

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO RESIDUAL DE INDAZIFLAM NA SOJA EM SISTEMA
DE SUCESSÃO COM CANA-DE-AÇÚCAR**

Matheus Palazzo Barbosa

Engenheiro Agrônomo

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO RESIDUAL DE INDAZIFLAM NA SOJA EM SISTEMA
DE SUCESSÃO COM CANA-DE-AÇÚCAR**

Discente: Matheus Palazzo Barbosa

**Orientador: Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves
Coorientadores: Dr. Carlos Alberto Mathias Azania
Dr. Allan Lopes Bacha**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

FICHA CATALOGRÁFICA

B238e	Barbosa, Matheus Palazzo Efeito residual de indaziflam na soja em sistema de sucessão com cana-de-açúcar / Matheus Palazzo Barbosa. -- Jaboticabal, 2025 36 p. : tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Pedro Luís da Costa Aguiar Alves Coorientador: Carlos Alberto Mathias Azania 1. Agricultura. 2. Rotação de cultivos. 3. Herbicidas. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITO RESIDUAL DE INDAZIFLAM NA SOJA EM SISTEMA DE
SUCESSÃO COM CANA-DE-AÇÚCAR

AUTOR: MATHEUS PALAZZO BARBOSA

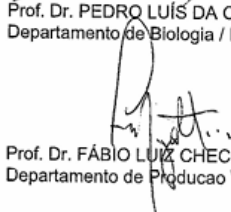
ORIENTADOR: PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES

COORIENTADOR: CARLOS ALBERTO MATHIAS AZANIA

COORIENTADOR: ALLAN LOPES BACHA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES (Participação Presencial)
Departamento de Biologia / FCAV UNESP Jaboticabal


Prof. Dr. FÁBIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE (Participação Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / FCAV UNESP Jaboticabal


Dra. MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO (Participação Presencial)
Autônoma / Pontal/SP

Jaboticabal, 25 de julho de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MATHEUS PALAZZO BARBOSA – Filho de Douglas Alencar Barbosa e Sueli Palazzo Barbosa, nasceu em Jaboticabal - São Paulo, no dia 19 de maio de 1989. Iniciou a graduação em Agronomia no ano de 2007 pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, concluindo em 2013. Durante a graduação, no ano de 2010, participou do programa de intercâmbio nos Estados Unidos da América, promovido pela Universidade de Minnesota, quando trabalhou em uma fazenda de produção de grãos. Trabalha desde 2013 no setor de produção sucroenergética. Iniciou o mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal em 2023, sob orientação do Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves, onde desenvolveu a presente dissertação.

“A dedicação transforma o ordinário em extraordinário”

AGRADECIMENTOS

É evidente para mim que um desafio como este não se conquista sozinho. É necessário incentivo e apoio desde a decisão de ingressar no processo seletivo de um programa de mestrado até a sua conclusão. Todas as etapas foram novas, complexas e exigiram o apoio de pessoas que estiveram comigo nesta jornada, que, se por um lado foi desafiadora, por outro foi gratificante, enriquecedora e cercada de novas amizades.

Não poderia iniciar estes agradecimentos de outra forma senão agradecendo a Deus, por me conceder saúde para cumprir esta etapa da minha vida e, ainda mais, por colocar pessoas maravilhosas no meu caminho, sem as quais eu certamente não teria conseguido.

À minha esposa, Tamiris Iara Vicentini, por me apoiar na decisão de conciliar o trabalho com o mestrado, mesmo que isso nos tenha custado inúmeros dias de lazer juntos, e por me auxiliar inclusive no campo, nos dias mais quentes do ano.

Aos meus pais, Douglas Alencar Barbosa e Sueli Palazzo Barbosa, ao meu irmão, Maurício Palazzo Barbosa, e à minha cunhada, Anamaria Gandra, pelo apoio constante do início ao fim. Em especial, ao meu pai, por estar ao meu lado também nos trabalhos de campo.

A Daniel Sletten (e família), meu primeiro empregador e um grande amigo que o destino colocou na minha vida, e que, mesmo após tantos anos, me apoiou e se esforçou para me ajudar a ingressar no mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves, profissional brilhante, detentor de vasto conhecimento e notável capacidade de transmiti-lo. Um professor cuja excelência só é superada por sua humanidade, humildade, carisma e educação. E que, por essas e outras qualidades, foi, sem dúvida, o primeiro professor com quem desejei trilhar esse caminho.

Aos meus coorientadores, Dr. Carlos Alberto Mathias Azania e Dr. Allan Lopes Bacha, por toda a contribuição na realização deste trabalho.

Aos amigos do LAPDA — José Valcir Fidelis Martins, Heytor Lemos Martins, Oloukémi Karmen J. Adjéran, Bruna Ferrari Schedenffeldt, Bruna Dal’Pizol Novello,

Letícia Leite, Gabriela Leandro e Ailton Alves — pela amizade e apoio ao longo do trabalho.

Aos professores, vizinhos e amigos Dr. Danisio Prado Munari e Dra. Rosemeri de Oliveira Vasconcelos pelo apoio que me deram nessa etapa.

À Usina Alta Mogiana, nas pessoas do diretor agrícola Luís Augusto Contin Silva e do gerente Luís Gustavo de Almeida Nunes por me permitir conciliar as atividades profissionais com o mestrado e por autorizar a condução dos ensaios de campo em suas propriedades.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Jaboticabal, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) e o Departamento de Biologia, por possibilitarem a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	2
Relação entre as culturas da cana-de-açúcar e da soja.	2
Importância e manejo das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar.	4
Efeito Carryover na cultura da soja por herbicidas utilizados em cana-de-açúcar.	5
Características do herbicida Indaziflam.....	6
MATERIAL E MÉTODOS	8
Área experimental 1.....	9
Área experimental 2.....	11
Avaliações	13
Análise estatística.....	14
RESULTADOS.....	15
Experimento 1.....	15
Experimento 2.....	24
DISCUSSÃO	29
CONCLUSÕES	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS.....	33

EFEITO RESIDUAL DE INDAZIFLAM NA SOJA EM SISTEMA DE SUCESSÃO COM CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

O indaziflam destaca-se como herbicida pré-emergente eficaz no controle de plantas daninhas monocotiledôneas e eudicotiledôneas, especialmente na cultura da cana-de-açúcar. Devido ao seu prolongado efeito residual no solo, a molécula pode comprometer o desenvolvimento de culturas subsequentes, como a soja, frequentemente utilizada em sistemas de sucessão durante a renovação dos canaviais no Brasil. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do indaziflam sobre características produtivas da soja cultivada em sucessão à cana-de-açúcar, sob sistema de plantio direto sobre palhada, em duas áreas com diferentes tipos de solo, sendo um de textura argilosa e outro de textura média. Os experimentos foram conduzidos em campo, entre 2023 e 2025, em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 3×3, sendo avaliados três intervalos entre a aplicação do herbicida e a semeadura da soja, e três doses de indaziflam. As aplicações foram realizadas sobre a palhada da cana-de-açúcar aos 15, 12 e 9 meses antes da semeadura da soja, utilizando-se três doses (0, 75 e 100 g i.a. ha⁻¹). No solo de textura média, observou-se redução na emergência e na produtividade da soja para as doses de 75 e 100 g i.a. ha⁻¹, em comparação à dose zero. No solo argiloso, embora as aplicações realizadas aos 9 meses antes da semeadura tenham afetado negativamente a emergência, não houve impacto significativo na produtividade de grãos. As doses e os intervalos de aplicação do indaziflam provocaram pouca ou nenhuma interferência nas demais características da soja, como área foliar, teor de clorofila, eficiência quântica do fotossistema II e produtividade de grãos por planta, em ambos os experimentos. Além disso, no experimento conduzido em solo argiloso, não foram observados efeitos relevantes sobre o desenvolvimento radicular, a taxa de assimilação de CO₂, a condutância estomática, a taxa de transpiração e a eficiência no uso da água.

Palavras-chave: herbicida; pré-emergente, *Glycine max*, *Saccharum* spp., Carry over.

RESIDUAL EFFECT OF INDAZIFLAM ON SOYBEAN IN A SUGARCANE ROTATION SYSTEM

ABSTRACT

Indaziflam stands out as an effective pre-emergence herbicide for the control of both monocotyledonous and eudicotyledonous weed species, particularly in sugarcane cultivation. Due to its prolonged residual activity in the soil, the molecule may compromise the development of subsequent crops, such as soybean, which is commonly used in succession systems during the renewal of sugarcane fields in Brazil. In this context, the present study aimed to evaluate the effects of indaziflam on productive traits of soybean cultivated in succession to sugarcane under a no-tillage system on crop residue, in two areas with contrasting soil types: one with clayey texture and the other with medium texture. Field experiments were conducted from 2023 to 2025 in a randomized block design with four replications, arranged in a 3×3 factorial scheme, evaluating three intervals between herbicide application and soybean sowing, and three indaziflam doses. Applications were carried out on sugarcane straw at 15, 12, and 9 months before soybean sowing, using three doses (0, 75, and 100 g a.i. ha⁻¹). In the medium-textured soil, a reduction in soybean emergence and yield was observed at both doses, 75 and 100 g a.i. ha⁻¹, compared to the zero dose. In the clayey soil, although applications made 9 months before sowing negatively affected emergence, no significant impact on grain yield was observed. Indaziflam doses and application intervals caused little or no interference in other soybean characteristics, such as leaf area, chlorophyll content, quantum efficiency of photosystem II, and grain yield per plant, in both experiments. Additionally, in the experiment conducted on clayey soil, no relevant effects were observed on root development, CO₂ assimilation rate, stomatal conductance, transpiration rate, or water use efficiency.

Keywords: herbicide, pre-emergent, *Glycine max*, *Saccharum* spp., carryover.

INTRODUÇÃO

O Brasil é responsável por 38% de toda cana-de-açúcar produzida no mundo, seguido pela Índia com 22%, de acordo com levantamento da FAO (2024). Estima-se que na safra 2025/2026 o Brasil terá 8.793 mil hectares de cana-de-açúcar colhidos, com produtividade média de 75.451 kg ha⁻¹, totalizando 663.438,3 mil toneladas processadas, com produção de 45.874,7 mil toneladas de açúcar e 28.111.241 mil litros de etanol anidro e etanol hidratado, somados (CONAB, 2025).

No cultivo da cana-de-açúcar, os canaviais de baixa produtividade são submetidos a novo plantio. No período entre a destruição do canavial antigo e o plantio de um novo, pode-se cultivar a soja, que, além de ser mais uma fonte de receita para o produtor, pode promover alterações benéficas no solo, proporcionando ganhos de produtividade. A produção de soja entre dois ciclos de cana-de-açúcar incrementou a produtividade do canavial em seu primeiro corte (Shoko et al., 2009; Moraes et al., 2023; De Oliveira et al., 2024).

Entretanto, por se tratar de uma planta semi-perene, a cana-de-açúcar pode receber diferentes aplicações de herbicidas ao longo dos cortes, visando o manejo em pré e pós emergência das plantas daninhas e redução da competição com a cultura. O uso de herbicidas pré-emergentes em cana-de-açúcar por quatro safras consecutivas foi capaz de reduzir o banco total de sementes do solo, mesmo com o envelhecimento do canavial (Amim et al., 2016).

Apesar da sucessão com soja ser benéfica ao sistema de produção de cana-de-açúcar, alguns herbicidas frequentemente utilizados na cultura da cana-de-açúcar podem dificultar ou impossibilitar essa prática. A aplicação de indaziflam (13 g i.a. ha⁻¹) causou fitotoxicidade quando aplicado 60 dias antes da semeadura (Schedenfeldt et al., 2025).

Resultados semelhantes foram verificados por Guerra et al. (2014), com plantas de soja cultivadas em solo com 29% de teor de argila, que não germinaram quando submetidas a doses maiores que 60 g de i.a. ha⁻¹ de indaziflam aplicadas logo após a semeadura, ou ainda, apresentaram morte após alguns dias de emergidas sob doses

de 20 e 40 g de i.a. ha⁻¹. Evidenciando, portanto, a necessidade de que mais estudos possam determinar doses e intervalos seguros entre a aplicação de indaziflam e a semeadura da soja.

O indaziflam pertencente à classe química “alkylazine”, cuja o mecanismo de ação é a inibição da biossíntese de celulose, que interfere na formação e no crescimento da parede celular (Alonso et al., 2011). Por se tratar de um herbicida pré-emergente, entender o seu comportamento no solo é fundamental. A baixa solubilidade (2,2 mg L⁻¹ ao pH = 7,0-9,0), K_{ow} = 2,8, K_{oc} < 1000 (Tompkins, 2010) e tempo de meia vida de 150 dias (Kaapro; Hall, 2012) fazem com que o ele permaneça disponível na solução do solo por um longo período. O teor de argila e matéria orgânica do solo também condicionam o comportamento do herbicida. A capacidade de sorção de um herbicida pelo solo aumenta quando este apresenta maiores teores de argila e matéria orgânica (Rocha et al., 2013). O indaziflam mostrou-se como pré-emergente eficaz no controle de diversas espécies de plantas daninhas da família *Poaceae*, tanto em solo arenoso quanto argiloso, por até 240 dias após sua aplicação (Ghirardello et al., 2022).

Dessa forma, é essencial estabelecer o intervalo mínimo entre a aplicação de indaziflam e a semeadura da soja, sob diferentes doses do herbicida e texturas de solo, para que suas aplicações nos ciclos de cana-de-açúcar não afetem o cultivo de soja em sucessão.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do indaziflam nas características produtivas da soja em sucessão à cana-de-açúcar, em duas áreas distintas, com diferenças texturais de solo.

REVISÃO DE LITERATURA

Relação entre as culturas da cana-de-açúcar e da soja.

O Brasil é responsável por 38% de toda cana-de-açúcar produzida no mundo, seguido pela Índia com 22%, de acordo com levantamento da FAO (2024). Estima-se que na safra 2025/2026 o Brasil terá 8.793 mil hectares de cana-de-açúcar colhidos,

com produtividade média de 75.451 kg ha⁻¹, totalizando 663.438,3 mil toneladas processadas, com produção de 45.874,7 mil toneladas de açúcar e 28.111.241 mil litros de etanol anidro e etanol hidratado, somados (CONAB, 2025).

Após um plantio, é comum o canavial ser colhido por diversos anos até que sua produtividade decline a ponto de se fazer necessário um novo plantio. Dlamini e Zhou (2022) verificaram reduções médias de até 3,33 t ha⁻¹ a cada ciclo, ao longo de sete cortes. Conforme Braga Junior (2024), em média, a produtividade do canavial da região Centro-Sul do Brasil cai 13,4% a cada corte, quando se avaliou as produtividades médias do primeiro ao quinto corte, já na região Nordeste do país, esse número é 8,6%. Castro et al. (2022) citam o aumento das operações mecanizadas como um fator de contribuição nas quedas de produtividade dos canaviais em várias regiões produtoras do Brasil.

Para a safra 2025/2026 a área prevista de plantio de cana-de-açúcar no Brasil é de 1.104,3 mil ha, ou seja, 12,56% da área de colheita. Número muito semelhante também está previsto para o estado de São Paulo, maior produtor de cana-de-açúcar do país, onde 12,59% dos canaviais estão previstos para serem reformados, o que significa 541,8 mil ha de plantio (CONAB, 2025), e que podem receber o cultivo de soja em sucessão.

No período entre a destruição do canavial antigo e o plantio de um novo, é possível se cultivar a soja, (*Glycine max* [L.] Merril.), uma planta de origem do leste asiático, pertencente à família *Fabaceae* e atualmente cultivada em praticamente todo o mundo. No Brasil, é a cultura com maior área cultivada, com 47.612,7 mil ha colhidos e uma produção de 168.341,8 mil toneladas, sendo 1.355,6 mil ha no estado de São Paulo (CONAB, 2025).

O cultivo de soja pode representar uma fonte de receita alternativa para o produtor de cana-de-açúcar, Farinelli et al. (2018) verificou que a diversificação entre soja e cana-de-açúcar é viável e desejável tanto do ponto de vista agrônomo quanto financeiro.

A soja também pode promover alterações benéficas no solo, o cultivo de soja na reforma do canavial deixou no solo até 4,6 t ha⁻¹ de matéria seca, retornando até 140 kg ha⁻¹ de nitrogênio ao sistema, em grande parte proveniente da fixação biológica de nitrogênio - FBN (Dengia et al., 2024).

A redução de 52 Kg ha⁻¹ de N, na adubação após a colheita da cana-planta não afetou negativamente a produtividade da primeira soqueira quando a soja foi utilizada no momento da reforma do canavial anterior (Park et al., 2010), o que diminuiu significativamente os custos de produção, já que os fertilizantes constituem uma parte significativa desse montante.

A produção de soja entre dois ciclos de cana-de-açúcar incrementou 34,1 t ha⁻¹ a produtividade do canavial em seu primeiro corte em solo arenoso (Moraes et al., 2023; De Oliveira et al., 2024). Resultado semelhante foi obtido em Zimbábue, onde foi observada maior produtividade de colmos na primeira colheita da cana-de-açúcar após cultivo de soja de até 31,0 t ha⁻¹ em relação à área deixada em pousio (Shoko et al., 2009).

Importância e manejo das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar.

Entretanto, por se tratar de uma planta semi-perene, a cana-de-açúcar pode receber diferentes aplicações de herbicidas ao longo dos cortes, visando o manejo em pré e pós emergência das plantas daninhas e redução da competição com a cultura. O uso de herbicidas pré-emergentes em cana-de-açúcar por quatro safras consecutivas foi capaz de reduzir o banco total de sementes do solo, mesmo com o envelhecimento do canavial (Amim et al., 2016).

Os danos causados pelas plantas daninhas variam de acordo com o tempo de convivência com a cultura. Para uma perda tolerável de até 2%, o período anterior à interferência (PAI) variou de zero a 58 dias, enquanto o período total de prevenção à interferência (PTPI) foi de zero a 186 dias. Quando a tolerância à redução foi ampliada para até 10%, o PAI aumentou em 48 dias, enquanto o PTPI diminuiu em 100 dias (Kuva et. al., 2003)

O número de perfilhos foi menor quando a convivência com plantas daninhas foi prolongada, apresentando uma redução de até 26,7% em comparação ao cultivo sem a interferência delas, o que contribuiu para uma redução de até 79,8% na produtividade de colmos (Yirefu et al., 2012).

Não só o tempo de convivência das plantas daninhas com a cultura, mas também as espécies infestantes, influenciam a intensidade do dano causado. Observou-se a redução de 1,0 t ha⁻¹ na produtividade da cana-de-açúcar a cada 26,5 g M.S. m⁻² (matéria seca por metro quadrado) acumulados da comunidade infestante total presente na área, no entanto, a mesma redução foi observada com o acúmulo de apenas 3,26 g M.S. m⁻² pela população de *Brachiaria decumbens* e 1,27 g M.S. m⁻² de *Panicum maximum* (Kuva et. al., 2003).

Kuva et. al. (2000) também estudou os efeitos da convivência da cana-de-açúcar com uma infestação predominantemente constituída por plantas de tiririca (*Cyperus rotundus*) que, não só pela competição, mas também pela liberação de compostos alelopáticos, ocasionou uma redução de 20% na produtividade, no maior período de convivência.

Efeito Carryover na cultura da soja por herbicidas utilizados em cana-de-açúcar.

Apesar da sucessão com soja ser benéfica ao sistema de produção de cana-de-açúcar, alguns herbicidas frequentemente utilizados no manejo da cultura da cana-de-açúcar para redução dos danos mencionados podem dificultar ou impossibilitar essa prática. Enquanto as aplicações de sulfentrazone (1.200 g i.a. ha⁻¹) e de clomazone (2.520 g i.a. ha⁻¹) não causaram fitotoxicidade à soja quando aplicados aos 40 e 60 dias antes da semeadura, respectivamente, a aplicação de indaziflam (13 g i.a. ha⁻¹) causou fitotoxicidade quando aplicado 60 dias antes da semeadura (Schedenfeldt et al., 2025).

Resultados semelhantes foram verificados por Guerra et al. (2014), com plantas de soja cultivadas em solo com 29% de teor de argila, que não germinaram quando submetidas a doses maiores que 60 g de i.a. ha⁻¹ de indaziflam aplicadas logo após a

semeadura, ou ainda, apresentaram morte após alguns dias de emergidas sob doses de 20 e 40 g de i.a. ha⁻¹.

Por outro lado, Ghirardello (2024), observou reduções de produtividade na cultura da soja cultivada em sucessão com a cana-de-açúcar, quando a semeadura ocorreu 12 meses após a aplicação de amicarbazone (2.100 g i.a. ha⁻¹), mas não para os herbicidas tebuthiuron (2.000 g i.a. ha⁻¹) e indaziflam (200 g i.a. ha⁻¹) aplicados na mesma época.

Características do herbicida Indaziflam.

Além da cana-de-açúcar, o indaziflam, registrado como Alion® pela fabricante Bayer, tem registo para aplicação nas culturas da banana, abacate, cacau, caju, maçã, café e uva, para controle de plantas daninhas como *Panicum maximum*, *Brachiaria plantaginea*, *Eleusine indica*, *Amaranthus hybridus*, *Digitaria nuda*, *Digitaria insularis* entre outras.

No cultivo de cana-de-açúcar, o Alion® deve ser aplicado na dose de 40 a 100 g i.a. ha⁻¹, a depender da comunidade de plantas daninhas infestantes, textura de solo e teor de matéria orgânica. A fabricante não recomenda a sua aplicação em cana-planta em solos com teor de argila inferior que 10%, aplicações em mudas pré brotadas e em solos com teor de matéria orgânica inferior a 1%. Além disso, não é recomendado a aplicação em cana-de-açúcar quando as plantas apresentarem formação de colmos.

O indaziflam, (N-[(1R,2S)-2,3-dihydro-2,6-dimethyl-1H-inden-1-yl]-6-[(1R)-1-fluoroethyl]-1,3,5-triazine-2,4-diamine), pertencente à classe química “alkylazine”, possui mecanismo de ação é a inibição da biossíntese de celulose, que interfere na formação e no crescimento da parede celular (Alonso et al., 2011). Na dose de 100 g i.a. ha⁻¹ mostrou-se como pré-emergente eficaz no controle de diversas espécies de plantas daninhas da família Poaceae, tanto em solo arenoso quanto argiloso, por até 240 dias após sua aplicação (Ghirardello et al., 2022).

Por se tratar de um herbicida pré-emergente, entender o seu comportamento no solo é fundamental. Além disso, os teores de argila e de matéria orgânica do solo também condicionam o comportamento das moléculas herbicidas. A capacidade de sorção dos herbicidas pelo solo aumenta quando este apresenta maiores teores de argila e matéria orgânica (Rocha et al., 2013).

A baixa solubilidade ($4,4 \text{ mg L}^{-1}$ ao $\text{pH} = 4,0$ ou $2,2 \text{ mg L}^{-1}$ ao $\text{pH} = 7,0-9,0$) e $K_{ow} = 2,8$, $K_{oc} < 1000$ (Tompkins, 2010) e tempo de meia vida de 150 dias (Kaapro; Hall, 2012) fazem com que ele permaneça disponível na solução do solo por um longo período.

O seu caráter ácido fraco ($\text{pK}_a = 3,5$), faz com que seu comportamento no solo seja influenciado pelo seu pH (Gonçalves et al., 2021). Herbicidas que apresentam tal característica e pK_a menor que o pH do solo, apresentam sorção reduzida, já que há um predomínio de cargas negativas que passam a ser repelidas pelas cargas negativas do solo.

A lixiviação do indaziflam pode ser maior quando considerada sua longa persistência no solo (Alonso et al., 2011). Quando aplicado no solo e submetido à uma lâmina equivalente a chuva de 60 mm, a maior parte do produto se manteve acima dos 15 cm de profundidade (Guerra et al., 2016). Porém esse fator também pode ser influenciado pela capacidade de sorção do solo. O processo de sorção das partículas de um herbicida no solo e sua lixiviação estão correlacionados (Pavão et al., 2021).

A sorção é responsável pelo controle da disponibilidade do herbicida do solo para o meio. A capacidade de sorção de um herbicida pelo solo aumenta quando este apresenta maiores teores de argila e matéria orgânica (Rocha et al., 2013). A sorção do imazapyr foi maior em um solo muito argiloso, em seguida em solo franco-argilo-arenoso, posteriormente em areia-franca e por fim, foi a menor em areia lavada (Firmino et al., 2008).

Além da sorção, também é de suma relevância entender também o processo reverso, a dessorção dos herbicidas. A dessorção condiciona a taxa de liberação do

herbicida para a solução do solo e sua mobilidade, o que mostra o potencial de reversibilidade do processo de sorção ocorrido inicialmente (Gonçalves et al., 2021). Em uma condição de solo com menor pH, o indaziflam apresentou menor capacidade de dessorção. Porém, com a elevação do pH, a quantidade de herbicida que tende a retornar à solução do solo aumenta, ou seja, tornando-se disponível às plantas novamente (Gonçalves et al., 2021).

A calagem, frequentemente realizada antes da implementação de uma cultura, eleva o pH do solo, podendo aumentar a dessorção de herbicidas como o indaziflam e causar danos às culturas em sucessão. A elevação do pH de 5,1 para 6,1 causou aumento da intoxicação e redução do acúmulo de matéria seca em plantas de *Sorghum bicolor* (Gonçalves et al., 2021).

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida simultaneamente em dois locais, sendo um em solo argiloso (experimento 1) e outro em solo de textura média (experimento 2), ambos com os mesmos manejos.

Nos dois locais, foram utilizados 09 tratamentos em blocos casualizados, em 04 repetições, dispostos em esquema fatorial 3 x 3, sendo alocadas no primeiro fator as doses de indaziflam (0, 75 e 100 g i.a. ha⁻¹) (Alion®, 500 g i. a. ha⁻¹, Bayer) e, no segundo, a época de aplicação (15, 12 e 9 meses antes da semeadura da soja - MAS). As parcelas foram previamente dimensionadas para atender a semeadura da soja com 06 linhas espaçadas de 0,50 m (3,0 m de largura) e com 7,0 m de comprimento cada. Para a aplicação do indaziflam foi utilizado um pulverizador costal pressurizado com CO₂, provido de uma barra com seis pontas 110.02 espaçadas a 0,5 m, perfazendo uma faixa de 3 m, e ajustado para distribuir 200 L ha⁻¹ de calda.

A soja foi semeada no dia 01/10/2024, em sistema de plantio direto sob a palhada da cana-de-açúcar, sem prévio revolvimento do solo, depositando-se 15 sementes por

metro, a 5 cm de profundidade, conforme recomendação para a cultivar, com espaçamento de 0,5 m entre linhas.

As sementes da cultivar BMX NEXUS 64IX66RSF I2X, foram previamente tratadas com tiametoxam (0,69 g i.a. kg⁻¹ de semente), fludioxonil (0,05 g i.a. kg⁻¹ de semente) e ciantraniliprole (1,2 g i.a. kg⁻¹). Juntamente à semeadura, também foi realizada a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* 7 10⁹ UFC mL⁻¹ (Unidade Formadora de Colônia) específico para sementes de soja, na dose de 0,36 L ha⁻¹ através de pulverização em jato dirigido.

Foi realizada uma aplicação de glifosato (1.850 g e.a. ha⁻¹) aos 30 DAS para controle de plantas daninhas presentes nas áreas experimentais, com destaque para *Solanum americanum*, *Conyza spp*, *Digitaria insularis* e *Ipomoea triloba*.

Foram realizadas quatro aplicações visando o controle de doenças fúngicas, aos 35 DAS com Propiconazol 250 g L⁻¹; Difenconazol 250 g L⁻¹ (0,15 L ha⁻¹), aos 50 DAS com Clorotalonil 720 g L⁻¹ (0,15 L ha⁻¹) e Mefentrifluconazol 133,3 g L⁻¹; Piraclostrobina 177,8 g L⁻¹; Fluxapiraxade 88,9 g L⁻¹ (0,6 L ha⁻¹), aos 70 DAS com Piraclostrobina 26,66 g L⁻¹; Tebuconzol 33,33 g L⁻¹; Mancozebe 400 g L⁻¹ (2,0 L ha⁻¹) e aos 85 DAS com Azoxistrobina 47 g Kg⁻¹; Mancozebe 597 g Kg⁻¹; Tebuconazol 56 g Kg⁻¹ (2,0 L ha⁻¹). Também foi realizada uma aplicação de inseticida para o controle de percevejos 110 DAS com Zeta-Cipermetrina 200 g L⁻¹; Bifentrina 180 g L⁻¹ (0,2 L ha⁻¹).

Área experimental 1

Foi instalado no município de São Joaquim da Barra - SP, coordenadas 20°27'11"S e 47°55'38"W, altitude de 566 metros. O clima da região, segundo a atualização do sistema de Köppen (Rolim et al., 2007), é do tipo Aw – Clima tropical, com inverno seco, apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (Santos et. al., 2024), com 49% de argila, 16% de silte e 35% de areia, e 23 g dm⁻³ de matéria orgânica.

A precipitação acumulada foi de 1029, 930 e 498 mm sob os tratamentos aplicados 15, 12 e 9 meses antes da semeadura da soja, respectivamente. A precipitação acumulada entre a semeadura e colheita foi de 974 mm (Figura 1).

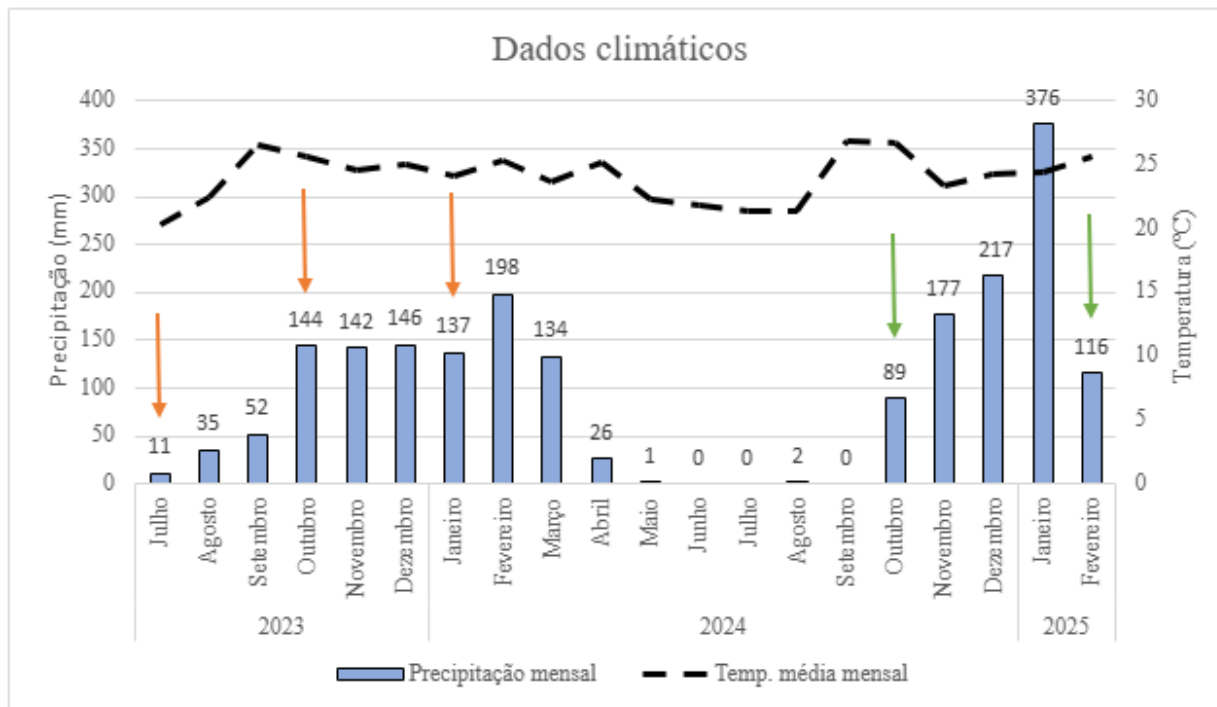


Figura 1. Precipitação acumulada até a semeadura da soja de, 1029, 930 e 498 milímetros sob os tratamentos aplicados 15, 12 e 9 meses antes da semeadura, respectivamente (representados pelas setas laranjas). Precipitação acumulada entre a semeadura e colheita (representadas pelas setas verdes), foi de 974 milímetros.

Com noventa dias antes da semeadura, foi realizada a correção da acidez do solo para a cultura da cana-de-açúcar, com o objetivo de elevar o V% a 70 (Raij, 1981), adaptada para a soma das necessidades das duas camadas analisadas (zero a 25 cm e 25 a 50 cm) e o calcário utilizado apresentava PRNT = 82%. As doses de calcário e gesso utilizadas foram de 2,26 e 1,99 t ha⁻¹, respectivamente (Vitti et al., 2008). A adubação no sulco de semeadura foi de 500 kg ha⁻¹ da formulação 04-20-20, realizada com base na análise de solo (Tabela 1) e a necessidade de acordo com o Boletim 100.

Tabela 1. Principais parâmetros da amostra de solo coletada na área experimental 1 para as recomendações de calagem, gessagem, fosfatagem e adubação.

Prof.	pH	MO	P resina	S-SO ₄	K	Ca	Mg	Al	H	H+Al	SB	CTC	V
(cm)	(CaCl ₂)	g dm ⁻³	mg dm ⁻³									mmolc dm ⁻³	%
0-25	5,86	25,3	81,5	n.s.	1,69	15,6	6,2	0	17,08	17,08	23,49	40,57	57,9
25-50	5,46	18,1	43,9	43,26	0,37	12,7	4,5	0	21,74	21,74	17,57	39,31	44,7

Área experimental 2

Foi realizado no município de São José da Bela Vista – SP, coordenadas 20°30'09"S e 47°36'26"W, altitude de 883 metros. O clima da região, segundo a atualização do sistema de Köppen (Rolim et al., 2007), do tipo Aw – Clima tropical, com inverno seco, apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro. O solo foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Distrófico (Santos, et. al., 2024), com 23% de argila, 5% de silte e 72% de areia, e 15 g dm⁻³ de matéria orgânica.

A precipitação acumulada foi de 1325, 1246 e 636 milímetros sob os tratamentos aplicados 15, 12 e 9 meses antes da semeadura da soja, respectivamente. A precipitação acumulada entre a semeadura e colheita foi de 1132 milímetros (Figura 2).

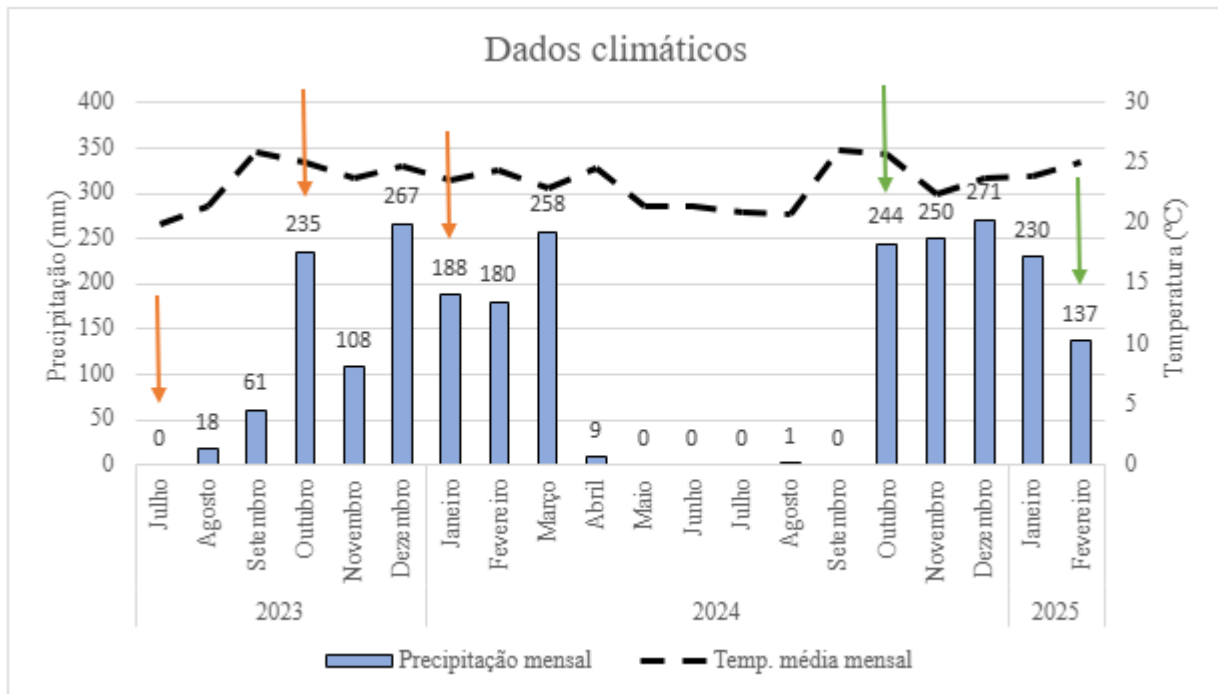


Figura 2. Precipitação acumulada até a semeadura da soja de, 1325, 1246 e 636 milímetros sob os tratamentos aplicados 15, 12 e 9 meses antes da semeadura, respectivamente (representados pelas setas laranjas). Precipitação acumulada entre a semeadura e colheita (representadas pelas setas verdes), de 1132 milímetros.

As recomendações de calagem, gessagem e adubação foram realizadas conforme descrito para o experimento 1, com base na análise de solo (Tabela 3). O calcário utilizado apresentava PRNT = 82%, e as doses de calcário e gesso utilizadas, foram de 5,75, 4,44 t ha⁻¹, respectivamente, e a adubação no sulco de semeadura foi de 700 kg ha⁻¹ da formulação 04-20-20.

Tabela 3. Principais parâmetros da amostra de solo coletada na área experimental 2 para as recomendações de calagem, gessagem, fosfatagem e adubação.

Prof.	pH	MO	P resina	S- SO ₄	K	Ca	Mg	Al	H	H+Al	SB	CTC	V
(cm)	(CaCl ₂)	g dm ⁻³	mg dm ⁻³										%
0-25	5,01	20,3	13,3	n.s.	0,25	16,9	4,4	0	31,41	31,41	21,55	52,96	40,69
25-50	4,97	15,8	4,9	66,2	0,23	6,5	1,5	0,5	34,75	35,25	8,23	43,48	18,93

Avaliações

Com o objetivo de verificar se a aplicação de indaziflam causaria alteração na germinação das sementes de soja, realizou-se a avaliação de porcentagem de emergência aos 30 dias após a semeadura (DAS). Foram contabilizados o número de plantas emergidas em 5,0 m de cada uma das duas linhas centrais da parcela e o número de sementes semeadas, os quais foram alocados na expressão matemática $\text{germinação (\%)} = (\text{n}^\circ \text{ plantas} / \text{n}^\circ \text{ sementes semeadas}) * 100$.

Aos 30, 45 e 60 DAS foram atribuídas notas visuais de fitotoxicidade por meio da escala de notas da European Weed Research Council - E.W.R.C. (1964) (Tabela 2). Aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAS foram realizadas medições não destrutivas de área foliar em três plantas por parcela, através de medições do comprimento e largura dos folíolos de todos os trifólios das plantas. Os dados obtidos foram submetidos à fórmula proposta por (Wiersma; Bailey, 1975).

Tabela 2. Escala de notas de fitotoxicidade da E.W.R.C. (1964).

Nota	Fitotoxicidade
1	Nula
2	Muito leve
3	Leve
4	Regular
5	Média
6	Quase forte
7	Forte
8	Muito forte
9	Destruição total

Para avaliação dos efeitos nas características fotossintéticas das plantas de soja foram realizadas medições de teor relativo de clorofila total (30, 45, 60, 75 e 90 DAS) com clorofilômetro modelo ClorofiLog, Falker®, trocas gasosas (30, 60 e 90 DAS) com IRGA, modelo LI-6400, Li-Cor® e eficiência quântica do fotossistema II - F_v/F_m (30, 60 e 90 DAS) com fluorímetro (modelo MINI-PAM-II, Walz®), em uma planta de cada parcela, sempre no folíolo central do segundo trifólio totalmente expandido. As trocas

gasosas foram avaliadas entre 09h00min e 10h00min da manhã, medindo-se a taxa de assimilação líquida de CO_2 , transpiração, concentração de CO_2 intercelular e condutância estomática, nas condições de trabalho de: $19 \text{ mmol H}_2\text{O mol}^{-1}$, $398 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$, a taxa de fluxo em $400 \mu\text{mol s}^{-1}$, pressão atmosférica em 1000 KPa e o fluxo de fótons fotossinteticamente ativo (quantum) em $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Aos 130 DAS foi realizada a estimativa de produtividade da cultura através da colheita e pesagem dos grãos de 5,0 m das duas linhas centrais de cada parcela. Após a colheita e pesagem, utilizou-se vinte e cinco grãos de cada repetição para teste de germinação de acordo com a metodologia proposta por (Brasil, 2009).

Por representar o tratamento com maior dose ($100 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e o menor intervalo viável entre a aplicação e a semeadura da soja (doze meses), já que intervalos de apenas nove meses entre a aplicação e a semeadura da soja não acontecem com frequência, os grãos colhidos do tratamento 2 foram analisados para verificar se apresentavam resíduo de indaziflam. Para tanto, uma amostra composta de 1 kg, sendo 250 g de cada repetição, foi coletada e encaminhada para análise pelos métodos estabelecidos por (Schreiber et al., 2008), (He et al., 2015) e (CEN, 2008).

Após a colheita, para avaliar se houve efeito do indaziflam no crescimento radicular das plantas de soja, em cada parcela foi aberta uma trincheira de 1,0 m de largura por 0,5 m de profundidade, em seguida, as raízes foram lavadas e tingidas de verde para que fossem identificadas através do software Canopeo (Patrignani et al., 2015) (Figura 2), mostrando a área ocupada por elas em cada trincheira ($0,5 \text{ m}^2$).

No experimento 2 não foram realizadas as avaliações de trocas gasosas e de desenvolvimento do sistema radicular.

Análise estatística

As variáveis obtidas foram submetidas à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Scott & Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Experimento 1

Na área com solo argiloso, para a aplicação do indaziflam aos 15 e 12 meses antes da semeadura da soja (MAS), a emergência aos 30 DAS não diferiu entre a dose zero e as doses de 75 e 100 g i.a. ha⁻¹, mas para a aplicação realizada 9 MAS, a emergência foi menor nas duas doses em comparação a dose zero (Tabela 4). A dose de 75 g i.a. ha⁻¹ não apresentou diferença na emergência entre os meses de aplicação, porém esse número foi menor para a dose de 100 g i.a. ha⁻¹ quando a aplicação ocorreu aos 9 MAS (Tabela 4).

Tabela 4. Emergência (%) das plântulas de soja aos 30 dias após a semeadura (DAS) em função da dose e intervalo aplicação do indaziflam em solo argiloso.

Dose/Intervalo	Emergência (%)			F
	15 meses ¹	12 meses	9 meses	
0 g i.a.	77,50Aa	77,50Aa	77,50Aa	-
75 g i.a.	77,50Aa	68,00Aa	66,75Ab	3,36 ^{ns}
100 g i.a.	75,25Aa	71,75Aa	53,50Bc	13,25 ^{**}
F	0,16 ^{ns}	2,22 ^{ns}	14,04 ^{**}	
CV(%)				8,95

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. ^{**} = valores significativos a 1% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} = valor não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ¹ = meses antes da semeadura.

Todos os tratamentos apresentaram nota nula de fitotoxicidade nas avaliações realizadas aos 30, 45 e 60 DAS por meio da escala de notas da European Weed Research Council - E.W.R.C. (1964) (resultados não apresentados).

O período de maior aumento percentual de área foliar das plantas de soja (zero a 60 DAS) não foi afetado pela aplicação de indaziflam (Tabela 5). Esta variável também não foi afetada em razão da época de aplicação dos tratamentos em todas as avaliações realizadas. As plantas não apresentaram diferença em relação a dose zero em sua área foliar aos 30, 45 e 60 DAS, ocorrendo apenas na avaliação realizada aos

75 DAS, para a dose de 100 g i.a. ha⁻¹ que, entretanto, voltou a não diferir na avaliação final (90 DAS) (Tabela 5).

Tabela 5. Área foliar média das plantas de soja aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS) em função dos meses de intervalo entre a aplicação e a semeadura e as doses de indaziflam em solo argiloso.

Tratamentos	Área foliar (cm ²)				
	30 DAS	45 DAS	60 DAS	75 DAS	90 DAS
9 meses ¹	103,09a	331,94a	1088,31a	2083,07a	2291,10a
12 meses	102,62a	353,21a	1047,16a	1773,56a	2224,21a
15 meses	103,94a	372,21a	1140,56a	2001,21a	2492,39a
0 g i.a.	103,29a	360,05a	1042,83a	2116,34a	2364,07a
75 g i.a.	106,32a	383,80a	1136,15a	2098,82a	2492,26a
100 g i.a.	99,03a	313,52a	1097,04a	1642,68b	2151,37a
F _{Período}	0,02 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,41 ^{ns}	2,87 ^{ns}	0,70 ^{ns}
F _{Dose}	0,69 ^{ns}	3,01 ^{ns}	0,41 ^{ns}	8,05**	1,06 ^{ns}
F _{Interação}	0,02 ^{ns}	0,49 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,97 ^{ns}	0,23 ^{ns}
CV(%)	15,18	20,26	23,09	16,79	24,79

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. ** = valores significativos a 1% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} = valor não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. 1= meses antes da semeadura.

As avaliações quinzenais do teor relativo de clorofila total evidenciaram um aumento nos valores obtidos no decorrer do ciclo da cultura. Não foram observadas diferenças em função dos tratamentos, com exceção da primeira avaliação realizada aos 30 DAS que apresentou redução para as doses de 75 e 100 g i.a. ha⁻¹ com relação a dose zero (Tabela 6). A época de aplicação, no entanto, não causou efeito no teor relativo de clorofila das folhas em todas as avaliações realizadas (Tabela 6).

Tabela 6. Teor relativo de clorofila total aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS), em função do intervalo entre a aplicação e a semeadura e as doses de indaziflam utilizadas em solo argiloso.

Tratamentos	Teor de clorofila (U.R.)				
	30 DAS	45 DAS	60 DAS	75 DAS	90 DAS
9 meses ¹	34,37a	37,78a	33,45a	39,05a	41,52a
12 meses	32,93a	38,13a	33,12a	40,23a	41,50a
15 meses	34,68a	37,52a	34,61a	39,62a	41,76a
0 g i.a.	35,83a	38,53a	32,98a	40,23a	41,10a
75 g i.a.	32,83b	37,33a	34,10a	39,19a	41,72a
100 g i.a.	33,32b	37,57a	34,10a	39,48a	41,96a
F _{Período}	1,68 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,27 ^{ns}
F _{Dose}	4,92*	1,25 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,19 ^{ns}	2,55 ^{ns}
F _{interação}	0,96 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,15 ^{ns}
CV(%)	7,38	5,17	7,06	4,27	2,31

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. * = valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} = valor não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. 1= meses antes da semeadura.

As avaliações aos 30, 60 e 90 DAS para determinar a eficiência quântica do fotossistema II – F_v/F_m , mostraram que não houve interferência tanto da dose como da época de aplicação (Tabela 7).

Tabela 7. Eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) avaliada dos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS), em função do intervalo entre a aplicação e a semeadura e as doses de indaziflam em solo argiloso.

Tratamentos	F_v/F_m		
	30 DAS	60 DAS	90 DAS
9 meses ¹	0,816a	0,811a	0,740a
12 meses	0,814a	0,808a	0,736a
15 meses	0,812a	0,812a	0,750a
0 g i.a.	0,822a	0,807a	0,756a
75 g i.a.	0,807a	0,815a	0,743a
100 g i.a.	0,813a	0,810a	0,726a
F _{Período}	0,20 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,53 ^{ns}
F _{Dose}	3,27 ^{ns}	1,48 ^{ns}	2,36 ^{ns}
F _{interação}	0,68 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,55 ^{ns}
CV(%)	1,82	1,52	4,59

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. ^{ns} = valor não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. 1= meses antes da semeadura.

As avaliações de taxa de assimilação de CO₂, transpiração e eficiência no uso da água pelas plantas de soja, realizadas aos 30, 60 e 90 DAS, não apresentaram diferença em função da dose e intervalo de aplicação. A condutância estomática apresentou redução para a dose de 100 g i.a. ha⁻¹ apenas aos 60 DAS, voltando a não diferir na avaliação seguinte. (Figuras 3 e 4).

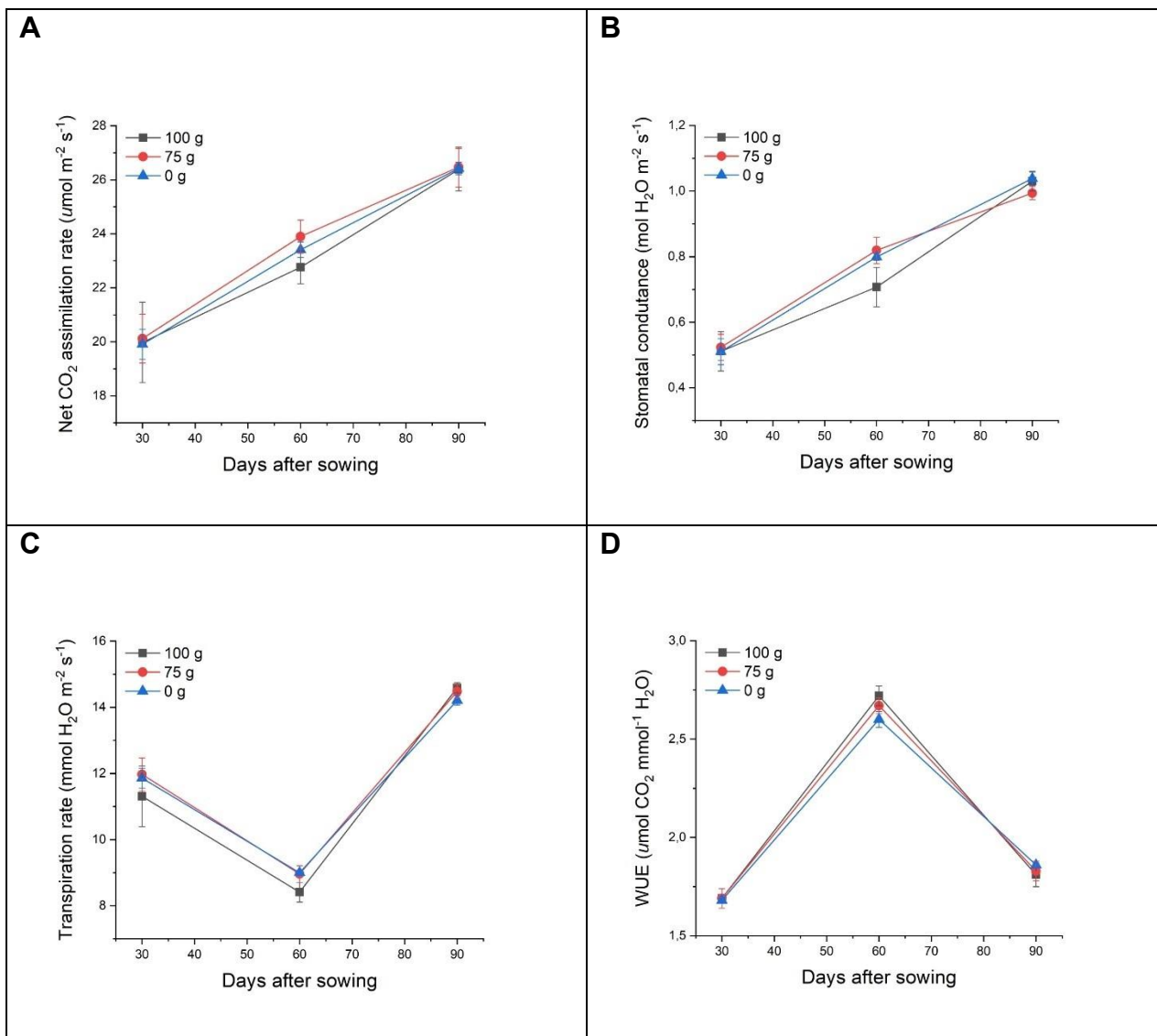


Figura 3. Assimilação líquida de CO₂ (A), Condutância estomática (B), taxa de transpiração (C) e eficiência no uso da água – WUE (D), de plantas de soja em função das doses de indaziflam em solo argiloso.

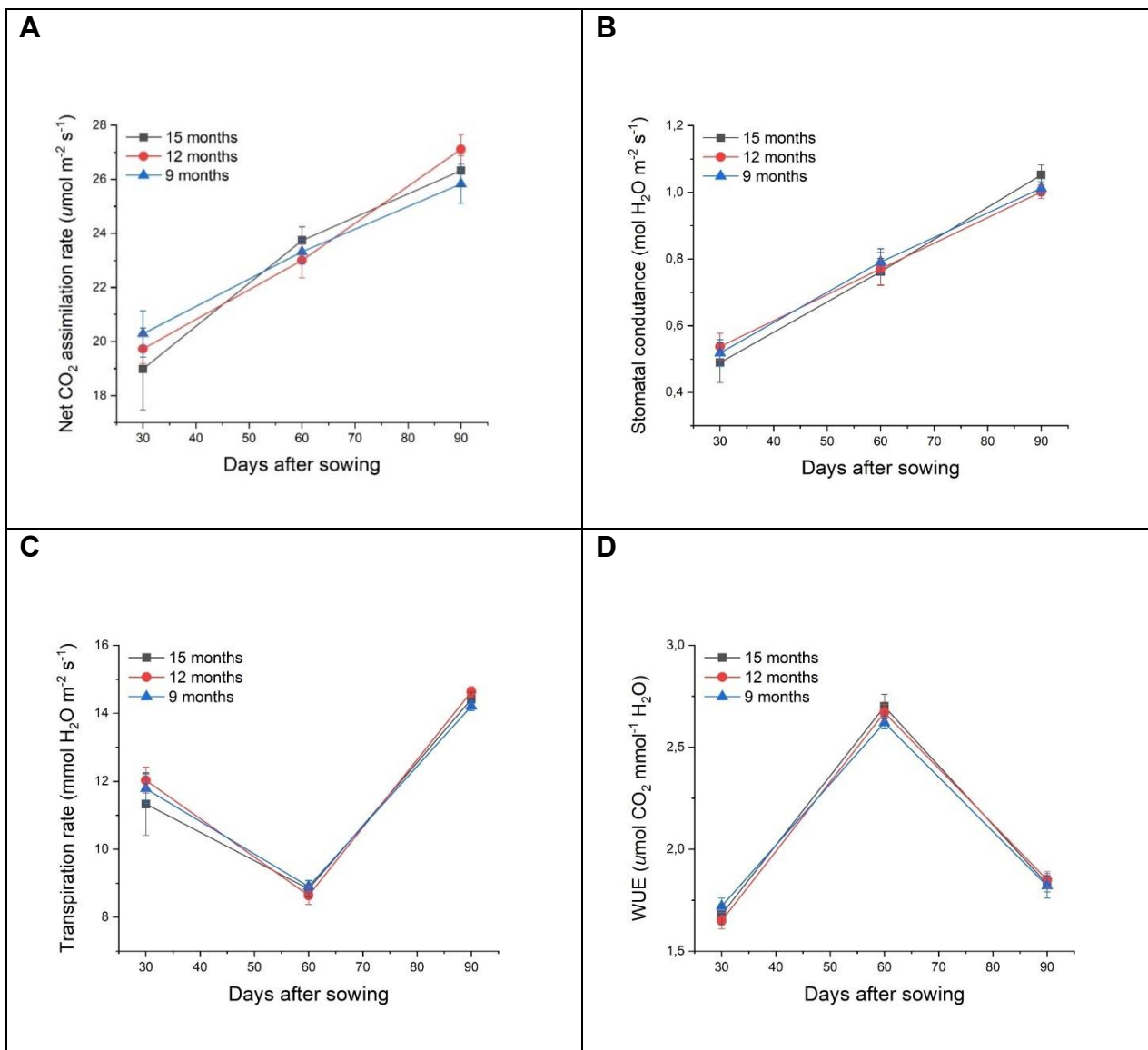


Figura 4. Assimilação líquida de CO₂ (A), Condutância estomática (B), taxa de transpiração (C) e eficiência no uso da água -WUE (D), de plantas de soja em função dos intervalos de aplicação de indaziflam em solo argiloso.

Não houve diferença na produtividade de grãos por hectare em função da dose e do intervalo entre a aplicação do indaziflam e a semeadura da soja (Tabela 8), pois, embora a emergência tenha sido menor quando a aplicação ocorreu aos 9 MAS (Tabela 4), a produtividade por planta foi maior (Tabela 9). Após a colheita, foi realizada a avaliação de desenvolvimento radicular, e a porcentagem da área do

sistema radicular em relação à área da trincheira não diferiu tanto para os períodos de aplicação, quanto para as doses utilizadas, evidenciando que a aplicação de indaziflam não afetou seu desenvolvimento (Tabela 8) e (Figura 5).

Tabela 8. Produtividade de grãos de soja por hectare e área de raízes de acordo com o intervalo entre a aplicação e a semeadura e as doses de indaziflam em solo argiloso.

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Área raiz (%)
9 meses ¹	4940a	2,53a
12 meses	5076a	1,87a
15 meses	4972a	1,91a
0 g i.a.	4886a	2,00a
75 g i.a.	5153a	2,17a
100 g i.a.	4948a	2,14a
F _{Período}	0,20 ^{ns}	1,45 ^{ns}
F _{Dose}	0,77 ^{ns}	0,09 ^{ns}
F _{interação}	0,20 ^{ns}	1,09 ^{ns}
CV (%)	11,01	50,78

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. ^{ns} = valor não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. 1= meses antes da semeadura.

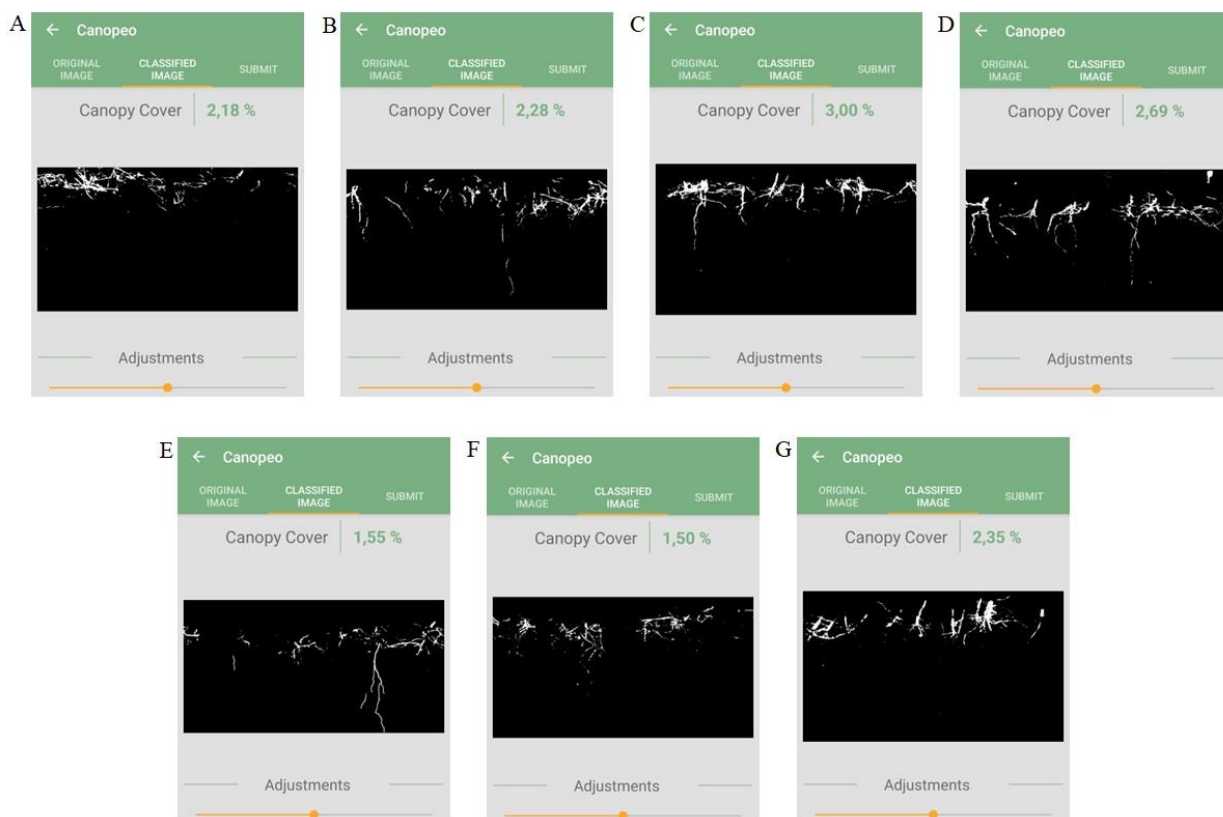


Figura 5. Imagens da porcentagem de cobertura do sistema radicular da soja em relação à área da trincheira, quando submetidas ao programa Canopeo, após abertura de trincheiras para avaliação da interferência do indaziflam. Tratamento 1 (A), tratamento 2 (B), tratamento 3 (C), tratamento 4 (D), tratamento 5 (E), tratamento 6 (F) e tratamento 7 (G).

Verificou-se maior produção de grãos por planta quando as aplicações de indaziflam (75 e 100 g i.a. ha^{-1}) aconteceram aos 9 MAS, também se observou maior produção de grãos por planta quando se comparou as aplicações realizadas aos 12 MAS com as realizadas aos 15 MAS (Tabela 9). Para os três intervalos avaliados houve maior produção de grãos por planta quando se comparou as doses de 75 e 100 g i.a. ha^{-1} com a dose zero.

Tabela 9. Produtividade por planta de soja (g planta^{-1}) por dose de indaziflam e intervalo entre a aplicação e a semeadura em solo argiloso.

Dose/Intervalo	Produtividade (g planta^{-1})			
	15 meses ¹	12 meses	9 meses	F
0 g i.a.	22,79Bc	22,79Bb	22,79Ba	0,00 ^{ns}
75 g i.a.	25,92Ac	28,41Ab	28,37Aa	2,24 ^{ns}
100 g i.a.	24,04Ac	26,84Ab	33,09Aa	23,59 ^{**}
F	2,72 ^{ns}	9,22 ^{**}	29,18 ^{**}	
CV(%)				7,31

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. ** = valores significativos a 1% de probabilidade pelo teste F. ns = valor não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. 1= meses antes da semeadura.

A germinação dos grãos que foram colhidos das plantas após a aplicação do indaziflam nas doses de 75 e 100 g i.a. ha^{-1} aos 15, 12 e 9 MAS não foi afetada, com média geral de 96% de germinação (dados não apresentados), e não foi detectada a presença de resíduo de indaziflam nas amostras analisadas (Figura 6).



www.jla.com.br
info@jla.com.br
Marília - SP - Brasil
Av. Carlos Tosin, 860
Dist. Industrial - CEP: 17512-120
TEL/FAX: (55) 14 3415 2295

RELATÓRIO DE ENSAIOS

Relatório CT Nº:342828

Emissão 27/03/2025

DADOS DA AMOSTRA

AMOSTRA: I07005/2025

Data de Recepção de Amostra: 08/03/2025

Data do Término das Análises: 27/03/2025

Identificação da Amostra: GRÃOS DE SOJA - EXPERIMENTO 01 (TRATAMENTO 02)

RESULTADOS

ANÁLISES SOLICITADAS	RESULTADO	UNIDADE
Indaziflam* LC-MS/MS	<0,005	mg/kg

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Responsável pelas análises: Gerente Técnico Luiz Ricardo Defácio.

As Amostras/sub-amostras foram analisadas no Laboratório de Mirassol, SP.

NOTA: O Cliente foi responsável pela coleta, identificação e informações da amostra.

Os resultados correspondem a fração de amostra analisada.

Nota: JLA Brasil, uma empresa do Grupo Intertek, mantém sua razão social como sendo JLA Brasil Laboratório de Análise de Alimentos S.A.

Este documento foi assinado digitalmente de acordo com as normas estabelecidas pela ICP-Brasil (art. 10 da MP nº 2.200-2 de 24 de agosto de 2002).

Para validação do Relatório acesse: www.jlabrasil.com.br/validacao e informe o código de validação

Código de validação 9R04ZGYZKD


LUIZ RICARDO DEFÁCIO
KEY ACCOUNT EXECUTIVE
GERENTE TÉCNICO
CRQ/SP 14 REGIÃO 1 04208636

This document may not be reproduced, except in full and with prior written approval by JLA.
Este documento não pode ser reproduzido, exceto por completo e com aprovação prévia, por escrito, da JLA.

Figura 6. Resultado da análise de resíduo de indaziflam nos grãos de soja colhidos no Tratamento 2 (100 g i.a. ha⁻¹ aplicado 12 MAS).

Experimento 2

Considerando a área com solo de textura média, a emergência das plântulas aos 30 DAS foi menor quando o indaziflam foi aplicado aos 9 MAS, do que aos 15 e 12 MAS (Tabela 10). Houve redução na germinação para as duas doses testadas (75 e 100 g i.a. ha⁻¹). A produtividade de grãos por hectare não diferiu de acordo com o intervalo de aplicação, porém o fator dose afetou. A produtividade foi menor em relação a dose zero quando aplicou-se 75 g i.a. ha⁻¹, e a aplicação de 100 g i.a. ha⁻¹ ocasionou redução maior. A produtividade por planta de soja deferiu em função do

intervalo de aplicação e das doses utilizadas, sendo menor aos 15 e 12 MAS e na dose zero (Tabela 10).

Tabela 10. Efeito do indaziflam na emergência das plântulas de soja aos 30 dias após a semeadura (DAS), produtividade por planta e por hectare em função do intervalo entre a aplicação e a semeadura e as doses utilizadas em solo de textura média.

Tratamentos	Emergência (%)	Produtividade (g planta ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
9 meses ¹	65,42b	24,32a	4346a
12 meses	71,58a	21,28b	4409a
15 meses	75,83a	21,09b	4701a
0 g i.a.	81,25a	20,21b	4899a
75 g i.a.	68,50b	22,78a	4474b
100 g i.a.	63,08b	23,70a	4083c
F _{Período}	4,61*	5,15*	2,74 ^{ns}
F _{Dose}	14,62**	5,12*	12,76**
F _{Interação}	1,98 ^{ns}	1,73 ^{ns}	1,41 ^{ns}
CV(%)	11,91	12,47	8,82

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. * e ** = valores significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} = valor não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. 1= meses antes da semeadura.

Assim como ocorrido no experimento 1, todos os tratamentos também apresentaram nota nula de fitotoxicidade nas avaliações realizadas aos 30, 45 e 60 DAS, por meio da escala de notas da European Weed Research Council - E.W.R.C. (1964).

O teor relativo de clorofila total nas folhas da soja não variou em função do intervalo de aplicação em nenhuma das avaliações realizadas (Tabela 11). No entanto, houve redução no teor de clorofila na avaliação realizada aos 30 DAS para as doses de 75 e 100 g i.a. ha⁻¹, e aos 60 DAS para a dose de 75 g i.a. ha⁻¹, nas duas avaliações seguintes, (75 e 90 DAS) os teores voltaram a não apresentar diferença (Tabela 11).

Tabela 11. Teor relativo de clorofila total aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS), em função do intervalo entre a aplicação e a semeadura e as doses de indaziflam utilizadas em solo de textura média.

Teor de clorofila (U.R.)					
Tratamento	30 DAS	45 DAS	60 DAS	75 DAS	90 DAS
9 meses ¹	29,01a	38,35a	34,72a	40,78a	44,45a
12 meses	29,83a	39,42a	35,28a	40,74a	44,84a
15 meses	29,00a	39,07a	35,53a	40,79a	44,19a
0 g i.a.	31,53a	38,35a	35,90a	40,38a	44,10a
75 g i.a.	28,69b	39,13a	34,45b	40,79a	44,67a
100 g i.a.	27,62b	39,11a	35,18a	41,15a	44,72a
F _{Período}	0,29 ^{ns}	3,34 ^{ns}	2,39 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,73 ^{ns}
F _{Dose}	5,25*	1,41 ^{ns}	7,18**	1,87 ^{ns}	1,89 ^{ns}
F _{Interação}	0,37 ^{ns}	2,18 ^{ns}	3,22*	0,73 ^{ns}	0,58 ^{ns}
CV(%)	10,43	3,33	2,66	2,41	1,94

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. * e ** = valores significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} = valor não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. 1= meses antes da semeadura.

Com relação a área foliar, houve diferença nos resultados obtidos em função da dose, apenas aos 45 DAS, quando observou-se menor área foliar com as doses de 75 e 100 g i.a. ha⁻¹, mas esses valores voltaram a não apresentar diferença em todas as avaliações seguintes. Não houve diferença para o intervalo de aplicação em nenhuma das avaliações realizadas (Tabela 12).

Tabela 12. Área foliar média das plantas de soja aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS) em função dos meses de intervalo entre a aplicação e a semeadura e as doses de indaziflam em solo de textura média.

Tratamento	Área foliar (cm ²)				
	30 DAS	45 DAS	60 DAS	75 DAS	90 DAS
9 meses ¹	108,85a	405,43a	902,86a	1449,98a	1733,97a
12 meses	112,55a	376,31a	934,79a	1414,57a	1858,47a
15 meses	111,43a	377,75a	883,40a	1510,32a	1752,01a
0 g i.a.	113,25a	428,68a	900,58a	1573,67a	1881,15a
75 g i.a.	112,61a	363,19b	862,34a	1379,54a	1612,50a
100 g i.a.	106,96a	367,62b	958,13a	1421,66a	1850,80a
F _{Período}	0,13 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,55 ^{ns}
F _{Dose}	0,45 ^{ns}	4,55*	1,32 ^{ns}	1,24 ^{ns}	2,65 ^{ns}
F _{Interação}	0,53 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,86 ^{ns}	2,42 ^{ns}
CV(%)	16,11	15,37	16,05	21,79	17,57

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. * = valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} = valor não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ¹ = meses antes da semeadura.

As avaliações aos 30, 60 e 90 DAS para determinar a eficiência quântica do fotossistema II – F_v/F_m . mostraram que não houve interferência nos resultados em função do intervalo de aplicação dos tratamentos (Tabela 13). Observou-se redução nos valores obtidos para as doses de 75 e 100 g i.a. ha⁻¹ aos 30 DAS, mas essa diferença não foi mais observada nas duas avaliações seguintes (Tabela 13).

Tabela 13. Eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS), em função do intervalo entre a aplicação e a semeadura e as doses de indaziflam em solo de textura média.

Tratamento	F_v/F_m		
	30 DAS	60 DAS	90 DAS
9 meses ¹	0,800a	0,764a	0,759a
12 meses	0,809a	0,766a	0,769a
15 meses	0,811a	0,777a	0,769a
0 g i.a.	0,819a	0,778a	0,770a
75 g i.a.	0,797b	0,766a	0,767a
100 g i.a.	0,805b	0,763a	0,760a
F _{Período}	1,61 ^{ns}	2,35 ^{ns}	1,05 ^{ns}
F _{Dose}	5,76 ^{**}	3,00 ^{ns}	0,76 ^{ns}
F _{interação}	1,01 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,70 ^{ns}
CV(%)	1,93	2,02	2,59

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. ** = valores significativos a 1% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} = valor não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. 1= meses antes da semeadura.

A germinação dos grãos que foram colhidos das plantas após a aplicação do indaziflam nas doses de 75 e 100 g i.a. ha⁻¹ aos 15, 12 e 9 MAS não foi afetada, com média geral de 97% de germinação (dados não apresentados). Não foi detectada a presença de resíduo de indaziflam nas amostras analisadas (Figura 7).



www.jla.com.br
info@jla.com.br
Marília - SP - Brasil
Av. Carlos Tosin, 860
Dist. Industrial - CEP: 17512-120
TEL/FAX: (55) 14 3415 2295

RELATÓRIO DE ENSAIOS

Relatório CT N°:342829

Emissão 27/03/2025

DADOS DA AMOSTRA

AMOSTRA: I07006/2025

Data de Recepção de Amostra: 08/03/2025

Data do Término das Análises: 27/03/2025

Identificação da Amostra: GRÃOS DE SOJA - EXPERIMENTO 02 (TRATAMENTO 02)

RESULTADOS

ANÁLISES SOLICITADAS	RESULTADO	UNIDADE
Indaziflam* LC-MS/MS	<0,005	mg/kg

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Responsável pelas análises: Gerente Técnico Luiz Ricardo Defácio.

As Amostras/sub-amostras foram analisadas no Laboratório de Mirassol, SP.

NOTA: O Cliente foi responsável pela coleta, identificação e informações da amostra.

Os resultados correspondem a fração de amostra analisada.

Nota: JLA Brasil, uma empresa do Grupo Intertek, mantém sua razão social como sendo JLA Brasil Laboratório de Análise de Alimentos S.A.

Este documento foi assinado digitalmente de acordo com as normas estabelecidas pela ICP-Brasil (art. 10 da MP nº 2.200-2 de 24 de agosto de 2002).

Para validação do Relatório acesse: www.jlabrasil.com.br/validacao e informe o código de validação.

Código de validação PJ3314EJVE


LUIZ RICARDO DEFÁCIO
KEY ACCOUNT EXECUTIVE
GERENTE TÉCNICO
CRQ/SP 14 REGISTRO 1 04298826

This document may not be reproduced, except in full and with prior written approval by JLA.
Este documento não pode ser reproduzido, exceto por completo e com aprovação prévia, por escrito, da JLA.

Figura 7. Resultado da análise de resíduo de indaziflam nos grãos de soja colhidos no Tratamento 2 (100 g i.a. ha⁻¹ aplicado 12 MAS).

DISCUSSÃO

Como apresentado nos experimentos 1 e 2, o efeito do indaziflam na emergência de plântulas de soja e, conseqüentemente, na densidade de plantas, pode variar (Tabelas 4 e 10, respectivamente). Balbinot Junior et al. (2015) e Petter et al. (2016) observaram que maiores densidades de plantas não promoveram aumento na produtividade de grãos por hectare. Isso demonstra a habilidade das plantas de soja em modular o seu desenvolvimento de acordo com as variações no arranjo espacial.

Esse comportamento foi observado em ambos os experimentos (Tabelas 8, 9 e 10), no entanto, no solo argiloso, a maior produção de grãos por planta nos tratamentos com menor densidade, fez com que a produtividade por hectare fosse a semelhante em todos os tratamentos (Tabelas 8 e 9).

No experimento 2, em solo de textura média, os tratamentos com 75 e 100 g de i.a. ha⁻¹ diminuíram não só a taxa de emergência, mas também a produtividade por hectare, apesar do aumento da produção por planta (Tabela 10), efeito semelhante ao observado por Li et al. (2025), que em três safras consecutivas observaram menores produtividades em cultivos com menores densidades de plantas. Nota-se, portanto, que a capacidade de uma planta em aumentar seu desenvolvimento em função da menor densidade depende de fatores como condições climáticas, fertilidade do solo e cultivar.

Todas as avaliações realizadas ao longo do ciclo da soja, bem como a de desenvolvimento radicular após a colheita, mostraram pouco ou nenhum efeito do indaziflam nas características morfológicas e fisiológicas das plantas (Figuras 3 e 4, Tabelas 5, 6, 7 e 8, para o experimento 1 e Tabelas 11, 12 e 13 para o experimento 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Ghirardello (2024) em soja, por Furlan (2020) em amendoim, nos maiores intervalos entre a aplicação e a semeadura, e por Gomes et al. (2019), em mudas de café transplantadas após a aplicação.

O aumento do teor relativo de clorofila total (Tabelas 6 e 11) e de taxa de assimilação de CO₂ (Figuras 4 e 5) verificados através das avaliações realizadas ao longo do ciclo da soja em todos os tratamentos, permite inferir que a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e a fotossíntese não foram afetadas pela aplicação do indaziflam, corroborando os resultados de produtividade por planta e formação do sistema radicular obtidos (Tabelas 8, 9 e 10).

Apesar de o indaziflam possuir uma longa persistência no solo (Guerra et al., 2016), a sua adsorção às partículas do solo pode ter levado à redução de suas moléculas disponíveis na solução para a absorção das plantas. Uma vez que este herbicida interfere na formação e no crescimento da parede celular (Alonso et al., 2011), o sistema radicular das plantas de soja pode não ter sido afetado por já

apresentar maior desenvolvimento ao entrar em contato com as moléculas do herbicida disponíveis no solo

Além da menor adsorção do herbicida pelo solo de textura média e com menor teor de matéria orgânica do experimento 2, a maior calagem realizada nesta área pode ter aumentado a dessorção das moléculas de indaziflam, deixando-as novamente disponíveis na solução do solo para a absorção das plantas, aumentando a intoxicação, corroborando os resultados observados por Gonçalves et al. (2021).

CONCLUSÕES

Com este estudo, concluiu-se que a aplicação de indaziflam nas doses de 75 e 100 g de i.a. ha⁻¹ no solo argiloso não afetou a produtividade da soja quando realizada aos 9, 12 e 15 meses antes da semeadura, mesmo havendo redução da germinação quando a aplicação ocorreu aos 9 MAS. No entanto, a aplicação de 75 e 100 g de i.a. ha⁻¹ realizada em solo de textura média, reduziu não só a germinação, mas também a produtividade da soja em todos os intervalos de aplicação testados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um controle mais eficiente de plantas daninhas resulta em menores perdas de produtividade, redução de custos operacionais, diminuição da necessidade de mão de obra e aplicações sequenciais, além de promover benefícios ambientais.

Esses resultados abrem novas possibilidades para a utilização do indaziflam, permitindo um controle mais eficaz de plantas daninhas em pré-emergência durante todo o ciclo da cultura da cana-de-açúcar, sem que isso impossibilite o cultivo da soja como sucessão após a reforma do canavial.

Novos estudos se fazem necessários para que se possa estabelecer doses e intervalos de aplicação de indaziflam em cana-de-açúcar cultivada em solos textura

média e arenosos, que não comprometam o cultivo da soja durante a reforma dos canaviais.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, D. G.; KOSKINEN, W. C.; OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTIN, J.; MISLANKAR, S. Sorption-desorption of indaziflam in selected agricultural soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, n. 24, p. 13096–13101, 2011.
- AMIM, R. T.; FREITAS, S. P.; FREITAS, I. L. J.; SCARSO, M. F. Banco de sementes do solo após aplicação de herbicidas pré-emergentes durante quatro safras de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 10, p. 1710–1719, 2016.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Sowing in crossed rows in soybean cultivars with determinate growth habit. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 3, p. 1215–1225, 2015.
- BRAGA JUNIOR. Comunicação pessoal - Diferenças entre as produtividades de cana, por estado/região – Safra 2023/2024, Instituto Agrônomo de Campinas, Ribeirão Preto, 2024.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília: MAPA/ACS, 2009.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. *Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. Campinas: IAC, 2022.
- CASTRO, N. R.; GILIO, L.; MACHADO, G. C. Impacts of mechanization on sugarcane agricultural productivity in the state of São Paulo from 2007 to 2013. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 60, n. 2, p. 1–21, 2022.
- CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Foods of plant origin – determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE. QuEChERS method. EN 15662, 2008.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar*. Brasília, DF, v. 13, n. 1, 53 p., 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Brasília, DF, v. 12, safra 2024/25, n. 8, maio 2025.
- DE OLIVEIRA, G. M.; DE ASSIS MORAES, L. A.; DA SILVA, A. P.; MACHINESKI, G. S.; DE FÁTIMA MISSIO, F.; FILHO, J. T. Soil microbiological attributes and sugarcane productivity following implementation of three sugarcane reformation systems. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 45, n. 6, p. 1823–1832, 2024.

DENGIA, A.; DECHASSA, N.; WOGLI, L.; AMSALU, B. Evaluating different green manuring plant species and stool destruction methods for enhancing sugarcane yield at Wonji-Shoa Sugar Estate, Ethiopia. *Heliyon*, v. 10, n. 10, 15 p., 2024.

DLAMINI, N. E.; ZHOU, M. Soils and seasons effect on sugarcane ratoon yield. *Field Crops Research*, v. 284, 11 p., 2022.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of 3rd and 4th meetings of EWRC – Committee of Methods in Weed Research. *Weed Research*, v. 4, p. 88, 1964.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2024*. Rome, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cd2971en>.

FARINELLI, J. B. M.; SANTOS, D. F. L.; FERNANDES, C.; FERNANDES, M. M. H.; DA SILVA, M. F. Crop diversification strategy to improve economic value in Brazilian sugarcane production. *Agronomy Journal*, v. 110, n. 4, p. 1402–1411, 2018.

FURLAN, D. *Período residual e seletividade de indaziflam em amendoim*. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2020.

GHIRARDELLO, G. A.; ARAÚJO, L. S.; SILVA, G. S.; SILVA, A. F. M.; CAMPOS, L. H. F.; VICTORIA FILHO, R. Efficacy of the herbicides indaziflam and clomazone on problematic weeds of family Poaceae to sugarcane crop. *Bioscience Journal*, v. 38, e38070, 9 p., 2022.

GHIRARDELLO, G. A. *Efeitos de herbicidas residuais nas culturas de soja e sorgo cultivados em áreas de renovação de cana-de-açúcar*. 2024. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2024.

GOMES, C. A.; PUCCI, L. F.; ALVES, D. P.; LEANDRO, V. A.; PEREIRA, G. A. M.; REIS, M. R. Indaziflam application in newly transplanted arabica coffee seedlings. *Coffee Science*, v. 14, n. 3, p. 373–381, 2019.

GONÇALVES, V. A.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M. F. F.; DE FREITAS, F. C. L.; D'ANTONINO, L. Sorption of indaziflam in Brazilian soils with different pH values. *Revista Caatinga*, v. 34, n. 3, p. 494–504, 2021.

GUERRA, N.; OLIVEIRA NETO, A. M.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; TAKANO, H. K. Sensibility of plant species to herbicides aminocyclopyrachlor and indaziflam. *Planta Daninha*, v. 32, n. 3, p. 609–617, 2014.

GUERRA, N. et al. Persistência da atividade biológica e potencial de lixiviação dos herbicidas aminocyclopyrachlor e indaziflam em solos com diferentes texturas. *Planta Daninha*, v. 34, n. 2, p. 345–355, 2016.

HE, Z. et al. Multiresidue analysis of over 200 pesticides in cereals using a QuEChERS and gas chromatography-tandem mass spectrometry-based method. *Food Chemistry*, v. 169, p. 372–380, 2015.

KAAPRO, J.; HALL, J. Indaziflam, a new herbicide for pre emergent control of weeds in turf, forestry, industrial vegetation and ornamentals. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, v. 18, p. 267–270, 2012.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – Tiririca. *Planta Daninha*, v. 18, n. 2, p. 241–251, 2000.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e Capim-colonião (*Panicum maximum*). *Planta Daninha*, v. 21, n. 1, p. 37–44, 2003.

LI, R. et al. Optimizing canopy-spacing configuration increases soybean yield under high planting density. *Crop Journal*, v. 13, p. 233–245, 2025.

MORAES, L. A. A.; DE MELO, T. R.; TAVARES FILHO, J. Impact of sugarcane reform system in sandy soils on organic carbon and soil chemical attributes. *Sugar Tech*, v. 25, n. 5, p. 1271–1274, 2023.

PATRIGNANI, A.; OCHSNER, T. E. Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. *Agronomy Journal*, v. 107, n. 6, p. 2312–2320, 2015.

PETTER, F. A. et al. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. *Bragantia*, v. 75, n. 2, p. 173–183, 2016.

RAIJ, B. V. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1981.

ROCHA, P. R. R. et al. Sorption and desorption of diuron in four Brazilian Latosols. *Planta Daninha*, v. 31, n. 1, p. 231–238, 2013.

ROLIM, G. S. et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 66, n. 4, p. 711–720, 2007.

SANTOS, H. G. et al. *Proposta de atualização da 5ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 21. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2024.

SCHEDENFFELDT, B. F. et al. Residual effects of herbicides on sunn hemp, peanut and soybean. *International Journal of Agriculture and Biology*, v. 33, n. 1, 2025.

SCHREIBER, A.; MINKOFF, M.; LEFEBVRE, B. Using the iDQuant™ Standards kit for pesticide analysis to analyze residues in fruits and vegetable samples. *Food and Environmental*, 7 p., 2008.

SHOKO, M. D.; PIETERSE, P. J.; ZHOU, M. Effect of soybean (*Glycine max*) as a break crop on the cane and sugar yield of sugarcane. *Sugar Tech*, v. 11, n. 3, p. 252–257, 2009.

TOMPKINS, J. *Environmental Protection Agency pesticide fact sheet: Indaziflam*. Washington, DC: EPA, 2010.

VITTI, G. C. et al. *Uso do gesso em sistemas de produção agrícola*. Piracicaba: GAPE, 2008.

WIERSMA, J. V.; BAILEY, T. B. Estimation of leaflet, trifoliolate, and total leaf areas of soybeans. *Agronomy Journal*, v. 67, n. 1, p. 26–30, 1975.