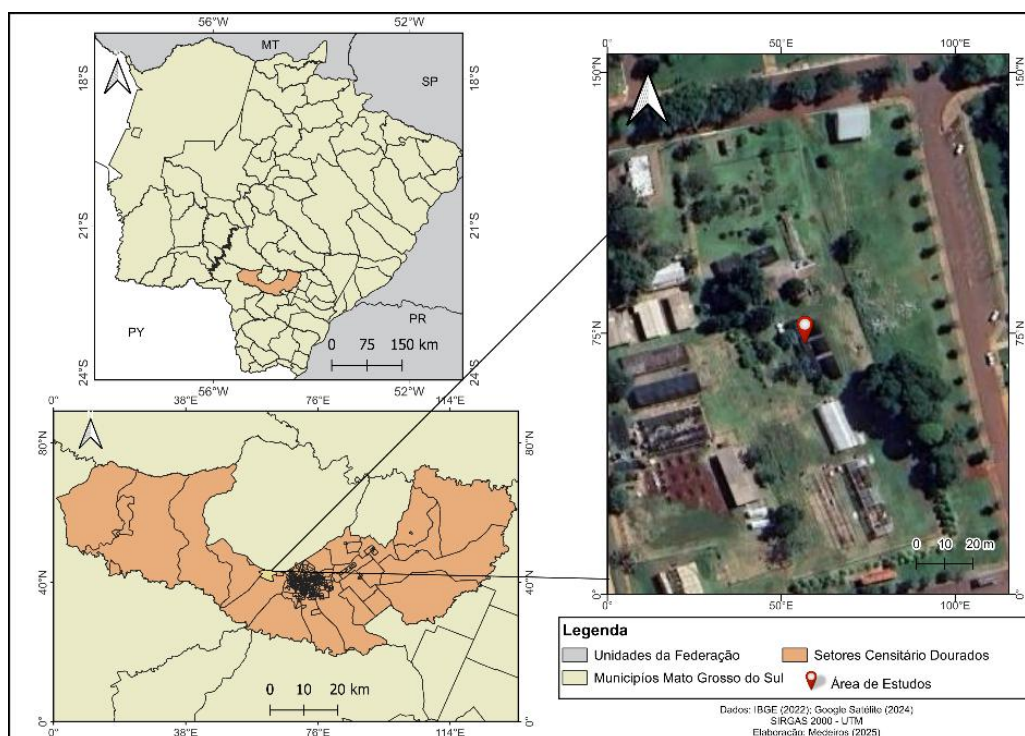


FIGURA 1. Área experimental da Jardinocultura da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Experimento 1 – Cultivo e produção de hastes florais a campo

Os dados climáticos de precipitação e temperaturas foram obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada na mesma cidade do presente estudo ($22^{\circ}16'31''\text{S}$, $54^{\circ}49'06''\text{W}$, 408m). A temperatura média no campo durante o período experimental foi de $21,6^{\circ}\text{C}$ (mínima = $19,1^{\circ}\text{C}$; máxima = $35,9^{\circ}\text{C}$) e a precipitação total acumulada foi de 219,4 mm (Figura 2).

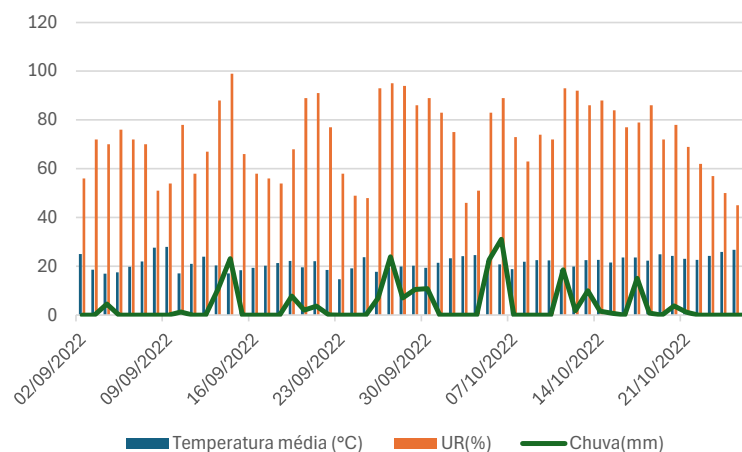


FIGURA 2. Variação diária da temperatura média ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (%) e precipitação (mm) em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

A produção de mudas ocorreu em ambiente protegido, com irrigação diária, até que as plantas atingissem o estágio ideal para transplante (10 dias após a semeadura). Esse estágio foi caracterizado pela abertura das folhas cotiledonares a um ângulo de 180°, o comprimento do limbo do primeiro par de folhas entre 1 e 2 cm, e formação de um torrão de raízes e substrato. A semeadura foi realizada em bandejas contendo 128 células e preenchidas com o substrato Carolina Soil® (turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante NPK; pH 5,5; condutividade elétrica 0,7 mS cm⁻¹) (Figura 3). Durante esse período, a temperatura máxima no ambiente protegido foi de 34,6 °C, a mínima de 12,7 °C e a média de 22 °C.



FIGURA 3. A) Sementes de girassol cultivar ‘Vincent’s Choice’; B) Semeadura em Dourados, Mato Grosso do Sul; C) Ponto de transplante e D) Mudas transplantadas. UFGD, Dourados, MS, 2025.

Previamente ao experimento, a área experimental estava coberta por um gramado de *Paspalum notatum* Flüggé. Após aração e gradagem, o material foi removido. Uma análise físico-química do solo foi realizada a partir de uma amostra composta por quatro subamostras por canteiro, coletadas na profundidade de 0 a 20 cm.

A correção e a adubação seguiram as recomendações do Projeto ‘Flores para Todos’, da Equipe PhenoGlad da Universidade Federal de Santa Maria (SOUZA et al., 2025). As características do solo são apresentadas na Quadro 1.

A adubação de plantio foi realizada com uma mistura de ureia (46% de nitrogênio), superfosfato simples (20% de P₂O₅) e cloreto de potássio (58% de K₂O), em proporções que fornecessem 25 kg de nitrogênio, 100 kg de fósforo e 100 kg de potássio por hectare (10.000 m²). O adubo foi distribuído homogeneamente sobre a área preparada e incorporado superficialmente ao solo, antes do transplante. Dez dias após o transplante (DAT), realizou-se a adubação de cobertura com 25 g m⁻² de cloreto de potássio e diferentes doses de ureia. As doses de nitrogênio corresponderam aos tratamentos, sendo as três maiores doses divididas em duas

aplicações (10 e 20 DAT) (Quadro 2). Todas as adubações foram feitas manualmente, a lanço, cobrindo a área total da unidade experimental.

QUADRO 1. Análise físico-química do solo da área experimental antes da correção, em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Análise Química											
Profundidade	pH	MO	S	P	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC	V
(cm)	CaCl ₂	g dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----			-----mmolc dm ⁻³ -----					%
0 - 20	4,76	33,19	6, 71	9,78	7,6	50,8	14,7	2,0	73,1	126,8	57,6
Análise Granulométrica											
Argila g kg ⁻¹			Silte g kg ⁻¹			Areia g kg ⁻¹					
600			140			260					

MO: matéria orgânica; P: fósforo; S: enxofre; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica, pH (CaCl₂); matéria orgânica (método de oxidação com dicromato); enxofre (método de extração com fosfato de cálcio); alumínio (método de extração com cloreto de potássio); e fósforo, cálcio, magnésio e potássio (método da resina). Todas as metodologias para caracterização química do solo foram realizadas de acordo com VAN RAIJ et al. (2001) e VITTI (1989).

QUADRO 2. Quantidade de ureia (46% N) necessária para fornecer as doses de nitrogênio (N) utilizadas como adubação de cobertura no cultivo do girassol de corte 'Vincent's Choice' no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Dose de Nitrogênio (g m ⁻²)	Ureia (g m ⁻²)	
	10 DAT	20 DAT
0	-	-
10	21,74	-
20	43,48	-
30	32,61	32,61
40	43,48	43,48
50	54,35	54,35

DAT – Dias após o transplante.

O delineamento do experimento foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 6, com quatro repetições, sendo duas densidades (20 e 32 plantas m⁻²) e 6 doses de nitrogênio (0, 10, 20, 30, 40, e 50 g N m⁻²), totalizando 48 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por canteiros elevados de 1 m de largura, 2 m de comprimento e 0,25 m de altura, com espaçamento de 1 m entre parcelas. Cada bloco (repetição) foi composto por dois canteiros

de 17 m lineares, com espaçamento de 0,5 m entre canteiros, totalizando uma área de 51 m² por repetição. A área total do experimento foi de 204 m² (Figura 4). A vista geral da condução da área experimental a campo, detalhando o sistema de irrigação e o tutoramento das plantas, é apresentada na Figura 5.

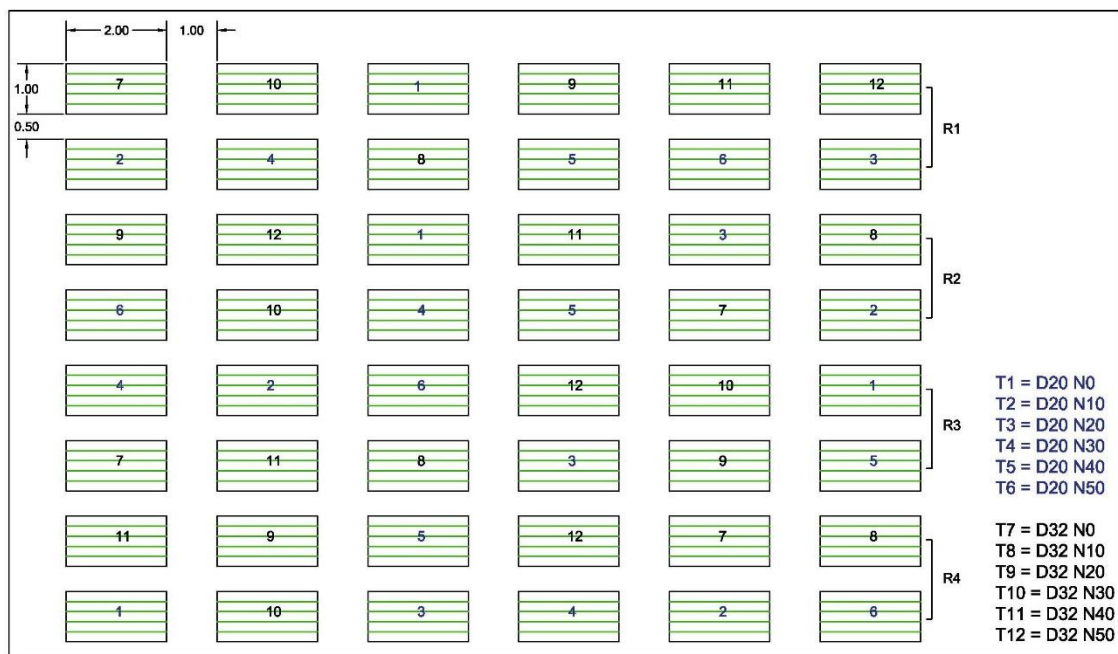


FIGURA 4. Croqui do delineamento experimental em blocos ao acaso utilizado no cultivo do girassol de corte a campo, ilustrando a disposição das 48 unidades experimentais, dimensões dos canteiros (2,00 x 1,00 m), linhas de plantio e a distribuição dos 12 tratamentos (T1 a T12) correspondentes à interação entre densidades de plantio (D) e doses de nitrogênio (N). UFGD, Dourados-MS, 2025.

Após o sorteio dos tratamentos nas unidades experimentais, as mudas foram transplantadas para o campo. As parcelas foram estabelecidas com quatro linhas, com espaçamento de 0,20 m entre linhas. Para a densidade de plantio de 20 plantas m⁻², o espaçamento entre plantas foi de 0,20 m (5 plantas por metro linear), enquanto para a densidade de 32 plantas m⁻², o espaçamento foi de 0,125 m (8 plantas por metro linear).

Durante o cultivo, foram realizadas capinas manuais com enxada, para controlar plantas invasoras. As irrigações por gotejamento foram realizadas periodicamente, conforme a necessidade da cultura, por aproximadamente 45 min, com vazão de 0,003 L min⁻¹ por bico. O tutoramento das plantas foi efetuado por estaqueamento de todas as parcelas com estacas de bambu nas quatro extremidades, e com o auxílio de fitilho plástico nas alturas de 0,3; 0,6 e 0,9

metros. O manejo fitossanitário foi realizado conforme necessário, usando inseticidas químicos (Tiametoxam, Imidacloprido e Beta-ciflutrina), biológicos (*Beauveria bassiana* e *Azadirachta indica*) e fungicida (Mancozebe), seguindo as instruções do fabricante.



FIGURA 5. Vista geral da condução do experimento a campo com girassol de corte cv. 'Vincent's Choice'. Detalhe para os canteiros elevados, sistema de irrigação por gotejamento, tutoramento das hastes com estacas de bambu e identificação das parcelas experimentais. UFGD, Dourados-MS, 2025.

Para avaliação, foram sorteadas e marcadas plantas nas duas linhas centrais de cada parcela. Os parâmetros avaliados foram: altura de plantas (AP), número de folhas que a planta acumulou na haste durante seu ciclo (NF), diâmetro do capítulo (DC), massa fresca do capítulo (MFC), massa seca do capítulo (MSC), diâmetro da haste padronizada com 70 cm (DH), massa fresca da haste (MFH), massa seca da haste (MSH), massa fresca da folha (MFF), massa seca da folha (MSF), número de dias para atingir as fases fenológicas reprodutivas R1 (Botão floral visível), R4 (Cor da flor visível) e R5 (Ponto de Colheita – flores liguladas a 90° com o disco do capítulo) (Quadro 3). Os pontos R1, R4 e R5 foram definidos seguindo a escala PhenoGlad (TOMIOZZO et al., 2024) (Figura 6).

QUADRO 3. Parâmetros avaliados no cultivo e produção de hastes florais de girassol de corte. UFGD, Dourados-MS, 2025

Parâmetro avaliado	Sigla	Informações
Altura de plantas	AP	
Diâmetro do capítulo	DC	
Massa fresca do capítulo	MFC	
Massa seca do capítulo	MSC	
Diâmetro da haste	DH	
Massa fresca da haste	MFH	Média de duas plantas no R5 por repetição
Massa seca da haste	MSH	
Massa fresca da folha	MFF	
Massa seca da folha	MSF	
Número de flores liguladas	NFL	
Número de folhas	NF	
Botão floral visível	R1	Média de seis plantas no R5 por repetição
Cor da flor visível	R4	
Ponto de colheita	R5	

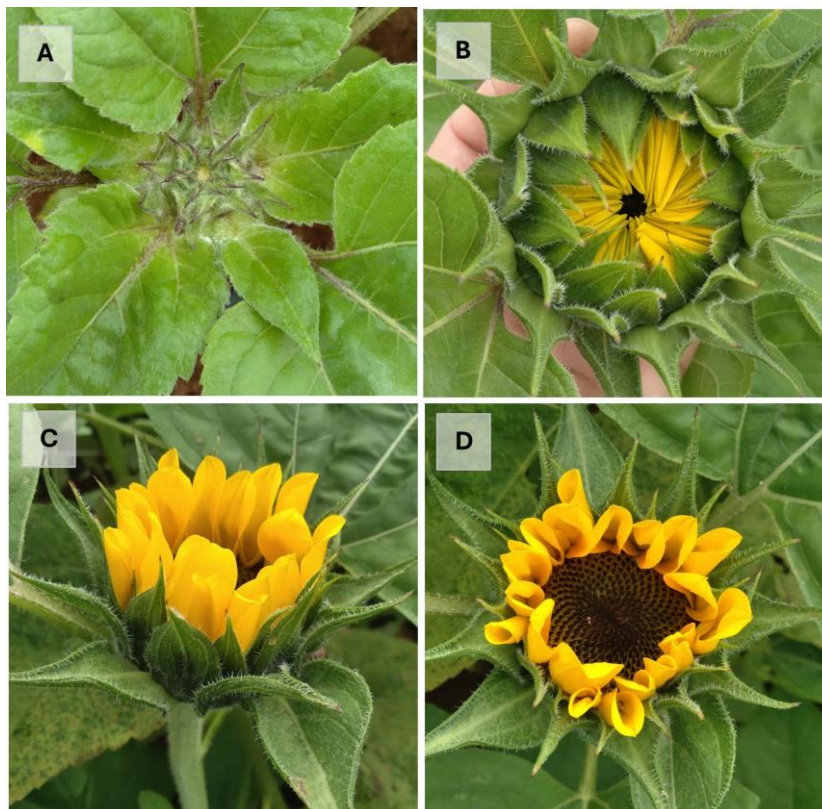


FIGURA 6. A) R1 - Botão floral visível; B) R4 - Cor da flor visível; C e D) R5 (Ponto de Colheita – flores liguladas a 90° com o disco do capítulo). UFGD, Dourados-MS, 2025

Experimento 2 – Pós-colheita

O experimento de pós-colheita foi conduzido com as hastes florais provenientes dos tratamentos do Experimento 1. As análises foram realizadas no Laboratório de Cultivo *in vitro* de Flores e Plantas Ornamentais, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Duas plantas foram colhidas aleatoriamente por parcela no ponto de colheita (R5) e cortadas rente à superfície do solo. Imediatamente após o corte a campo, as hastes foram alocadas em recipientes com água para hidratação e, na sequência, transportadas para o laboratório. Onde as folhas foram removidas e as hastes florais foram padronizadas com 0,7 m de comprimento.

Em seguida, as hastes foram acondicionadas em tubos de PVC, sendo alocadas duas hastes por tubo, os quais foram devidamente etiquetados para a identificação dos tratamentos (Figura 7). Cada recipiente foi preenchido com 200 mL de água (pH: 6,62; Condutividade: 110 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e Salinidade: 60 ppm), correspondendo a 100 mL por haste, com a troca da água realizada a cada 48 horas. As hastes florais foram mantidas em sala refrigerada a 25 °C (temperatura máxima de 29,7 °C, mínima de 14,8 °C e umidade relativa do ar média de 78,4% durante o experimento). A sala recebeu iluminação ambiente, e os dados térmicos e de umidade foram coletados via termo-higrômetro digital.



FIGURA 7. Avaliação de pós-colheita das hastes de girassol de corte cv. ‘Vincent’s Choice’ em laboratório. Detalhe para o acondicionamento das hastes padronizadas em recipientes com água e a identificação dos tratamentos. UFGD, Dourados-MS, 2025.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x6, com quatro repetições ($2 \text{ densidades} \times 6 \text{ doses} \times 4 \text{ repetições} = 48 \text{ unidades amostrais}$). Os fatores analisados foram densidades de plantas (20 e $32 \text{ plantas m}^{-2}$) e doses de nitrogênio em cobertura ($0, 10, 20, 30, 40$, e 50 g N m^{-2}) quanto a qualidade e ao tempo de prateleira. Cada unidade amostral foi composta de 2 hastes, totalizando 96 flores avaliadas no total.

As avaliações qualitativas das hastes florais seguiram o padrão Veiling Holambra para hastes – Padrão 70 – que exige: comprimento do caule de $0,70 \text{ m}$, diâmetro mínimo do caule de 8 mm e diâmetro do capítulo (flor aberta) de pelo menos 60 mm . A tortuosidade das hastes também foi avaliada (Figura 8). Hastes que não atenderam a um dos critérios de diâmetro mínimo, comprimento do caule ou que apresentaram tortuosidade severa foram classificadas como não comercializáveis.

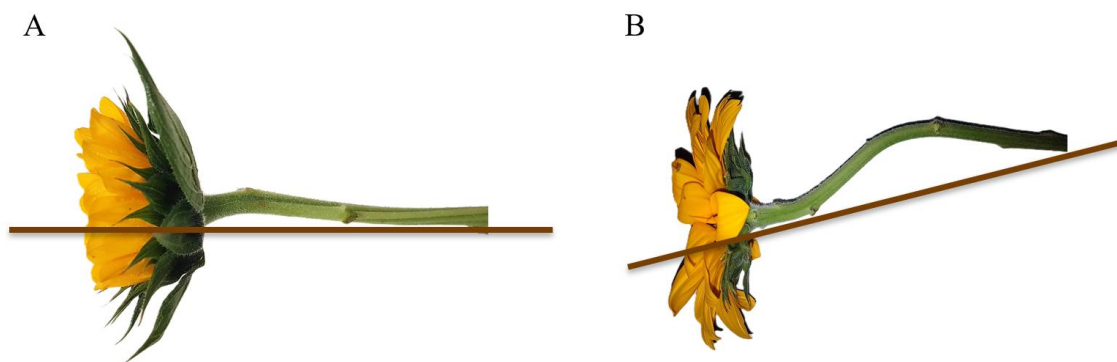


FIGURA 8. Padrão visual utilizado para a avaliação da tortuosidade em hastes de girassol de corte cv. ‘Vincent’s Choice’. Em (A), haste com padrão de retidão comercializável; em (B), haste não comercializável apresentando tortuosidade severa (curvatura) logo abaixo da inserção do capítulo. UFGD, Dourados-MS, 2025.

Também foram avaliados o tempo para o início do amarelecimento da haste (AH), o início da queda da flor ligulada (QFL) e a longevidade da haste (LH). A longevidade da haste foi definida como o intervalo de tempo da colheita até a perda do valor comercial da haste floral (CURTI et al., 2012). De acordo com essa classificação, esse momento ocorre quando a haste floral inicia o estágio de deterioração do capítulo, apresentando cor levemente opaca, estames visíveis e flores liguladas voltadas para baixo ou para dentro do capítulo, indicando o limite de aceitação e a depreciando do valor comercial (Figura 9).



FIGURA 9. Padrão visual de senescência utilizado para determinar o fim da longevidade (vida de vaso) em hastes de girassol de corte cv. ‘Vincent’s Choice’. Em (A), capítulo floral com padrão de qualidade comercial (flores liguladas turgidas e coloração intensa); em (B) e (C), capítulos florais em estádios progressivos de deterioração, caracterizando a perda do valor comercial (flores liguladas opacas, murchas e voltadas para baixo/dentro, com estames visíveis). UFGD, Dourados-MS, 2025.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e, quando constatada significância pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para as doses de nitrogênio, realizou-se análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS

Experimento 1 – Cultivo e produção de hastes florais a campo

Houve interação significativa entre a densidade populacional e as doses de nitrogênio em cobertura (N) para o diâmetro do capítulo (DC) ($P=0,042$) (Quadro 4 e Figura 10). A análise de regressão para a densidade de 20 plantas m^{-2} apresentou uma resposta quadrática crescente ao aumento das doses de N ($R^2 = 0,49$), enquanto para a densidade de 32 plantas m^{-2} , a resposta quadrática ao N foi descrita por uma curva suavemente crescente ($R^2 = 0,50$) (Figura 10).

Os dados apresentados na Figura 10 mostram que, na densidade de 20 plantas m^{-2} , os diâmetros de capítulo atingiram valores superiores e com uma taxa de incremento mais acentuada em relação à densidade de 32 plantas m^{-2} , que apresentou diâmetros de

capítulo consistentemente menores e uma resposta menos pronunciada ao aumento das doses de nitrogênio.

QUADRO 4. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP) (cm), número de folhas (NF), diâmetro do capítulo (DC) (mm), diâmetro da haste (DH) (mm), número de flores liguladas (NFL), fases reprodutivas R1 (botão floral visível), R4 (cor da flor visível) e R5 (ponto de colheita – flores liguladas a 90° com o disco do capítulo), massa fresca da haste (MFH) (g), massa seca da haste (MSH) (g), massa fresca da folha (MFF) (g), massa seca da folha (MSF) (g), massa fresca do capítulo (MFC) (g) e massa seca do capítulo (MSC) (g) do girassol de corte. UFGD, Dourados-MS, 2025.

F.V.	GL	Pr > Fc.....						
		AP	NF	DC	DH	NFL	R1	R4
Densidade (D)	1	0,014*	0,669ns	0,0006*	0,000*	0,667ns	0,104ns	0,862ns
Dose (N)	5	0,035*	0,144ns	0,005*	0,000*	0,089ns	0,161ns	0,257ns
D x N	5	0,860ns	0,946ns	0,042*	0,145ns	0,505ns	0,922ns	0,606ns
Total	47	6522,22	274,97	1927,05	190,38	445,31	76,24	98,86
M.G.		101,19	16,97	53,36	15,07	28,18	29,16	51,21
C.V. (%)		9,96	13,81	9,03	8,54	10,63	3,95	2,70

F.V.	GL	Pr > Fc.....						
		R5	MFH	MSH	MFF	MSF	MFC	MSC
D	1	0,591ns	0,027*	0,013*	0,003*	0,001*	0,042*	0,011*
N	5	0,394ns	0,263ns	0,181ns	0,130ns	0,155ns	0,225ns	0,270ns
D x N	5	0,260ns	0,356ns	0,275ns	0,508ns	0,137ns	0,276ns	0,239ns
Total	47	136,48	240502	1910,07	37752,48	813,02	17884,06	223,24
M.G.		54,20	177,84	18,92	64,13	9,52	69,02	7,82
C.V. (%)		2,96	33,15	26,58	35,17	32,54	24,23	23,69

D: densidade; N: dose de nitrogênio; *, ns: significativo e não significativo, pelo teste F a 5% de probabilidade. F.V.: fator de variação; G.L.: grau de liberdade; C.V.: coeficiente de variação; M.G.: média geral; Pr>Fc: probabilidade maior que F calculado.

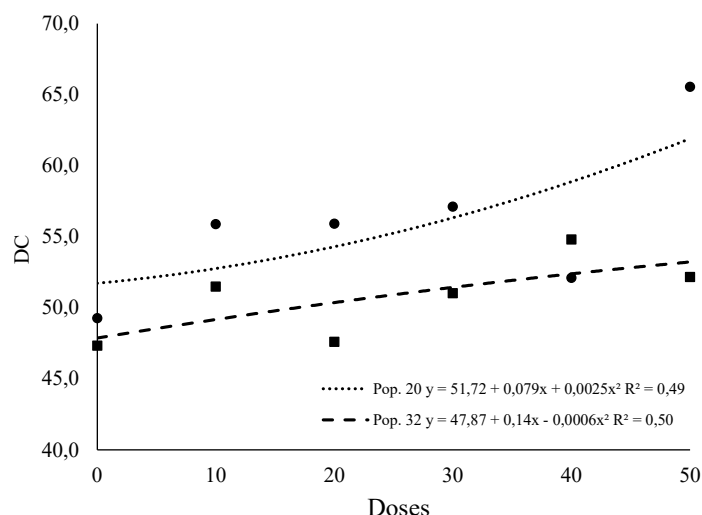


FIGURA 10. Efeito da interação da densidade e das doses de nitrogênio em cobertura no diâmetro do capítulo do girassol (DC) (mm) ornamental de corte, UFGD, Dourados-MS, 2025.

Além da interação, foram observados efeitos isolados significativos da densidade populacional para altura de planta (AP), diâmetro da haste (DH), massa fresca da haste (MFH), massa seca da haste (MSH), massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSF), massa fresca do capítulo (MFC) e massa seca do capítulo (MSC) (Quadro 4).

Os maiores valores médios observados para diâmetro do capítulo (55,98 mm), diâmetro da haste (16,13 mm), massa fresca da haste (197,54 g), massa seca da haste (20,81 g), massa fresca da folha (74,33 g), massa seca da folha (11,09 g), massa fresca do capítulo (74,13 g) e massa seca do capítulo (8,54 g) foram da densidade de 20 plantas m^{-2} , enquanto o maior valor médio da altura de planta foi registrado na densidade de 32 plantas m^{-2} (Quadro 5).

QUADRO 5. Altura de plantas (AP), diâmetro do capítulo (DC), diâmetro da haste (DH), massa fresca da haste (MFH), massa seca da haste (MSH), massa fresca da folha (MFF), massa seca da folha (MSF), massa fresca do capítulo (MFC) e massa seca do capítulo (MSC) em função da densidade populacional do girassol de corte. UFGD, Dourados-MS, 2025.

Densidade populacional	AP (cm)	DC (mm)	DH (mm)	MFH (g)	MSH (g)	MFF (g)	MSF (g)	MFC (g)	MSC (g)
20 m^{-2}	97,42b	55,98a	16,13a	197,54a	20,81a	74,33a	11,09a	74,13a	8,54a
32 m^{-2}	104,95a	50,74b	14,02b	158,14b	17,02b	53,92b	7,95b	63,92b	7,11b
Média geral	101,19	53,36	15,07	177,84	18,92	64,13	9,52	69,02	7,82
C.V. (%)	9,96	9,03	8,54	33,15	26,58	35,17	32,54	24,23	23,69

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V.: coeficiente de variação.

Os efeitos isolados da densidade e das doses de nitrogênio no diâmetro da haste (DH) são apresentados na Figura 11, nota-se que a densidade de 20 plantas m^{-2} resultou em hastes de maior diâmetro em comparação com 32 plantas m^{-2} , e que o aumento das doses de N levou a incrementos no diâmetro da haste em ambas as densidades, tendo os pontos de máxima atingidos com as doses de 42,31 g m^{-2} e 30 g m^{-2} , respectivamente.

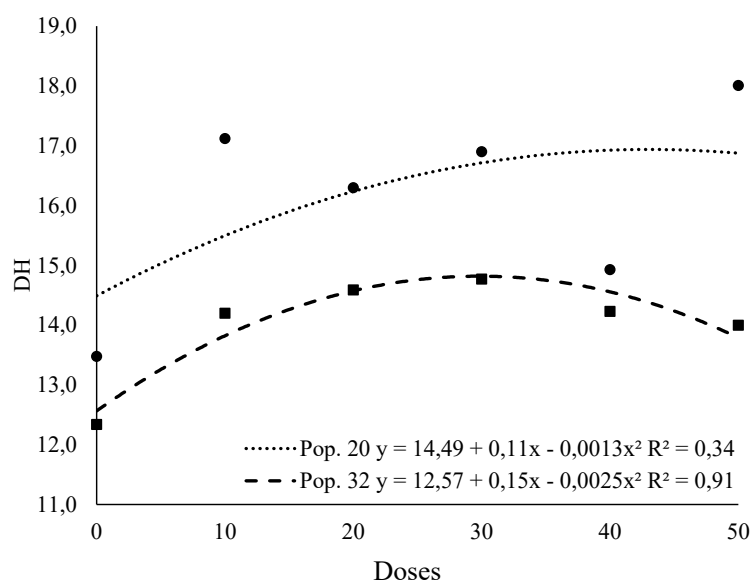


FIGURA 11. Efeito isolado da densidade e das doses de nitrogênio em cobertura no diâmetro da haste (DH) (mm) do girassol de corte, UFGD, Dourados-MS, 2025.

Similarmente, a Figura 12 apresenta o efeito isolado da densidade e das doses de nitrogênio na altura da planta (AP), evidenciando que a densidade de 32 plantas m^{-2} produziu plantas mais altas do que 20 plantas m^{-2} , e que o nitrogênio teve um impacto positivo na altura em ambos os níveis de adensamento.

O número médio de folhas foi de 16,97 e o número médio de flores liguladas foi de 28,18, independentemente dos tratamentos. Em relação à fenologia, não houve diferença significativa, os dias médios para atingir as fases fenológicas reprodutivas foram: R1 (botão floral visível) em 29,16 dias, R4 (cor da flor visível) em 51,21 dias e R5 (ponto de colheita – flores liguladas a 90° com o disco do capítulo) em 54,20 dias (Quadro 4).

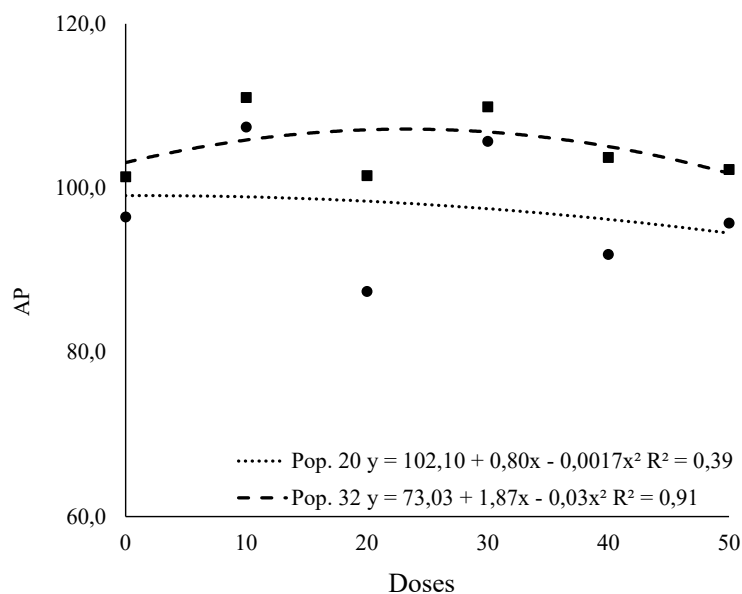


FIGURA 12. Efeito isolado da densidade e das doses de nitrogênio em cobertura na altura da planta (AP) (cm) do girassol de corte, UFGD, Dourados-MS, 2025.

Experimento 2 – Pós-colheita

Todas as hastes atenderam ao comprimento e espessura mínima exigida pelo Padrão Veiling Holambra (Padrão 70), e nenhuma foi classificada como torta. No entanto, apenas o tratamento D20N50 proporcionou flores com o diâmetro médio do capítulo superior a 60 mm, sendo, portanto, classificadas como hastes florais comercializáveis segundo o padrão definido (Quadro 6).

QUADRO 6. Diâmetro médio da haste e do capítulo por tratamento, e classificação comercial, UFGD, Dourados-MS, 2025.

Tratamento	Diâmetro da haste (mm)	Diâmetro do capítulo (mm)	Comercializável
D20N0	13,48	49,28	Não
D20N10	17,13	55,89	Não
D20N20	16,31	55,93	Não
D20N30	16,90	57,14	Não
D20N40	14,94	52,11	Não
D20N50	18,02	65,57	Sim
D32N0	12,34	47,35	Não
D32N10	14,21	51,50	Não
D32N20	14,59	47,62	Não
D32N30	14,78	51,03	Não

D32N40	14,23	54,82	Não
D32N50	14,00	52,17	Não

D20N0 (20 plantas m⁻² e zero de Nitrogênio), D20N10 (20 plantas m⁻² e 10 g N m⁻²), D20N20 (20 plantas m⁻² e 20 g N m⁻²), D20N30 (20 plantas m⁻² e 30 g N m⁻²), D20N40 (20 plantas m⁻² e 40 g de N m⁻²), D20N50 (20 plantas m⁻² e 50 g N m⁻²), D32N0 (32 plantas m⁻² e zero de Nitrogênio), D32N10 (32 plantas m⁻² e 10 g N m⁻²), D32N20 (32 plantas m⁻² e 20 g N m⁻²), D32N30 (32 plantas m⁻² e 30 g N m⁻²), D32N40 (32 plantas m⁻² e 40 g de N m⁻²), D32N50 (32 plantas m⁻² e 50 g N m⁻²).

Na análise da qualidade pós-colheita (tempo de prateleira), não foram observados efeitos significativos ($p > 0,05$) da densidade de plantio (D), das doses de nitrogênio (N) ou da interação D x N nas variáveis de longevidade da haste (LH), início do amarelecimento da haste (AH) e início da queda da flor ligulada (QFL). A longevidade média das hastes foi de 7,75 dias, o tempo médio para o amarelecimento das hastes foi de 6,12 dias e o tempo médio para o início da queda das flores liguladas foi de 9,02 dias (Quadro 7).

QUADRO 7. Análise de variância para o início do amarelecimento da haste (AH) (dias), início da queda das pétalas (IQP) (dias) e longevidade da haste (LH) (dias) na pós-colheita das hastes florais do girassol de corte, UFGD, Dourados-MS, 2025.

F. V	GL	Pr > Fc		
		AH	QFL	LH
Densidade (D)	1	0,789 ^{ns}	0,605 ^{ns}	0,155 ^{ns}
Dose (N)	5	0,170 ^{ns}	0,245 ^{ns}	0,416 ^{ns}
D x N	5	0,164 ^{ns}	0,393 ^{ns}	0,581 ^{ns}
Erro	47	57,25	34,97	29,00
Média Geral		6,12	9,02	7,75
CV (%)		17,23	17,23	10,25

Pr > Fc - Probabilidade maior que o F calculado

DISCUSSÃO

A avaliação final da qualidade das hastes, em conformidade com o Padrão Veiling Holambra (Padrão 70), revelou o impacto da interação entre densidade populacional (D) e doses de nitrogênio (N) na obtenção de girassóis ornamentais comercializáveis.

Embora todas as hastes tenham atendido aos requisitos mínimos de comprimento e espessura do caule, o diâmetro do capítulo (mínimo de 60 mm) se mostrou o fator mais restritivo. Somente o tratamento que combinou a baixa densidade (20 plantas m^{-2}) com a dose máxima de nitrogênio (50 g N m^{-2}) resultou em capítulos com diâmetro médio superior ao exigido pelo Padrão 70, sendo, portanto, o único classificado como comercializável. Este fato sugere que a máxima qualidade comercial do girassol de corte, sob as condições deste estudo, depende de uma sinergia otimizada entre a população adequada de planta, que reduza a competição por recursos e uma alta disponibilidade nutricional de nitrogênio.

Este resultado corrobora e complementa observações de Tomasi et al. (2024), que também observaram melhor qualidade em plantas cultivadas em menor densidade (10 plantas m^{-2}), embora sem atingir o padrão comercial exigido, reforçando a importância de um ajuste fino desses fatores para se alcançar padrões internacionais.

A performance superior observada na densidade de 20 plantas m^{-2} pode ser explicada pela minimização da competição intraespecífica. Com maior espaçamento, cada planta tem acesso facilitado à luz solar, água e nutrientes do solo (POSTMA et al., 2021). Essa condição otimizada permite um desenvolvimento vegetativo mais robusto, caracterizado por maior área foliar individual e, consequentemente, uma maior capacidade fotossintética líquida (TOMASI et al., 2024).

Os fotoassimilados resultantes podem ser eficientemente alocados para o crescimento e desenvolvimento de órgãos de interesse comercial, como o capítulo floral, o que é um pré-requisito para flores de grande diâmetro. Bushnev et al. (2021) observaram que com o aumento da densidade de 80.000 para 120.000 plantas ha^{-1} em híbridos de girassol granífero há uma redução do diâmetro do capítulo.

O papel da adubação nitrogenada de 50 g N m^{-2} na baixa densidade (D20) é igualmente fundamental. O nitrogênio é um macronutriente essencial e limitante, diretamente envolvido na síntese de clorofila, proteínas e ácidos nucleicos, os pilares do crescimento e metabolismo vegetal (NUNES-NESI et al., 2010). Em um ambiente com baixa competição, onde a planta já possui acesso irrestrito aos demais recursos, a alta disponibilidade de N pode ser plenamente utilizada para impulsionar a divisão e expansão celular, resultando em um crescimento acelerado do capítulo floral.

A resposta quadrática crescente observada para D20 (Figura 10) indica que a cultivar 'Vincent's Choice' demonstra uma elevada plasticidade fenotípica, respondendo positivamente ao aumento de N até as doses máximas testadas, o que sugere um alto potencial de expressão de qualidade sob condições de manejo favoráveis.

Em contraste, a maior densidade de plantio ($32 \text{ plantas m}^{-2}$), apesar das doses crescentes de nitrogênio, não conseguiu produzir capítulos de diâmetro comercialmente aceitável. A maior altura das plantas observada nesta densidade (Quadro 5) é uma resposta típica de adaptação à sombra ou alongamento competitivo, onde as plantas investem recursos no crescimento vertical para superar as vizinhas e captar luz (DANZIGER e BERNSTEIN, 2022). Esta estratégia, embora útil para a sobrevivência em ambientes adensados, desvia recursos metabólicos (fotoassimilados) que seriam destinados ao desenvolvimento reprodutivo, ou seja, ao aumento do diâmetro do capítulo.

A resposta quadrática das doses de nitrogênio observada em D32 (Figura 10) indica uma tendência próxima à linearidade no intervalo estudado, demonstrando que, sob intensa competição por luz e espaço, a disponibilidade de N se tornou um fator secundário em relação às limitações impostas pelo adensamento, restringindo o potencial de resposta da planta mesmo com a oferta nutricional otimizada (LI et al., 2019; MLADENOVIC et al., 2020). Isso ressalta a complexidade da partição de fotoassimilados e a priorização de recursos em situações de estresse competitivo.

A ausência de efeitos significativos da densidade ou da adubação nitrogenada nos parâmetros de qualidade pós-colheita – longevidade da haste, início do amarelecimento e queda das flores liguladas – é um achado que merece destaque. Este resultado sugere que a longevidade da haste é uma característica predominantemente genotípica e robusta da cultivar 'Vincent's Choice' sob as condições edafoclimáticas de Dourados, MS. Diferentemente do diâmetro do capítulo, que é altamente modulado por fatores de manejo, a capacidade de manutenção da integridade pós-colheita parece ser menos sensível aos ajustes de manejo de densidade e adubação nitrogenada, ao menos nas faixas testadas. Isso implica que, uma vez que a flor atinge o ponto de colheita (R5), sua vida útil subsequente é determinada por mecanismos fisiológicos intrínsecos e não por variações nas condições de plantio ou fertilização nitrogenada.

É importante notar que a faixa de doses de nitrogênio testadas, incluindo o nível máximo (50 g N m^{-2}), não induziu toxicidade ou desequilíbrio nutricional que comprometesse o tempo de prateleira. Em outras culturas, o excesso de nitrogênio pode, em certos casos, levar a maior suscetibilidade a patógenos (LIU et al., 2024) e diminuir a

resistência mecânica (MAHANTI et al., 2024). A ausência de tais efeitos negativos na 'Vincent's Choice' sugere uma eficiente capacidade de metabolismo e armazenamento de nitrogênio pela cultivar, o que representa uma vantagem agrônômica significativa para o manejo da produção.

Embora a maioria das hastes florais não tenha atendido ao rigoroso padrão de qualidade Veiling Holambra, é fundamental reconhecer que esse critério não deve ser o único balizador para a agricultura familiar. Para o fortalecimento regional, o sucesso econômico do pequeno produtor reside na exploração de circuitos curtos de comercialização, como feiras livres e vendas diretas. Nesses nichos, a aceitação é mais flexível, priorizando-se a harmonia visual, o frescor e a durabilidade em detrimento de métricas de diâmetro estritamente definidas (SHORT et al., 2017).

Essa autonomia frente aos padrões de larga escala é vital para a sustentabilidade socioeconômica regional, uma vez que democratiza o cultivo do girassol de corte em todo o território nacional. Assim, o que seria tecnicamente inviável para o sistema de grandes cooperativas centrais torna-se um produto de alto valor agregado no consumo de proximidade. Essa abordagem cumpre o papel social da Floricultura 5.0, ao viabilizar a rentabilidade dos produtores locais e permitir que a população tenha acesso a produtos ornamentais de qualidade, produzidos de forma sustentável e descentralizada.

Em última análise, a identificação da combinação exata entre baixa densidade (D20) e alta oferta nutricional (50 g N m^{-2}) como o caminho para atingir o Padrão 70 de excelência transcende o manejo tradicional. Este ajuste fino representa a aplicação prática da agricultura de precisão, onde o uso de dados técnicos robustos permite a alocação eficiente de insumos para metas de qualidade rigorosas. Ao garantir que a planta expresse seu máximo potencial genético e estético, o floricultor alinha-se aos pilares da Floricultura 5.0, onde a tecnologia e o conhecimento fisiológico criam um sistema produtivo resiliente, sustentável e focado na entrega de valor superior ao consumidor, consolidando a floricultura brasileira como um setor de alta performance e responsabilidade global.

CONCLUSÃO

A otimização da produção de girassóis ornamentais 'Vincent's Choice' para padrões comerciais internacionais, exige a combinação de baixa densidade de plantio (20 plantas m^{-2}) e alta adubação nitrogenada (50 g N m^{-2}).

A qualidade pós-colheita da cultivar demonstrou ser robusta e intrínseca, não sendo significativamente afetada pelas variações de densidade ou doses de nitrogênio testadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, L. Z.; CARVALHO, J. S. B. D.; BARROS, A. M. F.; TOMIOZZO, R.; UHLMANN, L. O.; STRECK, N. A. Cut sunflower as an alternative income in the Southern Agreste of Pernambuco. **Ornamental Horticulture**, v. 31, p. e312818, 2025.

BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; LUZ, P. B.; PAIVA, P. D.; SORGATO, J. C. Introdução ao Girassol de Corte. In: TOMIOZZO, R.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; DE PAULA, G. M.; ALBERTO, C. M.; BOSCO, L.C.; DE SOUZA, A. G.; ROSSATO, O. B.; DA LUZ, P. B.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; LEI, L. (Org.). **Girassol de corte: Inovação e sustentabilidade na floricultura moderna**. 1ed. Santa Maria: Editora GR, 2024, v. 1, p.89-110.

BUSHNEV, A. S.; DEMURIN, Y. N.; OREKHOV, G. I. Productivity of sunflower hybrids with erectoid leaves at various plant densities. **OCL**, v. 28, p. 39, 2021.

DANZIGER, N.; BERNSTEIN, N. Too dense or not too dense: Higher planting density reduces cannabinoid uniformity but increases yield/area in drug-type medical cannabis. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 713481, 2022.

COÊLHO, E. D. S., SOUZA, A. R. E. D., LINS, H. A., SANTOS, M. G. D., FREITAS SOUZA, M. D., TARTAGLIA, F. D. L.; DE OLIVEIRA, A. K. S.; LOPES, W.A. R.; SILVEIRA, L. M.; MENDONÇA, V.; BARROS JÚNIOR, A. P. Efficiency of nitrogen use in sunflower. **Plants**, v. 11, n. 18, p. 2390, 2022.

CURTI, G. L.; MARTIN, T. N.; DE LURDES FERRONATO, M.; BENIN, G. Girassol ornamental: caracterização, pós-colheita e escala de senescência. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 240-250, 2012.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Sustainable nitrogen management in agrifood systems: technical report 2025. Rome: FAO, 2025. 342 p. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/items/471bc50f-d855-47ff-80d8-361577cbcd99>. Acesso em: 26 abr. 2026.

LI, J.; QU, Z.; CHEN, J.; YANG, B.; HUANG, Y. Effect of planting density on the growth and yield of sunflower under mulched drip irrigation. **Water**, v. 11, n. 4, p. 752, 2019.

LIU, W.; WANG, Y.; JI, T.; WANG, C.; SHI, Q.; LI, C.; Wei, J.-W.; GONG, B. High-nitrogen-induced γ -aminobutyric acid triggers host immunity and pathogen oxidative stress tolerance in tomato and *Ralstonia solanacearum* interaction. **New Phytologist**, v. 244, n. 4, p. 1537-1551, 2024.

MAHANTI, N. K.; CHAKRABORTY, S. K.; PATHARE, P. B. Effect of Excess Application of Nitrogenous Fertilizer on Postharvest Quality of Spinach during Storage. **Journal of Food Quality**, v. 2024, n. 1, p. 5521957, 2024.

MARTÍNEZ-DALMAU, J.; BERBEL, J.; ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ, R. Nitrogen fertilization. A review of the risks associated with the inefficiency of its use and policy responses. **Sustainability**, v. 13, n. 10, p. 5625, 2021.

MLADENOVIC, E.; CVEJIC, S.; JOCIC, S.; CUK, N.; CUKANOVIC, J.; JOCKOVIC, M.; MARJANOVIC-JEROMELA, A. Effect of plant density on stem and flower quality of single-stem ornamental sunflower genotypes. **Horticultural Science**, v. 47, n. 1, p. 45-52, 2020.

MU, X.; CHEN, Y. The physiological response of photosynthesis to nitrogen deficiency. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 158, p. 76-82, 2021.

NUNES-NESE, A.; FERNIE, A. R.; STITT, M. Metabolic and signaling aspects underpinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions. **Molecular plant**, v. 3, n. 6, p. 973-996, 2010.

POSTMA, J. A.; HECHT, V. L.; HIKOSAKA, K.; NORD, E. A.; PONS, T. L.; POORTER, H. Dividing the pie: A quantitative review on plant density responses. **Plant, cell & environment**, v. 44, n. 4, p. 1072-1094, 2021.

RÊGO, L. D. S.; MIRANDA, N. D. O.; TRAVASSOS, K. D.; DIAS, N. D. S.; CUNHA, R. D.; CUNHA, M. D.; F. C. G. SANTANA; P. M. DA C. BANDEIRA; OLIVEIRA FILHO, F. D. Production of flowers of ornamental sunflower irrigated with wastewater from fish culture. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 1, p. 130-138, 2019.

REN, W.; LI, X.; LIU, T.; CHEN, N.; XIN, M.; LIU, B.; QI, Q.; LI, G. Impact of fertilization depth on sunflower yield and nitrogen utilization: a perspective on soil nutrient and root system compatibility. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1440859, 2024.

SHORT, K.; ETHEREDGE, C. L.; WALICZEK, T. M. Studying the market potential for specialty cultivars of sunflower cut flowers. **HortTechnology**, v. 27, n. 5, p. 611-617, 2017.

SOUZA, G. S.; SORGATO, J. C.; ROSSATO, O. B. Exigências nutricionais do Girassol de corte. In: TOMIOZZO, R.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; DE PAULA, G. M.; ALBERTO, C. M.; BOSCO, L.C.; DE SOUZA, A. G.; ROSSATO, O. B.; DA LUZ, P. B.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; LEI, L. (Org.). **Girassol de corte: Inovação e sustentabilidade na floricultura moderna**. 1ed. Santa Maria: Editora GR, 2024, v. 1, p.89-110.

TOMASI, T. C.; REIS, L. C.; TAIRA, T. L.; SOARES, J. S.; TOMIOZZO, R.; UHLMANN, L. O.; STRECK, N. A.; SORGATO, J. C. Plant density and location: optimization of growth and quality of cut sunflower in tropical and subtropical environments. **Plants**, v. 13, n. 19, p. 2810, 2024.

TOMIOZZO, R.; BARRETO, L. L.; CARVALHO, J. S. B.; BARROS, A. M. F.; BITTENCOURT, P.; SILVA, B. F.; NESI, B.; BONETTI, D.; UHLMANN, LILIAN O.; STRECK, N. A. Crescimento e desenvolvimento do girassol de corte. In: TOMIOZZO, R.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; DE PAULA, G. M.; ALBERTO, C. M.; BOSCO, L.C.; DE SOUZA, A. G.; ROSSATO, O. B.; DA LUZ, P. B.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; LEI, L. (Org.). **Girassol de corte: Inovação e sustentabilidade na floricultura moderna**. 1ed. Santa Maria: Editora GR, 2024, v. 1, p.89-110.

TOVAR HERNANDEZ, S.; CARCIOCHI, W. D.; DIOVISALVI, N. V.; IZQUIERDO, N.; WYNGAARD, N.; BARBIERI, P.; CALVO, N. I. R. Does nitrogen fertilization rate, timing, and splitting affect sunflower yield and grain quality? **Crop Science**, v. 63, n. 3, p. 1525-1540, 2023.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

VEILING HOLAMBRA. **Crêterios Para Classificação Girassol de Corte**. 2013. Available online: http://www.veiling.com.br/uploads/padrao_qualidade/criterios/girassolfv.pdf (accessed on 10 April 2024).

VITTI, G. C. 1989. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e nas plantas**. Jaboticabal: Fundação de Apoio A Pesquisa Ensino e Extensão. 37p.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C. D.; OLIVEIRA, F. A. D.; OLIVEIRA JUNIOR, A. D. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 425-434, 2010.

ZHU, J.; LI, H.; LEI, L.; MENG, X.; WANG, W. Impact of Plant Density and Nitrogen Fertilizer on the Yield and Quality of Rapeseed Flowering Stalks Harvested at Various Plant Heights. **Agronomy**, v. 16, n. 5, p. 508, 2026.

CAPÍTULO II – MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM GIRASSOL DE CORTE (*Helianthus annuus* L.)

RESUMO

O girassol de corte (*Helianthus annuus* L.) é uma espécie ornamental de crescente importância, mas carente de informações específicas sobre manejo nutricional que considerem sua alocação de biomassa focada no desenvolvimento da inflorescência, distinta das variedades graníferas. O presente estudo objetivou determinar o acúmulo de matéria seca (MS) e a marcha de absorção de dez macro e micronutrientes na parte aérea da cultivar 'Vincent's Choice', em Dourados, MS, Brasil. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com sete coletas realizadas entre 8 e 49 dias após a emergência (DAE), o que corresponde ao ponto de colheita (estádio R5). O acúmulo de MS e de nutrientes foi ajustado ao modelo gaussiano para identificar o Ponto de Inflexão (PI), indicativo da máxima taxa de absorção diária. O acúmulo total de MS atingiu 53,70 g planta⁻¹, com o caule superando as folhas como principal órgão de armazenamento de biomassa a partir de 36 DAE. O potássio (K) foi o macronutriente mais acumulado (2,316 g planta⁻¹), seguido pelo nitrogênio (N) (1,058 g planta⁻¹). O manganês (Mn) e o zinco (Zn) foram os micronutrientes com maior acúmulo, atingindo 2,437 mg planta⁻¹ e 2,347 mg planta⁻¹, respectivamente. O PI para a MS ocorreu aos 36,84 DAE. Observou-se indicação de remobilização de fósforo (P), magnésio (Mg) e cobre (Cu) das folhas e do caule para o capítulo nas fases finais. Os dados fornecem subsídios essenciais para o ajuste da adubação, indicando que a máxima demanda nutricional ocorre entre os estágios vegetativos e o início do reprodutivo.

Palavras-chave: Adubação; Acúmulo de nutrientes; Floricultura; Nutrição de plantas; Ornamental.

ABSORPTION DYNAMICS OF MACRO AND MICRONUTRIENTS IN CUT SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.)

ABSTRACT

Cut sunflower (*Helianthus annuus* L.) is an ornamental species of growing importance, yet it lacks specific information on nutritional management that considers its biomass allocation focused on inflorescence development, which differs from grain varieties. The present study aimed to determine the dry matter (DM) accumulation and the uptake curve of ten macro and micronutrients in the shoots of the 'Vincent's Choice' cultivar in Dourados, MS, Brazil. The experiment was conducted in a randomized block design, with seven samplings performed between 8 and 49 days after emergence (DAE), which corresponds to the technical harvest point (R5 stage). DM and nutrient accumulation were adjusted to the Gaussian model to identify the Inflection Point (IP), indicative of the maximum daily uptake rate. Total DM accumulation reached 53.70 g plant⁻¹, with the stem surpassing the leaves as the main biomass storage organ from 36 DAE onwards. Potassium (K) was the most accumulated macronutrient (2.316 g plant⁻¹), followed by nitrogen (N) (1.058 g plant⁻¹). Manganese (Mn) and zinc (Zn) were the micronutrients with the highest accumulation, reaching 2.437 mg plant⁻¹ and 2.347 mg plant⁻¹, respectively. The IP for DM occurred at 36.84 DAE. Indications of phosphorus (P), magnesium (Mg), and copper (Cu) remobilization from the leaves and stem to the flower head were observed in the final stages. The data provide essential insights for fertilization adjustment, indicating that the maximum nutritional demand occurs between the vegetative stages and the beginning of the reproductive stage.

Keywords: Fertilization; Floriculture; Nutrient uptake curve; Plant nutrition; Ornamental.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura agrícola com relevância em muitos setores, incluindo o alimentício, energético, paisagístico e ornamental (PUTTHA et al., 2023). No segmento ornamental, é uma das espécies que se destaca no mercado das flores. Sua demanda é crescente devido às suas características estéticas, aceitação do consumidor, ciclo produtivo curto e a adaptabilidade. Estes pontos favorecem o cultivo e manejo, contribuindo para a diversificação da produção e o aumento da rentabilidade na floricultura (TOMIOZZO et al. 2024).

Para o sucesso produtivo desta espécie de corte, o manejo da adubação é importante, pois garante o crescimento e desenvolvimento vigoroso das plantas, bem como a produção ideal de flores. Este processo envolve o fornecimento de elementos essenciais nas quantidades e proporções corretas para atender às necessidades específicas das plantas (MACCHINDRA et al., 2023). A qualidade e o rendimento das flores de corte estão intrinsecamente relacionados à disponibilidade e à absorção eficiente de nutrientes, tornando indispensáveis as análises do solo e adubações corretivas para evitar tanto a deficiência quanto o excesso nutricional (HAUSSECKER et al. 2023; PATHANIA et al. 2024).

Assim, a transição para a Floricultura 5.0 impõe uma revisão dos métodos tradicionais. A aplicação indiscriminada de fertilizantes, embora vise a maximização da produção, pode resultar em impactos ambientais negativos, tais como a degradação da estrutura e propriedades físico-químicas do solo, alteração da biota edáfica, e a potencialização de processos de acidificação e salinização (ZHANG et al., 2024). Diante disso, estudos sobre a marcha de absorção de nutrientes tornam-se uma ferramenta estratégica indispensável. O conhecimento aprofundado da dinâmica da absorção dos elementos essenciais ao longo das distintas fases fenológicas da cultura não apenas permite a calibração de programas de adubação, mas possibilita o caminho para uma adubação de precisão, otimizando o uso dos recursos, minimizando os impactos ambientais e garantindo que as demandas nutricionais específicas de cada estágio de desenvolvimento da planta sejam atendidas (SUJATHA et al. 2020; CRUSCIOL et al. 2021; SANTANA et al. 2023).

Nesse contexto, a FAO (2025) reforça que a eficiência no uso de nutrientes, pautada no entendimento do *timing* de absorção das culturas, é um dos pilares centrais

para a regeneração dos sistemas agroalimentares e para a redução do desperdício de insumos em escala global.

A maioria das pesquisas sobre adubação em girassol concentra-se em cultivares destinadas à produção de grãos (KOUTROUBAS et al., 2020; COELHO et al., 2022; GERASSIMOVA et al., 2023). No Brasil, os dados disponíveis sobre a dinâmica nutricional da cultura não são recentes (ZOBIOLE et al. 2010; ZOBIOLE et al. 2011), e o contínuo melhoramento genético exige a reavaliação dos padrões de absorção. Mesmo que as exigências nutricionais não difiram drasticamente de estudos anteriores, a dinâmica de absorção em novos genótipos e a sua interação com as práticas modernas de manejo precisam ser compreendidas para garantir a máxima eficiência produtiva e nutricional (BENDER et al., 2013). Esta lacuna é acentuada no girassol de corte, que apresenta prioridades de alocação de biomassa e nutrientes distintas das variedades graníferas, concentrando seus esforços no desenvolvimento vegetativo e na qualidade da inflorescência.

Apesar da importância dos estudos sobre a marcha de absorção, há carência de informações específicas para o girassol de corte, que possui ciclo produtivo mais curto e direciona seus fotoassimilados para a qualidade floral. Diante dessa lacuna, o presente estudo é pioneiro ao determinar o acúmulo de matéria seca e a marcha de absorção de macro e micronutrientes na parte aérea da cultivar ‘Vincent’s Choice’. Os resultados obtidos fornecerão subsídios para a formulação de programas de adubação eficientes e sustentáveis, otimizando a produção, a qualidade das flores e a rentabilidade da floricultura de precisão.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil (22° 11’45’’S, 54° 55’18’’W e altitude de 446 m), de 26 de setembro de 2023 a 20 de novembro de 2023. O clima de Dourados/MS, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com estação chuvosa no verão e seca no inverno (ALVARES et al., 2013). Os dados meteorológicos foram obtidos da Estação Embrapa - Dourados/MS – (22°16’31’’S, 54°49’06’’W, 408 m). A temperatura média do período experimental foi de 26,9 °C (mínima = 10,3 °C; máxima = 38,6 °C) e a precipitação total acumulada foi de 364 mm.

O solo da área de cultivo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (SiBCS - Brazilian Soil Classification System), com textura argilosa (60%). Foi realizada uma análise físico-química do solo, coletada na profundidade de 0 a 20 centímetros. Para a realização da correção e da adubação foram utilizadas as recomendações do Projeto ‘Flores para Todos’, da Equipe PhenoGlad da Universidade Federal de Santa Maria (SOUZA et al., 2024). As características químicas e granulométricas do solo são apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1. Análise físico-química do solo realizada em pré-plantio, no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. UFGD, Dourados-MS, 2025.

Análise Química											
Profundidade	pH	MO	S	P	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC	V
(cm)	CaCl ₂	---g dm ⁻³ ---		mg dm ⁻³		-----mmolc dm ⁻³ -----					%
0 - 20	5,45	24,93	7,07	14,48	4,1	74,2	31,9	0,0	110,2	146,8	75
Análise Granulométrica											
Argila g kg ⁻¹				Silte g kg ⁻¹				Areia g kg ⁻¹			
600				140				260			

MO: matéria orgânica; P: fósforo; S: enxofre; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica, pH (CaCl₂); matéria orgânica (método de oxidação com dicromato); enxofre (método de extração com fosfato de cálcio); alumínio (método de extração com cloreto de potássio); e fósforo, cálcio, magnésio e potássio (método da resina). Todas as metodologias para caracterização química do solo foram realizadas de acordo com VAN RAIJ et al. (2001) e VITTI (1989).

O preparo da área experimental consistiu em aração, gradagem e formação dos canteiros com motocultivador. Os canteiros foram formados com 15 m de comprimento, 1 m de largura e 0,25 m de altura, com espaçamento de 0,5 m entre eles. A adubação de plantio foi realizada utilizando-se 25 kg de nitrogênio (N), 100 kg de fósforo (P₂O₅) e 100 kg de potássio (K₂O) por hectare. Utilizou-se como fontes destes nutrientes a ureia (46%), o superfosfato simples (20% de P₂O₅) e o cloreto de potássio (58% de K₂O). O adubo foi distribuído de maneira homogênea sobre a área preparada e incorporado superficialmente ao solo antes da semeadura. Foi realizada uma adubação de cobertura a lanço, com 25 kg de ureia e 25 kg de cloreto de potássio por hectare, quando as plantas se encontravam com 10 folhas maiores que 2 cm de comprimento (15 DAE).

A semeadura foi realizada diretamente nos canteiros com espaçamento de 0,125 m entre plantas, distribuídas em quatro linhas paralelas com espaçamento de 0,2 m. A área útil para a coleta de dados foi delimitada às duas fileiras centrais e na exclusão de 1 m em cada extremidade. A densidade de plantio utilizada foi de 32 plantas m⁻² (TOMASI et al., 2024), totalizando 1440 plantas. Para garantir esta população, foi feito o transplântio de mudas nos locais onde as sementes não germinaram. A irrigação foi realizada por gotejamento, sempre que necessário, por aproximadamente 45 min, com vazão por bico de 0,003 L min⁻¹ (Figura 1).



FIGURA 1. Etapas de implantação e condução do experimento de marcha de absorção a campo com girassol de corte cv. ‘Vincent’s Choice’. Em (A), preparo do solo e demarcação dos sulcos nos canteiros; em (B), detalhe da semeadura direta; em (C), emergência das plântulas e sistema de irrigação por gotejamento; em (D), detalhe na aplicação da adubação de cobertura. UFGD, Dourados-MS, 2025.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Utilizou-se o girassol de corte, cultivar ‘Vincent’s Choice’. Foram realizadas sete coletas de material vegetal (8, 15, 22, 29, 36, 43 e 49 dias após a emergência). A última coleta (49 DAE) correspondeu ao estágio fenológico R5, que define o ponto de colheita comercial das hastes florais, encerrando assim o ciclo de interesse agrônomo do experimento. O particionamento das plantas em cada coleta foi realizado de acordo com a diferenciação dos órgãos ao longo do ciclo de desenvolvimento (Quadro 2). Aos 8 DAE, as plantas foram divididas apenas em caule e folhas. Aos 15 e 22 DAE, a separação ocorreu em caule, folhas e pecíolos. A partir dos 29 DAE até a última avaliação (36, 43 e 49 DAE), com a emissão da inflorescência, as plantas passaram a ser particionadas em caule, folhas, pecíolos e capítulo. Cada órgão da planta foi pesado, lavado com água

destilada e submetido à secagem em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir massa seca constante (Figura 2).



FIGURA 2. Particionamento do material vegetal do girassol de corte cv. ‘Vincent’s Choice’ para avaliação do acúmulo de matéria seca e nutrientes. Detalhe da separação dos órgãos em folhas, capítulos, pecíolos e o caule fracionado para facilitar a secagem em estufa. UFGD, Dourados-MS, 2025.

QUADRO 2. Informações e cronograma de amostragem de acordo com os dias após a emergência do Girassol de corte cv. Vincent’s Choice. UFGD, Dourados-MS, 2025.

Momentos	Data	DAE	Informações
Semeadura	26/09/2023	0	32 plantas m ⁻²
Emergência	02/10/2023	0	90% das plantas emergidas
Coleta 1	10/10/2023	8	40 plantas repetição ⁻¹
Coleta 2	17/10/2023	15	25 plantas com 10 folhas repetição ⁻¹
Coleta 3	24/10/2023	22	10 plantas com 14 folhas repetição ⁻¹
Coleta 4	31/10/2023	29	10 plantas com capítulo (10 - 15 mm) repetição ⁻¹

Coleta 5	07/11/2023	36	5 plantas com capítulo (20 - 25 mm) repetição ⁻¹
Coleta 6	14/11/2023	43	3 plantas em R4 repetição ⁻¹
Coleta 7	20/11/2023	49	3 plantas em R5 repetição ⁻¹

DAE: Dias após a emergência. R4: Cor da flor visível. R5: Ponto de colheita - Início da antese quando as flores visíveis estão a 90° com o disco do capítulo. *Fenologia adaptada de SCHNEITER e MILLER (1981). Apenas folhas maiores que 2 cm de comprimento foram contabilizadas.

Em seguida, foi mensurada a matéria seca da parte aérea e, por fim, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm. As amostras com pouco material foram moídas com auxílio de um moedor elétrico de grãos de café. O teor de nitrogênio total (N) foi determinado utilizando o método de digestão sulfúrica (Kjeldahl). A determinação de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e dos micronutrientes, cobre (Cu), manganês (Mn), boro (B) e zinco (Zn) seguiu a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

O acúmulo de matéria seca e de nutrientes, tanto nos órgãos individuais quanto na planta inteira, em função dos dias após a emergência, foi ajustado ao modelo gaussiano de três parâmetros (MAUAD et al. 2019), descrito na Eq. (1):

$$y = a * e^{-0,5 * \left(\frac{(x - x_0)}{b}\right)^2}$$

A escolha deste modelo justifica-se por sua capacidade de descrever a dinâmica da taxa de acúmulo de matéria seca e nutrientes ao longo do ciclo da planta. Embora o acúmulo total siga um padrão sigmoide, sua taxa de absorção é caracterizada por um ponto de máxima eficiência, seguido por desaceleração. Na equação, y é o acúmulo de nutrientes; a é o acúmulo máximo; x₀ é o valor de x (em DAE) que fornece o máximo acúmulo; e b é a amplitude do valor de x (em DAE) entre o ponto de inflexão (IP) e o ponto máximo. Assim, com base no modelo ajustado, foi possível determinar o IP na curva conforme a Eq. (2):

$$IP = x_0 - b$$

Matematicamente, o IP corresponde ao valor de x no qual a curvatura do modelo ajustado muda de sinal; fisiologicamente, isso corresponde ao valor de x (em DAE) no qual a taxa de acumulação diária, embora positiva, começa a declinar. Para as análises de regressão e obtenção de parâmetros, foi utilizado o software SigmaPlot v.10.0. Não foi

necessário realizar manejo para doenças, e as pragas e as plantas daninhas foram controladas manualmente conforme necessidade.

RESULTADOS

O acúmulo de matéria seca (MS) na planta inteira e em suas partes seguiu um padrão sigmoide. Houve uma fase inicial de crescimento lento, seguida por um crescimento acelerado e, posteriormente, uma desaceleração da taxa de acúmulo conforme a planta se aproximava da colheita (Figura 1). O acúmulo máximo de MS na planta inteira ocorreu em R5, superando 50 g planta⁻¹. Inicialmente, as folhas foram os órgãos responsáveis pelo maior acúmulo de MS, diminuindo percentualmente na fase reprodutiva e estabilizando próximo ao estágio R4. O caule apresentou acúmulo contínuo de MS, tornando-se o órgão com maior biomassa acumulada após 36 DAE, superando as folhas. O capítulo iniciou o acúmulo de MS a partir de 29 DAE, com crescimento acentuado nas fases finais. O pecíolo acumulou a menor quantidade de MS, com crescimento lento e constante (Figura 1A).

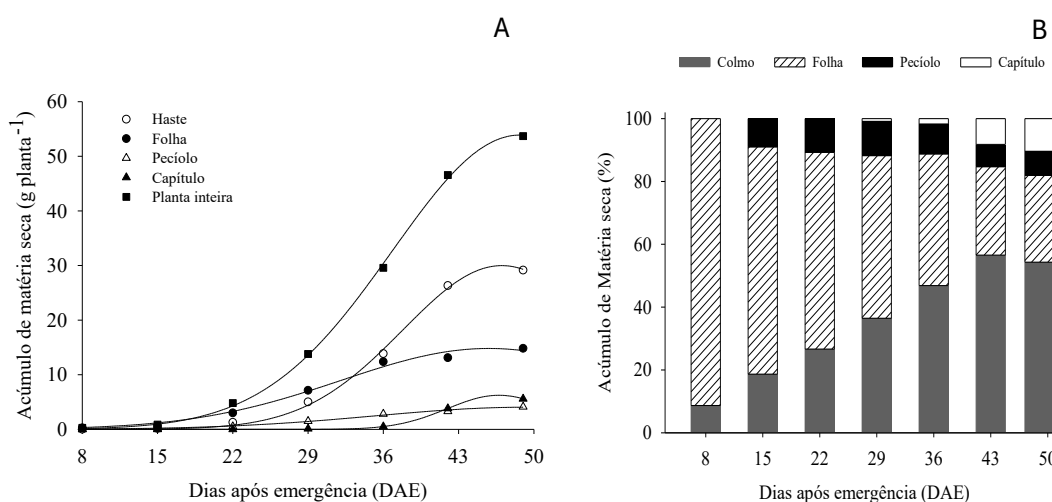


FIGURA 1. Acúmulo e distribuição de matéria seca na parte aérea do girassol de corte cv. 'Vincent's Choice'. UFGD, Dourados/MS, 2025.

O acúmulo da biomassa foi maior nas folhas até o início do estágio reprodutivo (29 DAE), representando 51,75% da MS total, enquanto caule, pecíolo, e capítulo representaram 36,46%, 10,93% e 0,86%, respectivamente. Aos 36 DAE, o caule passou a ser o órgão com maior acúmulo (46,87 %). Da primeira coleta de botões florais (29

DAE) até o ponto de colheita (49 DAE), houve um incremento de aproximadamente 4622% na massa do capítulo (Figura 1B).

A produção de MS aumentou acentuadamente a partir do 22º DAE (Figura 1A), atingindo o valor máximo estimado logo após o ponto de colheita, com 53,89 g planta⁻¹ de MS total. O Ponto de Inflexão (PI) foi estimado aos 36,84 DAE (Quadro 3).

QUADRO 3. Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para a produção de matéria seca do girassol de corte cv. ‘Vincent’s Choice’. UFGD, Dourados/MS, 2025.

Dourados/MS, 2025.						
Parte da planta	Coeficiente de regressão ajustados ⁽¹⁾			PI (X ₀ - b)	R ² ajustado	P _{valor}
	a	X ₀	b			
	g planta ⁻¹	DAE				
Planta inteira	53,89	48,71	11,87	36,84	0,99	< 0,01
Caule	29,98	47,02	9,21	37,81	0,99	< 0,01
Folha	14,80	45,81	13,71	32,10	0,98	< 0,01
Capítulo	6,23	46,75	4,81	41,94	0,99	< 0,01
Pecíolo	4,05	49,29	14,12	35,17	0,98	< 0,01

⁽¹⁾ a: corresponde ao valor de máximo acúmulo; X₀: valor de x, em DAE (Dias Após a Emergência), que proporciona o máximo em a; b: amplitude no valor de x, em DAE, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo; PI: valor de x, em DAE, em que a taxa de acúmulo diário, ainda que positiva, passa a decrescer.

Os gráficos da figura 2 (A, B, C, D, E e F) mostram o acúmulo total do N, P e K na planta inteira e em suas partes ao longo do tempo. Os modelos ajustados para o acúmulo destes nutrientes apresentaram elevada qualidade (R² > 0,94; p < 0,01) para todas as partes da planta (Quadro 4).

O acúmulo de N total superou 1 g planta⁻¹, apresentando crescimento acentuado até os 43 DAE, data da última coleta antes da colheita (Figura 2A). O nitrogênio é um nutriente essencial que participa da divisão celular, construção de tecido e da molécula de clorofila, além de ser constituinte das proteínas. O ponto de inflexão para o N na planta inteira foi estimado aos 32,85 DAE (Quadro 4), o que indica uma alta demanda nutricional durante a fase de rápida expansão vegetativa e transição para o início reprodutivo. Inicialmente, a maior parte do N concentrou-se no caule e nas folhas.

Posteriormente o capítulo apresentou um aumento percentual no acúmulo deste nutriente em função do desenvolvimento da inflorescência (Figura 2B).

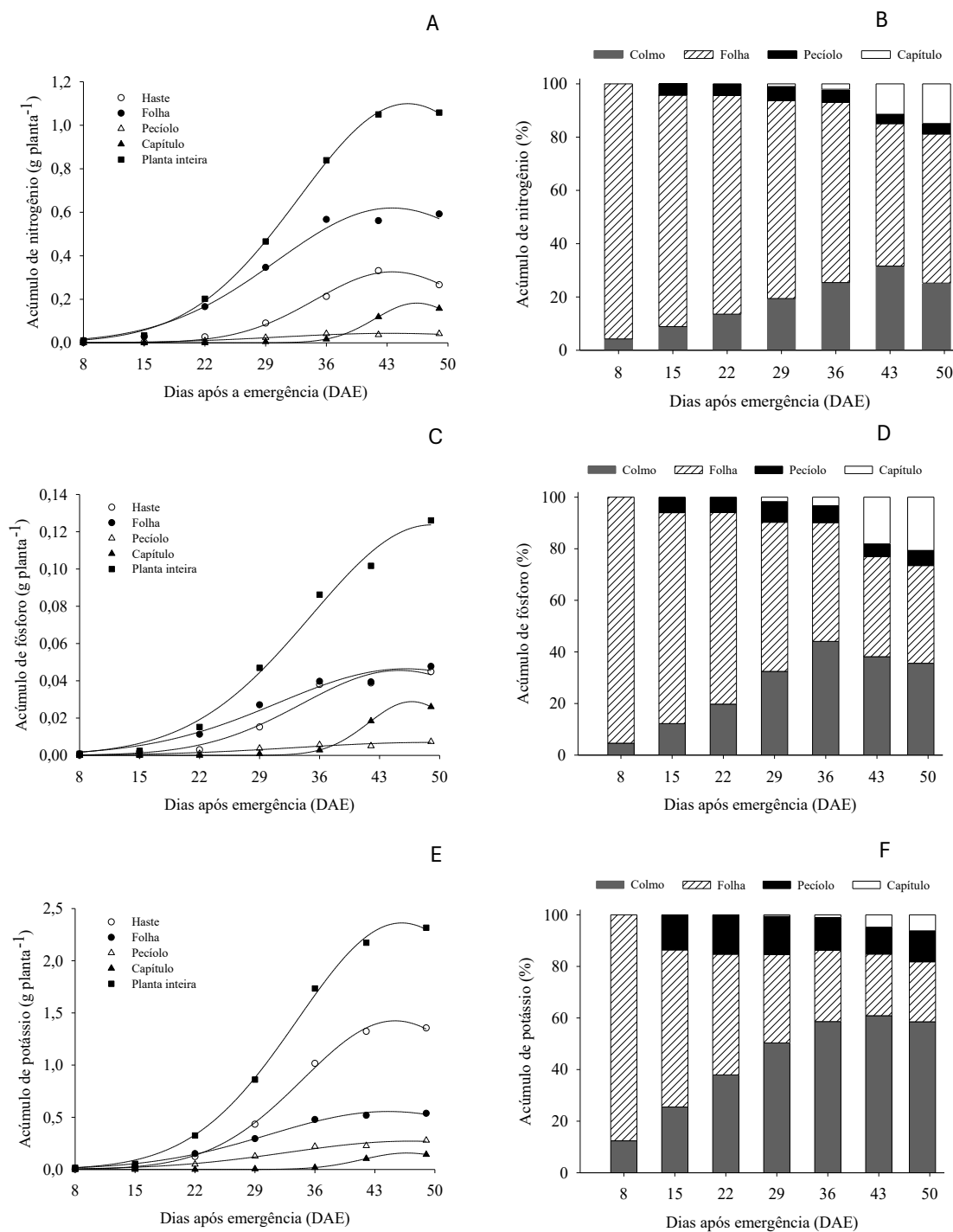


FIGURA 2. Acúmulo de nitrogênio (A, B), fósforo (C, D) e potássio (E, F) na parte aérea de girassol de corte cv. 'Vincent's Choice' em função dos dias após emergência. UFGD, Dourados/MS, 2025.

QUADRO 4. Parâmetros do modelo de regressão ajustados para acúmulo de N, P e K em girassol de corte cv. 'Vincent's Choice'. UFGD, Dourados/MS, 2025.

Coeficiente de regressão ajustados ⁽¹⁾						
Parte da planta	a	X ₀	b	PI (X ₀ - b)	R ² ajustado	P _{valor}
	g planta ⁻¹	DAE				
Nitrogênio						
Planta inteira	1,10	45,38	12,53	32,85	0,99	< 0,01
Caule	0,33	43,59	8,87	34,72	0,99	< 0,01
Folha	0,62	43,56	13,32	30,24	0,98	< 0,01
Capítulo	0,18	46,41	4,79	41,62	0,99	< 0,01
Pecíolo	0,04	43,24	12,70	30,54	0,95	< 0,01
Fósforo						
Planta inteira	0,12	49,04	14,01	35,03	0,99	< 0,01
Caule	0,05	45,31	11,38	33,93	0,96	< 0,01
Folha	0,05	46,04	14,88	31,16	0,96	< 0,01
Capítulo	0,03	46,74	5,01	41,74	0,99	< 0,01
Pecíolo	0,01	48,76	15,42	33,34	0,90	< 0,01
Potássio						
Planta inteira	2,36	46,14	12,19	33,95	0,99	< 0,01
Caule	1,42	45,36	10,77	34,59	0,99	< 0,01
Folha	0,56	44,56	13,82	30,75	0,99	< 0,01
Capítulo	0,16	46,74	5,19	41,55	0,99	< 0,01
Pecíolo	0,27	47,16	14,24	32,92	0,97	< 0,01

⁽¹⁾ a: corresponde ao valor de máximo acúmulo; X₀: valor de x, em DAE (Dias Após a Emergência), que proporciona o máximo em a; b: amplitude no valor de x, em DAE, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo; PI: valor de x, em DAE, em que a taxa de acúmulo diário, ainda que positiva, passa a decrescer.

O fósforo apresentou acúmulo máximo próximo de 0,12 g planta⁻¹, com curvas de acúmulo semelhantes nas folhas e no caule (Figura 2C). Este nutriente é vital para o metabolismo energético e síntese de ácidos nucleicos. Em todas as coletas, as folhas foram responsáveis pela maior porcentagem de acúmulo de fósforo. A partir do 36 DAE, observou-se um aumento no acúmulo deste nutriente no caule e, aos 43 DAE, verificou-se uma redução de P nas folhas e no caule, acompanhada pelo aumento do teor no capítulo, o que pode indicar uma translocação deste elemento para o órgão reprodutivo ou mudança do dreno preferencial (Figura 2D). O valor máximo estimado de acúmulo de

P foi condizente com o valor observado, e o seu ponto de inflexão foi estabelecido aos 35,03 DAE (Quadro 4).

O potássio foi o macronutriente com maior exigência quantitativa, apresentando acúmulo superior a 2 g planta⁻¹ (Figura 2E). O potássio é importante para a regulação osmótica e ativação enzimática do vegetal. As folhas foram responsáveis pela maior porcentagem de acúmulo deste nutriente no período vegetativo (8 a 22 DAE). No entanto, com o início da fase reprodutiva, o caule passou a apresentar a maior concentração em relação aos demais órgãos (Figura 2F). O ponto de inflexão deste nutriente na folha foi estimado aos 30,75 DAE e, na haste aos 34,59 DAE (Quadro 4).

Os modelos ajustados para o acúmulo de Ca, Mg e S apresentaram elevada qualidade estatística, com valores de R² ajustado variando de 0,94 a 0,99 ($p < 0,01$) para todas as partes da planta analisadas (Quadro 5).

A absorção do cálcio iniciou-se de forma lenta até 15 DAE, apresentando incremento acentuado em seguida e atingindo seu pico no momento da colheita das hastes, com o acúmulo de 0,75 g planta⁻¹ (Figura 3A). O Ca é um nutriente de baixa mobilidade na planta e fundamental para a estabilidade da parede celular. Sua distribuição no momento da colheita foi: folhas (51,71%), caule (27,96%), capítulo (12,35%) e pecíolo (7,98%) (Figura 3B). A predominância do Ca nas folhas e o ponto de inflexão foliar com o menor valor entre os órgãos da parte aérea (Quadro 5) são consistentes com sua função estrutural e reduzida redistribuição de órgãos senescentes.

A curva de acúmulo total do magnésio mostrou crescimento contínuo até o momento da colheita (Figura 3C). O Mg é componente central da molécula de clorofila e ativador enzimático. As folhas foram responsáveis pela maior parcela do acúmulo até os 36 DAE, momento em que o caule assumiu uma participação percentual similar (Figura 3D). Por ser um elemento móvel na planta, a folha passa a atuar como fonte de remobilização de Mg para o capítulo nas fases finais, uma vez que, a participação relativa da haste se manteve estável a partir da 5ª coleta (36 DAE) (Figura 3D). O valor máximo estimado de acúmulo foi de 0,30 g planta⁻¹ aos 47,84 DAE (Quadro 5).

O enxofre apresentou aumento acentuado no acúmulo após 15 DAE, atingindo o pico na colheita com 0,15 g planta⁻¹ (Figura 3E). Este nutriente é essencial na formação de aminoácidos e proteínas. Observou-se acúmulo crescente em toda a parte aérea, sendo que, aos 43 DAE, o caule apresentou uma leve redução no ritmo de acúmulo (Figura 3F). O caule e as folhas foram os órgãos com os maiores acúmulos máximos estimados de S, ocorrendo aos 43,79 e 45,54 DAE, respectivamente (Quadro 5).

Quadro 5. Parâmetros do modelo de regressão ajustados para acúmulo de Ca, Mg e S em diferentes partes de plantas do girassol de corte cv. ‘Vincent’s Choice’. UFGD, Dourados/MS, 2025.

Dourados/MS, 2023.						
Parte da planta	Coeficiente de regressão ajustados ⁽¹⁾			PI (X ₀ - b)	R ² ajustado	P _{valor}
	a	X ₀	b			
	g planta ⁻¹	DAE				
Cálcio						
Planta inteira	0,73	49,99	15,18	34,81	0,98	< 0,01
Caule	0,21	53,40	15,11	38,29	0,94	< 0,01
Folha	0,39	45,11	14,17	30,94	0,98	< 0,01
Capítulo	0,10	46,91	4,78	42,13	0,99	< 0,01
Pecíolo	0,06	51,70	15,75	35,95	0,95	< 0,01
Magnésio						
Planta inteira	0,30	47,84	11,79	36,05	0,99	< 0,01
Caule	0,13	46,59	9,63	36,96	0,99	< 0,01
Folha	0,12	47,07	13,50	33,57	0,99	< 0,01
Capítulo	0,03	49,08	8,36	40,71	0,99	< 0,01
Pecíolo	0,03	49,99	13,30	36,69	0,99	< 0,01
Enxofre						
Planta inteira	0,16	45,91	11,84	34,06	0,99	< 0,01
Caule	0,06	43,79	9,60	34,19	0,99	< 0,01
Folha	0,06	45,54	13,87	31,67	0,99	< 0,01
Capítulo	0,03	45,86	4,29	41,57	0,99	< 0,01
Pecíolo	0,01	46,94	13,67	33,27	0,98	< 0,01

⁽¹⁾ a: corresponde ao valor de máximo acúmulo; X₀: valor de x, em DAE (Dias Após a Emergência), que proporciona o máximo em a; b: amplitude no valor de x, em DAE, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo; PI: valor de x, em DAE, em que a taxa de acúmulo diário, ainda que positiva, passa a decrescer.

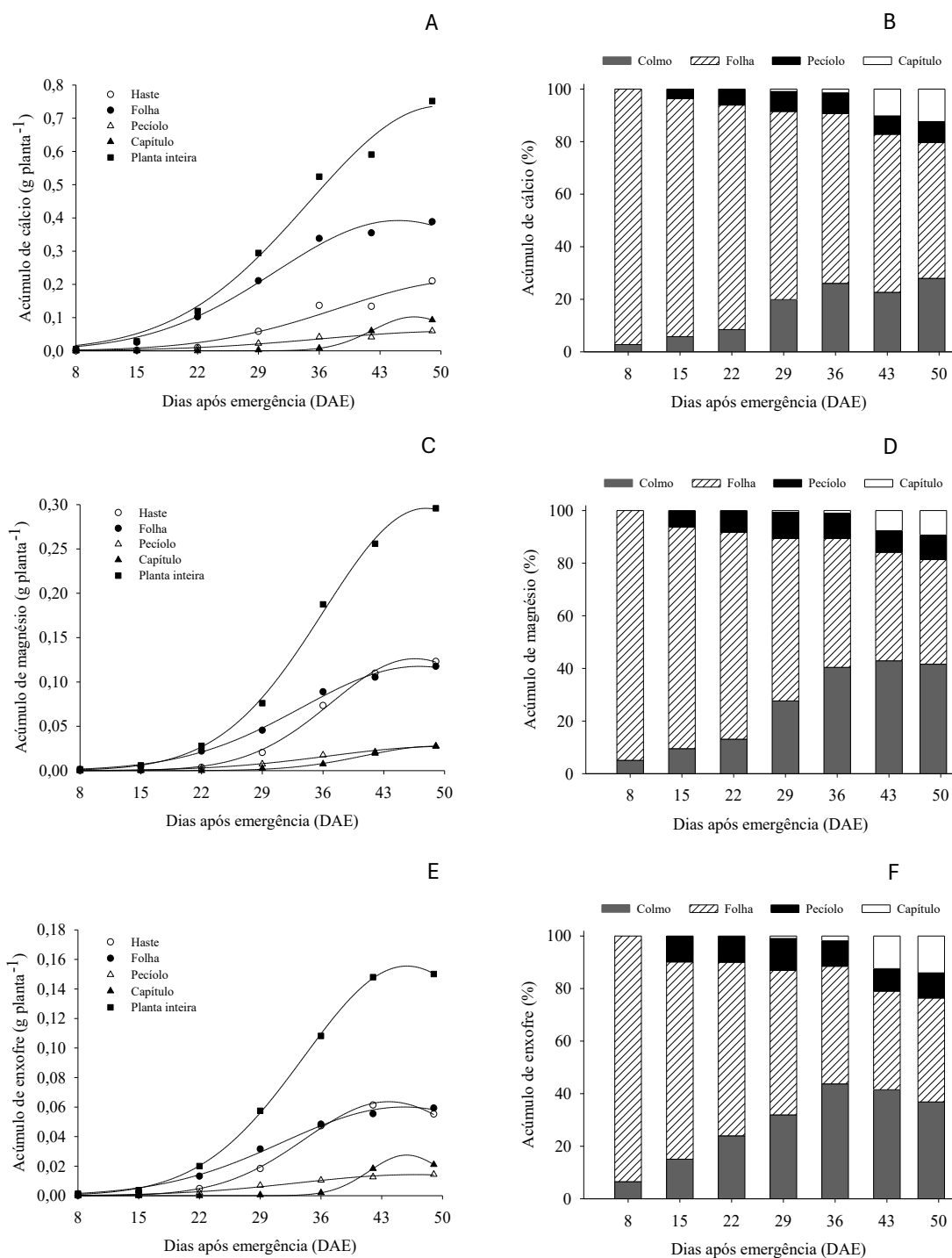


FIGURA 3. Acúmulo de Ca (A, B), Mg (C, D) e S (E, F) na parte aérea de girassol de corte cv. 'Vincent's Choice' em função dos dias após emergência. UFGD, Dourados/MS, 2025.

Os modelos ajustados para o acúmulo de B, Cu, Mn e Zn demonstraram elevada qualidade estatística, com valores de R^2 ajustado variando de 0,88 a 0,99 ($p < 0,01$) para todas as partes da planta (Quadro 6).

QUADRO 6. Parâmetros do modelo de regressão ajustados para acúmulo de B, Cu, Mn e Zn em diferentes partes de plantas do girassol de corte cv. ‘Vincent’s Choice’. UFGD, Dourados/MS, 2025.

Coeficiente de regressão ajustados ⁽¹⁾						
Parte da planta	a	X ₀	b	PI (X ₀ - b)	R ² ajustado	P _{valor}
	mg planta ⁻¹	DAE				
Boro						
Planta inteira	1,92	48,15	12,78	35,37	0,99	< 0,01
Caule	0,78	46,03	9,47	36,57	0,98	< 0,01
Folha	0,71	43,58	13,16	30,43	0,98	< 0,01
Capítulo	0,39	46,61	4,75	41,86	0,99	< 0,01
Pecíolo	0,16	52,49	16,43	36,06	0,98	< 0,01
Cobre						
Planta inteira	0,96	44,14	11,40	32,74	0,99	< 0,01
Caule	0,28	40,69	8,76	31,92	0,99	< 0,01
Folha	0,58	45,82	13,11	32,71	0,99	< 0,01
Capítulo	0,14	45,77	4,38	41,39	0,99	< 0,01
Pecíolo	0,04	39,40	11,51	27,89	0,88	< 0,01
Manganês						
Planta inteira	2,45	48,18	13,22	34,95	0,99	< 0,01
Caule	0,71	47,58	11,16	36,42	0,99	< 0,01
Folha	1,31	45,97	13,65	32,32	0,99	< 0,01
Capítulo	0,35	46,08	4,32	41,76	0,99	< 0,01
Pecíolo	0,16	48,77	14,49	34,28	0,99	< 0,01
Zinco						
Planta inteira	2,42	52,42	15,15	37,28	0,99	< 0,01
Caule	1,34	49,87	11,99	37,88	0,98	< 0,01
Folha	0,66	43,38	13,65	29,72	0,97	< 0,01
Capítulo	0,32	48,87	5,43	43,44	0,99	< 0,01
Pecíolo	0,07	50,61	19,50	31,11	0,88	< 0,01

⁽¹⁾ a: corresponde ao valor de máximo acúmulo; X₀: valor de x, em DAE (Dias Após a Emergência), que proporciona o máximo em a; b: amplitude no valor de x, em DAE, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo; PI: valor de x, em DAE, em que a taxa de acúmulo diário, ainda que positiva, passa a decrescer.

A curva de acúmulo de boro na planta inteira foi crescente, alcançando 1,90 mg planta⁻¹ na colheita (Figura 4A). O valor máximo estimado foi de 1,92 mg planta⁻¹ aos 48,15 DAE (Quadro 6). O B, micronutriente essencial para o desenvolvimento de tecidos meristemáticos e integridade da parede celular, apresentou, aos 49 DAE, as maiores porcentagens de distribuição no caule (38,33%) e nas folhas (35,12%). Uma sutil diminuição no ritmo de acúmulo foi observada aos 43 DAE, o que provavelmente está relacionado à desaceleração do crescimento do caule nesta fase (Figura 4B).

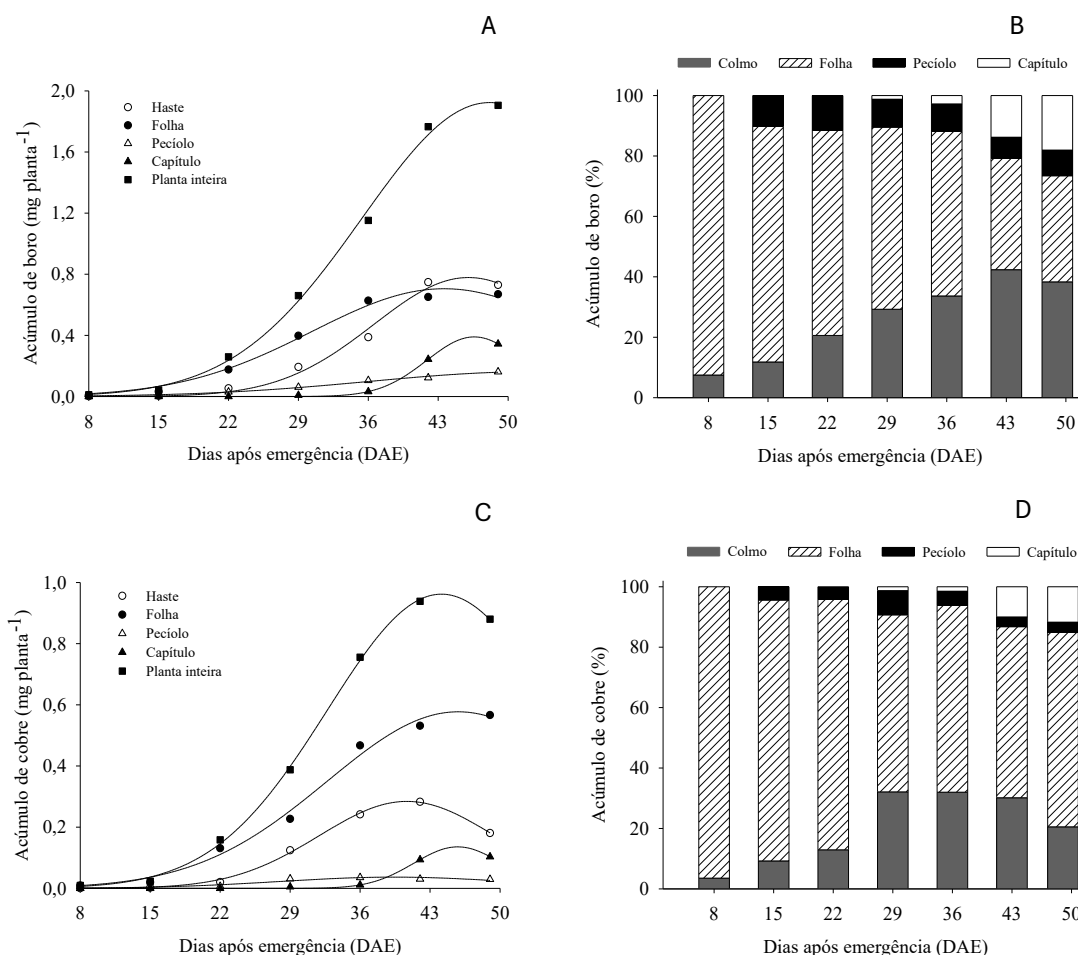


FIGURA 4. Acúmulo de boro (A, B) e cobre (C, D) na parte aérea de girassol de corte cv. 'Vincent's Choice' em função dos dias após emergência. UFGD, Dourados/MS, 2025.

O cobre atingiu o ponto máximo de acúmulo na planta inteira aos 43 DAE (R4) com 0,94 mg planta⁻¹, seguido por uma redução de 6,2% em 49 DAE (R5) (Figura 4C). O Cu é um componente de enzimas e possui baixa mobilidade na planta. O valor máximo estimado de acúmulo foi de 0,96 mg planta⁻¹ aos 44,14 DAE (Quadro 6). No momento da colheita, as folhas (64,36%) e o capítulo ainda acumulavam este nutriente (Figura 4D).

Esta dinâmica pode refletir a senescência foliar e remobilização parcial, mantendo a demanda contínua para os tecidos ativos.

Seguindo com a análise dos micronutrientes, o acúmulo de manganês, importante cofator enzimático e participante em processos fotossintéticos, foi crescente em toda a parte aérea até a colheita. No capítulo, houve um aumento expressivo entre a coleta 36 e a de 49 DAE (colheita), passando de 0,023 mg planta⁻¹ para 0,279 mg planta⁻¹ (Figura 5A). Este aumento pode indicar uma alta demanda para o desenvolvimento reprodutivo tardio. Na colheita, a folha (53,09%) foi o órgão com maior porcentagem de acúmulo, seguida pelo caule (28,86%), capítulo (11,47%) e pecíolo (6,59%) (Figura 5B). O valor máximo estimado de acúmulo deste nutriente na planta inteira foi de 2,45 mg planta⁻¹ aos 48,18 DAE (Quadro 6).

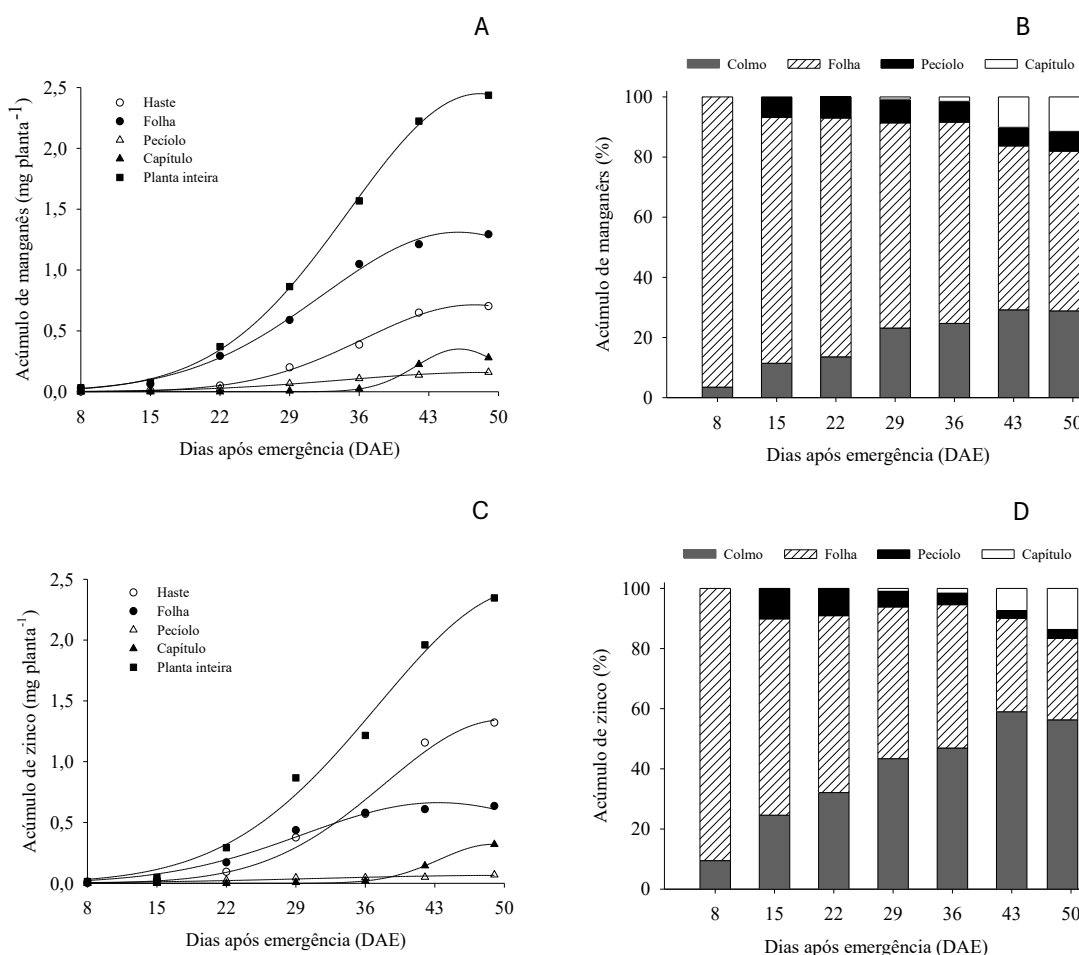


FIGURA 5. Acúmulo de Mg (A, B) e Zn (C, D) na parte aérea de girassol de corte cv. 'Vincent's Choice' em função dos dias após emergência. UFGD, Dourados/MS, 2025.

A curva de absorção do zinco na planta inteira seguiu padrão similar aos demais nutrientes. O Zn é essencial para a síntese de proteínas e hormônios de crescimento. Entre

8 e 36 DAE, as folhas concentraram a maior parte do zinco absorvido. Na colheita, o acúmulo total foi de 2,35 mg planta⁻¹ (Figura 5C). As maiores distribuições foram observadas no caule (56,31%), folha (27,07%), capítulo (13,65%) e pecíolo (2,97%) (Figura 5D). O valor máximo estimado de acúmulo nas folhas ocorreu aos 43,38 DAE, enquanto no caule a estimativa indicou continuidade após a colheita (Quadro 6). A translocação das folhas para o caule e capítulo nas fases avançadas sugere uma remobilização eficiente para órgãos em crescimento ativo.

O K é o nutriente absorvido em maior quantidade total, seguido por N, Ca, Mg, S, P, Mn, Zn, B e Cu. A ordem crescente de acúmulo total de nutrientes na planta inteira do girassol de corte cv. 'Vincent's Choice' foi: Cu < B < Zn < Mn < P < S < Mg < Ca < N < K (QUADRO 7 e 8). Estes padrões gerais fornecem informações sobre as janelas de maior demanda nutricional, permitindo ajustar a adubação às necessidades fisiológicas da cultivar durante seu ciclo.

QUADRO 7. Valores médios de acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S (g planta⁻¹) em diferentes órgãos e da planta inteira do girassol de corte cv. 'Vincent's Choice' em função dos dias após a emergência (DAE). UFGD, Dourados/MS, 2025.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Coleta	g planta ⁻¹					
	Folhas					
8 DAE	0,01014	0,00083	0,01370	0,00522	0,00142	0,00127
15 DAE	0,02935	0,00199	0,03303	0,02590	0,00495	0,00282
22 DAE	0,16618	0,01131	0,15232	0,10230	0,02197	0,01325
29 DAE	0,34653	0,02714	0,29554	0,21094	0,04559	0,03163
36 DAE	0,56717	0,03972	0,47855	0,33847	0,08897	0,04845
43 DAE	0,56138	0,03941	0,51879	0,35506	0,10541	0,05551
49 DAE	0,59211	0,04776	0,53821	0,38873	0,11764	0,05934
	Pecíolo					
15 DAE	0,00144	0,00015	0,00738	0,00105	0,00037	0,00037
22 DAE	0,00892	0,00091	0,04980	0,00729	0,00233	0,00200
29 DAE	0,02419	0,00377	0,12726	0,02253	0,00742	0,00696
36 DAE	0,04172	0,00568	0,22058	0,04162	0,01760	0,01050

43 DAE	0,03721	0,00507	0,22708	0,04153	0,02115	0,01270
49 DAE	0,04181	0,00739	0,27903	0,05998	0,02764	0,01439
Haste						
8 DAE	0,00045	0,00004	0,00194	0,00015	0,00008	0,00009
15 DAE	0,00300	0,00030	0,01382	0,00166	0,00056	0,00057
22 DAE	0,02742	0,00301	0,12355	0,01014	0,00367	0,00481
29 DAE	0,09051	0,01525	0,43362	0,05854	0,02044	0,01835
36 DAE	0,21309	0,03802	1,01678	0,13661	0,07344	0,04731
43 DAE	0,33150	0,03882	1,32343	0,13402	0,10982	0,06141
49 DAE	0,26675	0,04489	1,35595	0,21023	0,12315	0,05532
Capítulo						
29 DAE	0,00474	0,00080	0,00508	0,00260	0,00260	0,00054
36 DAE	0,01703	0,00284	0,01809	0,00746	0,00746	0,00195
43 DAE	0,11954	0,01842	0,10375	0,06028	0,01953	0,01835
49 DAE	0,15759	0,02604	0,14321	0,09286	0,02749	0,02104
Planta inteira						
8 DAE	0,01059	0,00087	0,01564	0,00537	0,00149	0,00136
15 DAE	0,03380	0,00244	0,05424	0,02861	0,00588	0,00376
22 DAE	0,20252	0,01524	0,32567	0,11973	0,02797	0,02006
29 DAE	0,46598	0,04696	0,86149	0,29461	0,07605	0,05747
36 DAE	0,83901	0,08626	1,73401	0,52416	0,18747	0,10821
43 DAE	1,04963	0,10170	2,17305	0,59088	0,25591	0,14797
49 DAE	1,05826	0,12608	2,31640	0,75180	0,29592	0,15010

QUADRO 8. Valores médios de acúmulo de B, Cu, Mn e Zn (mg planta^{-1}) e em diferentes órgãos e planta inteira do girassol de corte cv. 'Vincent's Choice' em função dos dias após a emergência (DAE). UFGD, Dourados/MS, 2025.

Coleta	B	Cu	Mn	Zn
	mg planta^{-1}			
	Folhas			
8 DAE	0,00906	0,00906	0,03103	0,01300

15 DAE	0,03260	0,02000	0,06339	0,03146
22 DAE	0,17621	0,13122	0,29436	0,17196
29 DAE	0,39788	0,22712	0,58943	0,43719
36 DAE	0,62741	0,46739	1,04945	0,57936
43 DAE	0,65119	0,53156	1,21221	0,60950
49 DAE	0,66904	0,56661	1,29379	0,63534

Pecíolo

15 DAE	0,00428	0,00102	0,00531	0,00488
22 DAE	0,02996	0,00666	0,02603	0,02647
29 DAE	0,06108	0,03110	0,06825	0,04523
36 DAE	0,10511	0,03532	0,10884	0,04714
43 DAE	0,12273	0,03030	0,13737	0,05047
49 DAE	0,16198	0,02959	0,16048	0,06969

Haste

8 DAE	0,00195	0,00033	0,00113	0,00136
15 DAE	0,00494	0,00215	0,00889	0,01186
22 DAE	0,05346	0,02048	0,05038	0,09389
0,00646	0,00646	0,00646	0,00646	0,00646
36 DAE	0,38793	0,24176	0,38712	0,57072
43 DAE	0,74804	0,28301	0,64927	1,15670
49 DAE	0,73025	0,18084	0,70320	1,32142

Capítulo

29 DAE	0,00803	0,00492	0,00646	0,00825
36 DAE	0,03194	0,01114	0,02293	0,01885
43 DAE	0,24370	0,09366	0,22468	0,14418
49 DAE	0,34394	0,10327	0,27944	0,32034

Planta inteira

8 DAE	0,01100	0,00939	0,03216	0,01436
15 DAE	0,04182	0,02316	0,07759	0,04821
22 DAE	0,25963	0,15836	0,37078	0,29233

29 DAE	0,66013	0,38757	0,86429	0,86698
36 DAE	1,15238	0,75561	1,56834	1,21606
43 DAE	1,76566	0,93853	2,22354	1,96084
49 DAE	1,90521	0,88032	2,43691	2,34679

DISCUSSÃO

Ao longo do ciclo de vida do girassol de corte, a planta aloca seus recursos conforme as suas prioridades fisiológicas. A fase inicial de crescimento lento observada é característica das Asteraceae, como relatado por Mauad et al. (2015) com a cultura do Níger e Zobiolo et al. (2010) com a cultura do girassol. Nesta etapa, a maior parte da matéria seca é alocada para a formação das folhas, o que sugere uma estratégia para maximizar a área fotossintética e a produção de fotoassimilados. Simultaneamente o caule inicia o acúmulo contínuo de biomassa para o suporte estrutural. Posteriormente, a proporção de matéria seca alocada para as folhas começa a diminuir percentualmente, enquanto a proporção no caule aumenta significativamente, o que pode ser relacionado à necessidade de maior acúmulo de matéria seca para dar suporte ao capítulo floral. Isso indica uma fase de intenso crescimento vegetativo e estrutural da haste.

O capítulo apresenta uma participação expressiva a partir dos 36 DAE, sinalizando a priorização do desenvolvimento reprodutivo. Neste momento, observa-se que as folhas e o pecíolo reduzem o ritmo de acúmulo de matéria seca, permitindo inferir que a planta passa a priorizar o órgão reprodutivo como dreno preferencial. Esse comportamento é reforçado na fase final do ciclo, quando o acúmulo de matéria seca no capítulo torna-se dominante. Tal direcionamento de recursos para a inflorescência é o que garante o padrão de qualidade exigido pelo valor comercial da espécie. Nesta fase, a contribuição percentual do caule permanece elevada para garantir a sustentação, enquanto a das folhas diminui, o que sugere a ocorrência de processos de senescência e remobilização.

O valor máximo estimado de acúmulo de matéria seca da planta inteira ocorreu após o ponto de colheita. Esse fato explica-se pela interrupção do ciclo biológico pleno, uma vez que a haste ornamental não atinge a maturidade fisiológica total no campo. O girassol de corte é colhido preferencialmente quando as flores liguladas estão em estágios fechados ou intermediários (NASCIMENTO et al. 2019), visando garantir maior vida de vaso ao consumidor final.

A dinâmica de acúmulo de MS e nutrientes na cultivar de girassol de corte demonstra um padrão sigmoide na planta inteira, característico do crescimento vegetal (SANTANA et al., 2023; CRUSCIOL et al., 2021). A absorção de nutrientes inicia-se de forma lenta nas fases iniciais (8 a 22 DAE), intensifica-se durante o período de maior desenvolvimento vegetativo, acúmulo de biomassa e formação do capítulo (22 a 43 DAE), e tende à estabilização ou ao redirecionamento do dreno principal após o estágio R4 (43 DAE), que marca o início da visibilidade da cor da flor (SCHNEITER e MILLER, 1981).

Esses padrões gerais de acúmulo são fundamentais para a compreensão das janelas de maior demanda nutricional, permitindo ajustar o manejo da adubação às necessidades fisiológicas do girassol de corte durante seu ciclo.

Com base nos resultados obtidos nesse trabalho, pode-se inferir que, ao longo do ciclo de vida, o girassol de corte aloca seus recursos de acordo com suas prioridades produtivas específicas. Na fase inicial, a maior parte da matéria seca é alocada para as folhas, o que sugere uma estratégia para maximizar a área fotossintética e a produção de fotoassimilados. O caule também inicia o acúmulo de biomassa para suporte estrutural. Posteriormente, a proporção de MS alocada para as folhas diminui percentualmente, enquanto a participação do caule aumenta de forma significativa, indicando uma fase de intenso crescimento vegetativo e estrutural.

A partir de 29 DAE, o capítulo começa a apresentar uma participação bem definida na biomassa, sinalizando uma mudança de dreno preferencial e a priorização do desenvolvimento reprodutivo, característica essencial para culturas de flores de corte (HAUSSECKER et al., 2023).

Observa-se que, nas fases mais tardias, o acúmulo de matéria seca no capítulo torna-se dominante, o que é confirmado no estágio final do ciclo produtivo. Esse redirecionamento de massa, demonstra a prioridade da planta em alocar recursos para este órgão de alto valor comercial. Nesse período, a contribuição percentual do caule permanece elevada, enquanto a das folhas diminui, sugerindo a ocorrência de senescência e remobilização de nutrientes para órgãos de crescimento ativo (BENDER et al., 2013).

O K foi o nutriente absorvido em maior quantidade total na planta inteira (acima de 2 g planta⁻¹), seguido por N, Ca, Mg, S e P (Tabela 7). Esta ordem decrescente de acúmulo (K > N > Ca > Mg > S > P > Mn > Zn > B > Cu) para o girassol ornamental de corte demonstra a importância desses elementos na composição da biomassa da parte aérea.

Estudos com girassol granífero também indicam o K e o N como os macronutrientes mais absorvidos, embora a dinâmica de alocação possa diferir devido às prioridades de enchimento de grãos (ZOBIOLE et al., 2010; GERASSIMOVA et al., 2023). Nas variedades destinadas à produção de grãos, o K é identificado como o elemento de maior acúmulo na parte aérea, sendo fundamental para a produtividade (ZOBIOLE et al., 2010), o que corrobora os resultados do presente estudo.

O K desempenha papel fundamental na defesa vegetal contra pragas e doenças, em situações de estresse e na resistência mecânica da haste floral (SOUZA et al. 2024). Observou-se que o girassol de corte priorizou o acúmulo deste nutriente no caule, o que favorece a qualidade ornamental da haste, seu principal produto comercial. Devido à elevada demanda desse nutriente, é necessário adequar o cronograma de adubação para atender às necessidades nutricionais da cultivar, garantindo hastes com boas características estéticas e reduzindo riscos de tombamento ou quebra em campo.

O N, componente fundamental de proteínas e clorofila, refletiu a elevada atividade metabólica da planta. Seu acúmulo total superou 1 g planta^{-1} , com incremento acentuado até aproximadamente 43 DAE (Figura 2A). O ponto de inflexão aos 32,85 DAE (Tabela 4) indica que a maior taxa de acúmulo diária de N ocorreu durante a fase de rápida expansão vegetativa e o início do desenvolvimento reprodutivo. O acúmulo inicial de N no caule e nas folhas é coerente com o papel desses órgãos na fotossíntese e síntese de biomassa, enquanto o aumento percentual no capítulo em estádios avançados (Figura 2B) sugere a translocação de N para as estruturas florais (COELHO et al., 2022).

O K, associado à regulação osmótica, ativação enzimática e suporte ao transporte de açúcares, apresentou os maiores valores de acúmulo. As folhas foram o órgão de maior acúmulo na fase vegetativa (8-22 DAE), mas o caule tornou-se o dreno principal na fase reprodutiva (Figura 2F), o que é esperado para uma cultura que demanda turgor e suporte estrutural para a inflorescência (MACCHINDRA et al., 2023). Os pontos de inflexão distintos para folha (30,75 DAE) e caule (34,59 DAE) demonstram essa mudança na alocação de K.

O acúmulo de K mostrou um padrão diferente do N e P. Enquanto a folha atuou como dreno principal para estes, o caule assumiu esse papel para o K. Pode-se inferir que a redistribuição de K em girassol de corte ocorra inicialmente das folhas para o capítulo e, posteriormente, dos pecíolos para o capítulo, de forma semelhante ao observado por Zobirole et al. (2010) em girassol granífero e Mauad et al. (2015) com a cultura do níger, ambas da família da Asteraceae. Atenção especial deve ser dada a adubação potássica,

visto que o caule é o órgão de maior acúmulo e, junto às folhas e capítulo, compões a haste comercializada, resultando em elevada exportação de K da área de cultivo.

Os pontos de inflexão do N (32,85 DAE) e do potássio (33,95 DAE na planta inteira) estão cronologicamente próximos. Este fato sugere a viabilidade da adubação de cobertura conjunta, otimizando o manejo nutricional. Os resultados indicam que essa intervenção deve ser concentrada ou parcelada antes do período crítico (entre 30 e 35 DAE), garantindo a disponibilidade no momento de máxima taxa de absorção.

O P, vital para o metabolismo energético, apresentou acúmulo máximo próximo a $0,13 \text{ g planta}^{-1}$. A partir de 36 DAE, o caule demonstrou participação similar às folhas (Figura 2D), e o valor máximo estimado aos 49,04 DAE sugere demanda contínua, deste nutriente, até o final do ciclo para a formação floral. A provável realocação de P das folhas e do caule para a parte reprodutiva corrobora estudos em Asteraceae que observam o acúmulo deste nutriente na formação de estruturas reprodutivas (ZOBIOLE et al., 2010; MAUAD et al., 2015). O Ca, nutriente de baixa mobilidade e essencial para a integridade da parede celular, apresentou incremento acentuado após os 15 DAE, atingindo o ápice na colheita ($0,75 \text{ g planta}^{-1}$). A predominância de Ca nas folhas (51,71%) e o menor ponto de inflexão da foliar (Quadro 5) são consistentes com sua reduzida mobilidade sistêmica, sugerindo a dependência de um suprimento contínuo para o desenvolvimento de novos tecidos, como o capítulo (Figura 3B).

O Mg, componente central da clorofila, mostrou acúmulo crescente até a colheita. As folhas foram as principais acumuladoras até os 36 DAE, quando o caule assumiu uma participação similar (Figura 3D). O valor máximo aos 47,84 DAE (Quadro 5) reforça a importância do nutriente para a manutenção da atividade fotossintética, inclusive no caule, que apresenta pigmentação verde no girassol. O S também apresentou incremento acentuado após os 15 DAE. A redução observada no caule aos 43 DAE (Figura 3F) sugere uma mudança de dreno preferencial para outros órgãos na fase final.

Quanto aos micronutrientes, embora exigidos em menores quantidades, estes desempenham papéis vitais no desenvolvimento pleno do girassol. A dinâmica do B, fundamental para o desenvolvimento de tecidos meristemáticos, crescimento do tubo polínico e síntese de componentes da parede celular, como lignina, pectina e celulose (MARSCHNER, 2012), revelou acúmulo contínuo até a colheita, alcançando $1,90 \text{ mg planta}^{-1}$ (Figura 4A). Esse aporte constante de B é importante para que o caule suporte o peso do capítulo floral, evitando quebras e o consequente descarte comercial da haste. A redução observada no acúmulo relativo do caule aos 49 DAE, enquanto folhas e capítulo

mantêm incrementos significativos (Figura 4B) permite inferir uma mudança na força dos drenos metabólicos em direção ao órgão reprodutivo.

Para o Cu, elemento de mobilidade intermediária e essencial em processos redox, o acúmulo máximo na planta inteira ocorreu aos 43 DAE (estádio R4), com 0,94 mg planta⁻¹, seguido por uma redução de 6,2% aos 49 DAE (estádio R5) (Figura 4C). Esse declínio no acúmulo total pode ser associado à senescência foliar acentuada no final do ciclo. No entanto, o acúmulo persistente verificado nas remanescentes folhas e capítulo no momento da colheita (Figura 4D) sugere uma demanda contínua desses tecidos, possivelmente ligada à formação das estruturas florais finais.

O Mn, cofator enzimático e indispensável na fotólise da água durante a fotossíntese, demonstrou acúmulo crescente em toda a parte aérea. O incremento expressivo observado no capítulo entre 36 e 49 DAE, onde o acúmulo saltou de 0,02 para 0,28 mg planta⁻¹ (Figura 5A), é um dado de grande impacto fisiológico. Ele evidencia uma forte demanda durante o desenvolvimento reprodutivo tardio. Embora a folha tenha sido o órgão com maior porcentagem de acúmulo na colheita (Figura 5B), essa alocação tardia para o capítulo sugere ser fundamental para a qualidade estética e final da flor.

A curva de absorção do Zn na planta inteira seguiu um padrão similar aos demais nutrientes, reforçando seu papel essencial na síntese de proteica e como precursor de hormônios de crescimento. Inicialmente, as folhas concentraram a maior parte do Zn absorvido. Contudo, nas fases avançadas, observou-se uma translocação expressiva para o caule (56,31% na colheita) e capítulo (13,65%) (Figura 5D). Este padrão sugere uma remobilização do Zn a partir das folhas para os órgãos de crescimento ativo e de armazenamento, como o caule, que continua a atuar como dreno mesmo após a estabilização do acúmulo foliar.

A elevada demanda por K e N sugere a necessidade estratégica de parcelamento da adubação, especialmente em solos com baixa capacidade de troca catiônica (CTC), para garantir um suprimento contínuo (MACCHINDRA et al., 2023). A alocação tardia de Mn e Zn para o capítulo reforça a importância de manter a planta bem suprida com micronutrientes até as fases finais para garantir a qualidade comercial. Paralelamente, a dinâmica de nutrientes de baixa mobilidade, como cálcio e boro, indica que um fornecimento constante é indispensável para evitar desordens fisiológicas nas novas estruturas em desenvolvimento.

Os resultados deste estudo fornecem subsídios técnicos fundamentais para otimizar o manejo nutricional do girassol de corte cv. 'Vincent's Choice'. O padrão

sigmoide observado indica que a janela de maior demanda nutricional ocorre entre 22 e 43 DAE, período que abrange o pico do desenvolvimento vegetativo e a formação da inflorescência. A identificação dos Pontos de Inflexão (PI) para cada nutriente e órgão permite que o produtor ajuste o cronograma de fertilização, concentrando as aplicações nos períodos de máxima eficiência de absorção.

Essa capacidade de sincronizar a oferta de nutrientes com o ritmo biológico da planta é a essência da agricultura de precisão temporal. Ao utilizar esses dados robustos para definir o *timing* exato da adubação de cobertura, o produtor minimiza o desperdício de insumos e reduz os riscos de impacto ambiental por lixivação ou volatilização. Tal eficiência está em consonância com as diretrizes da FAO (2025), que preconiza o uso racional de fertilizantes como pilar para a regeneração dos sistemas agroalimentares globais.

Em última análise, o estabelecimento desta base detalhada de marcha de absorção posiciona a cultura do girassol de corte nos parâmetros da Floricultura 5.0. O manejo deixa de ser baseado em generalizações para se fundamentar em dados biológicos específicos, onde a tecnologia e a fisiologia vegetal trabalham juntas para garantir a rentabilidade e a entrega de um produto de alta qualidade estética. Este pioneirismo estabelece a primeira base detalhada na marcha de absorção de nutrientes para o girassol de corte no Brasil, sendo fundamental para a profissionalização e competitividade da floricultura nacional.

CONCLUSÃO

O K é o macronutriente acumulado em maior quantidade pelo girassol ornamental cv. 'Vincent's Choice', sendo alocado preferencialmente no caule a partir dos 36 DAE. Esse padrão de partição de massa indica que o caule atua como o dreno principal de K na fase reprodutiva, sendo o fator determinante para a sustentação mecânica e a qualidade comercial da haste floral.

A máxima taxa de absorção diária (ponto de inflexão) para o N e K ocorre simultaneamente entre 32,85 e 33,95 DAE. Com base nessa dinâmica, para otimizar a eficiência do uso de fertilizantes, as adubações de cobertura com N e K devem ser antecipadas a essa janela crítica de máxima demanda fisiológica (antes dos 30 DAE).

A ordem decrescente de acúmulo total de nutrientes na parte aérea do girassol de corte cv. 'Vincent's Choice' é: $K > N > Ca > Mg > S > P > Mn > Zn > B > Cu$. Esses

resultados estabelecem a base técnica para programas de adubação de precisão, sincronizando o fornecimento de nutrientes com as exigências reais da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; RUFFO, M. L.; BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy journal**, v. 105, n. 1, p. 161-170, 2013.

COÊLHO, E. D. S.; SOUZA, A. R. E. D.; LINS, H. A.; SANTOS, M. G. D.; FREITAS SOUZA, M. D.; TARTAGLIA, F. D. L.; OLIVEIRA, A. K. S.; LOPES, W. A. R.; SILVEIRA, L. M.; MENDONÇA, V.; BARROS JÚNIOR, A. P. Efficiency of nitrogen use in sunflower. **Plants**, v. 11, n. 18, p. 2390, 2022.

CRUSCIOL, C. A. C.; PORTUGAL, J. R.; BOSSOLANI, J. W.; MORETTI, L. G.; FERNANDES, A. M.; GARCIA, J. L. N.; GARCIA, G. L. B.; CANTARELLA, H. Dynamics of macronutrient uptake and removal by modern peanut cultivars. **Plants**, v. 10, n. 10, p. 2167, 2021.

GERASSIMOVA, I.; KATSAROVA, A.; BENKOVA, M.; NENOVA, L.; PETKOVA, Z. Influence of fertilization on uptake of macroelements with sunflower biomass. **Journal of Central European Agriculture**, v. 24, n. 1, p. 236-244, 2023.

HAUSSECKER, R. D.; BISCHOFF, D. I.; MATA, D. A.; VERÓN, R. G.; MORISIGUE, D. E. Nutrient uptake dynamics of Gloriosa for cut flower. **Ornamental Horticulture**, v. 29, p. 313-322, 2023.

KOUTROUBAS, S. D., ANTONIADIS, V., DAMALAS, C. A., & FOTIADIS, S. Sewage sludge influences nitrogen uptake, translocation, and use efficiency in sunflower. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, n. 4, p. 1912-1922, 2020.

MACCHINDRA, D. S.; ACHARYA, A.; CHAUDHARY, D.; PANT, K. Nutrient Management in Floriculture. In A. BURUD, S. M. KOLUR, D. R. KARTHIK, D. L. KUMAR, D. YADAV AND N. KAUSHAL (Eds.), **Floriculture and Landscaping Chronicles: A Collaborative Insights**. Haryana: Stella International Publication, 2023, p. 99-125.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Métodos de análise química de plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants** 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p.

MAUAD, M.; GARCIA, R. A.; VITORINO, A. C. T.; SILVA, R. M. M. F.; GARBIATE, M. V.; COELHO, L. C. F. Matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de Crambe. **Ciência Rural**, v. 43, p. 771-778, 2013.

MAUAD, M.; GARCIA, R. A.; SILVA, R. M. M. F.; SILVA, T. A. F. D.; SCHROEDER, I. M.; KNUDSEN, C. H.; QUARESMA, E. V. W. Produção de matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de niger. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 533-540, 2015.

MAUAD, M.; SANTANA, R. S.; CARLI, T. H.; CARLI, F.; VITORINO, A. C. T.; MUSSURY, R. M.; RECH, J. Dry matter production and nutrient accumulation in *Crotalaria spectabilis* shoots. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 6, p. 615-625, 2019.

NASCIMENTO, Â. M. P. D.; PAIVA, P. D. D. O.; MANFREDINI, G. M.; SALES, T. S. Harvest stages and pulsing in ornamental sunflower 'Sunbright Supreme'. **Ornamental Horticulture**, v. 25, n. 2, p. 149-157, 2019.

PATHANIA, S.; DHIMAN, S. R.; KASHYAP, B.; KUMAR, A., KAUSHAL, R., GUPTA, R. K.; ALKAHTANI, J.; ALMUNQEDHI, B. M. Assessing the influence of planting time and fertilization on growth, flowering, yield and soil properties of chrysanthemum. **Journal of King Saud University-Science**, v. 36, n. 9, p. 103418, 2024.

PUTTHA, R.; VENKATACHALAM, K.; HANPAKDEESAKUL, S.; WONGSA, J.; PARAMETTHANUWAT, T.; SREAN, P.; PAKEECHAI, K.; CHAROENPHUN, N. Exploring the potential of sunflowers: Agronomy, applications, and opportunities within bio-circular-green economy. **Horticulturae**, v. 9, n. 10, p. 1079, 2023.

SANTANA, R. S.; MAUAD, M.; DE MEDEIROS, E. S.; SILVA, P. V.; MUSSURY FRANCO SILVA, R. M.; GONELI, A. L. D. Dry matter accumulation and macronutrient uptake in sugarcane varieties. **Journal of Plant Nutrition**, v. 46, n. 14, p. 3385-3401, 2023.

SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, v. 21, n. 6, p. 901-903, 1981.

SOUZA, G. S.; SORGATO, J. C.; ROSSATO, O. B. Exigências nutricionais do Girassol de corte. In: TOMIOZZO, R.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; DE PAULA, G. M.; ALBERTO, C. M.; BOSCO, L.C.; DE SOUZA, A. G.; ROSSATO, O. B.; DA LUZ, P. B.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; LEI, L. (Org.). **Girassol de corte: Inovação e sustentabilidade na floricultura moderna**. 1ed. Santa Maria: Editora GR, 2024, v. 1, p.89-110

SUJATHA, S.; ASWATH, C.; SHILPASHREE, V. M. Assessing resource use in gerbera genotypes for precision nutrient use in protected condition. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 14, p. 2200-2213, 2020.

TOMASI, T. C.; REIS, L. C.; TAIRA, T. L.; SOARES, J. S.; TOMIOZZO, R.; UHLMANN, L. O.; STRECK, N. A.; SORGATO, J. C. Plant density and location: optimization of growth and quality of cut sunflower in tropical and subtropical environments. **Plants**, v. 13, n. 19, p. 2810, 2024.

TOMIOZZO, R. ; SILVA, L. G. O. ; FIGUEREDO, H. F. ; VALENTIM, S. M. S. ; STRECK, N.A. ; UHLMANN, L. O. ; MARTINEZ, C. M. T. ; MANSUINO, A. ; CAVALCANTE, M. Z. B. ; LUZ, P. B. ; BOSCO, L. C. ; ITAKO, A. T. ; TOLENTINO JUNIOR, J. B. ; REIS, S. N. ; SILVA, L. M. C. ; SORGATO, J. C. ; COSTA, L. C. ; LUZ, L. M. ; MARAFIGO, D. R. F. ; ROSO, T. P. . **Brazilian cut sunflower trial: technical report**. 1a. ed. Santa Maria: Equipe PhenoGlad, 2024. v. 1. 59p.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

VITTI, G. C. 1989. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e nas plantas**. Jaboticabal: Fundação de Apoio A Pesquisa Ensino e Extensão. 37p.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C. D.; OLIVEIRA, F. A. D.; OLIVEIRA JUNIOR, A. D. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 425-434, 2010.

ZOBIOLE, L. H. S., CASTRO, C. D., OLIVEIRA, F. A. D., OLIVEIRA JÚNIOR, A. D., & MOREIRA, A. Curva de absorção de micronutrientes na cultura do girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 346-353, 2011.

ZHANG, P.; ZHOU, J.; HE, D.; YANG, Y.; LU, Z.; YANG, C.; ZHANG, D.; LI, F.; WANG, J.. From flourish to nourish: cultivating soil health for sustainable floriculture. **Plants**, v. 13, n. 21, p. 3055, 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese atingiu integralmente o seu objetivo ao estabelecer um conjunto de informações agronômicas e fisiológicas inéditas para o cultivo do girassol de corte ‘Vincent's Choice’. Os resultados fornecem subsídios que atendem a demandas importantes dos produtores, viabilizando um cultivo mais econômico, sustentável e alinhado às rigorosas exigências do mercado internacional. O principal achado desta investigação reside na validação de que o manejo do girassol de corte deve ser de alta precisão, com foco na partição de biomassa e na qualidade estrutural da haste.

No âmbito das práticas agronômicas detalhadas no primeiro capítulo, demonstrou-se que, para atender às exigências do Padrão 70 da Cooperativa Veiling Holambra (especialmente o diâmetro do capítulo, um fator restritivo para a cultivar), é indispensável a combinação de baixa densidade de plantio com uma elevada adubação nitrogenada. Essa estratégia permitiu que as plantas maximizassem o acúmulo de N e priorizassem o desenvolvimento do caule e da inflorescência. Complementarmente, o segundo capítulo forneceu a base fisiológica necessária para essa precisão ao mapear a marcha de absorção e identificar o Ponto de Inflexão, que representa a máxima taxa de absorção diária. Esse ponto ocorreu de forma concentrada, em torno de 33 DAE para o N e o K, o que é fundamental para o escalonamento da adubação de cobertura, garantindo que o suprimento coincida exatamente com a janela de máxima demanda fisiológica da planta.

Em um contexto de agricultura de precisão e de transição para a Floricultura 5.0, a integração das curvas de absorção com as doses e densidades otimizadas estabelece, de forma inédita, a base científica para o manejo racional do girassol de corte. Ao focar na sustentabilidade e na entrega de um produto de excelência, as recomendações geradas permitem ao produtor utilizar os insumos com máxima eficiência, fundamentadas em dados técnicos reais, reduzindo custos operacionais e minimizando impactos ambientais, como a lixiviação de nutrientes. Este estudo não apenas otimiza o rendimento, mas humaniza o processo produtivo ao garantir a viabilidade econômica do floricultor e a satisfação estética do consumidor, alinhando a produtividade brasileira às tendências mais modernas e responsáveis do mercado global.