

TOLERÂNCIA INICIAL DA CULTIVAR IACSP95-5000: II - HERBICIDAS EM PÓS-PLANTIO SOB DISTINTAS TECNOLOGIAS DE CULTIVO

Fabricio Simone Zera¹, Carlos Alberto Mathias Azania², Silvano Bianco³, Ana Regina Schiavetto⁴, Andréa Aparecida de Pádua Mathias Azania⁵

RESUMO:

O Sistema de plantio cana-de-açúcar são baseadas no plantio convencional e de mudas pré-brotadas, fatores que podem interferir na seletividade dos herbicidas. O objetivo deste estudo foi verificar a tolerância inicial da cultivar 'IACSP95-5000' em condições de plantio em tolete e diferentes sistemas de plantio mudas pré-brotadas (MPB) à diferentes herbicidas aplicados no pós-plantio. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizado, em esquema fatorial, com quatro repetições. O fator A foi as tecnologias de plantio (tolete, MPB IAC, Plene® PB e Plene® Envolve) e o fator B os herbicidas (ametrina; isoxaflutole; ametrina+isoxaflutole; ametrina+clomazona; isoxaflutole+clomazona; ametrina+trifloxissulfuron-sódico, e uma testemunha). Os herbicidas foram aplicados após 20 dias dos plantios. Foram avaliados sintomas de fitotoxicidade, aos 60, 90 e 120 dias após aplicação, perfilhamento e altura das plantas aos 60 e 120 dias, e massa seca aos 120 dias. No início do desenvolvimento das mudas todos os tratamentos com herbicida causaram fitotoxicidade as plantas, mas com o crescimento e desenvolvimento das mudas os sintomas foram diminuindo, fato este observado também nos perfilhamentos e na altura. O isoxaflutole e a mistura de ametrina+ clomazona não foram seletivos para no desenvolvimento inicial da cultivar IACSP95-500 de cana-de-açúcar nas tecnologias de plantio (tolete, MPB IAC, Plene® PB e Plene® Envolve) quando aplicados em pós-plantio.

Palavras-chave: Controle químico, fitotoxicidade, muda pré-brotada, *Saccharum* spp., seletividade.

INITIAL TOLERANCE OF THE IACSP95-5000 CULTIVAR: II - POST-PLANTING HERBICIDES UNDER DIFFERENT PLANTING TECHNOLOGIES

ABSTRACT:

Sugarcane planting systems are based on conventional billet planting and the use of pre-sprouted seedlings (PSS), which may influence herbicide selectivity. This study aimed to evaluate the initial tolerance of the sugarcane cultivar 'IACSP95-5000' under billet planting and different PSS systems to herbicides applied after planting. The experiment was conducted in a randomized block design in a factorial arrangement with four replications. Factor A consisted of planting technologies (billet, MPB IAC, Plene® PB, and Plene® Envolve), and factor B consisted of herbicides (ametryn; isoxaflutole; ametryn + isoxaflutole; ametryn + clomazone; isoxaflutole + clomazone; ametryn + trifloxysulfuron-sodium; and a control treatment). Herbicides were applied 20 days after planting. Phytotoxicity symptoms were evaluated at 60, 90, and 120 days after application, while tillering and plant height were assessed at 60 and 120 days, and dry mass at 120 days. At the early stage of seedling development, all herbicide treatments caused phytotoxicity; however, symptoms decreased over time as plants developed, a trend also observed for tillering and plant height. Isoxaflutole and

¹Doutor em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCAV/UNESP), Jaboticabal-SP. fabriciozera@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5967-1851>. ²Pesquisador Científico em Centro de Cana-de-Açúcar do Instituto Agrônômico (IAC), Ribeirão Preto-SP. azania.carlos@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0867-2058>. ³Professor Associado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCAV/UNESP), Jaboticabal-SP. silvano.bianco@unesp.br, <https://orcid.org/0000-0003-3025-7950>. ⁴Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCAV/UNESP), Jaboticabal-SP. ana.schiavetto@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7123-0015>. ⁵Pesquisadora na Procultivare Pesquisa e Desenvolvimento, Ribeirão Preto-SP. andrea.azania@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5273-6122>.

the ametryn + clomazone mixture were not selective for the initial development of the sugarcane cultivar 'IACSP95-5000' under the evaluated planting technologies (billet, MPB IAC, Plene® PB, and Plene® Envolve) when applied after planting.

Keywords: Chemical control, phytotoxicity, pre-sprouted seedlings, *Saccharum* spp., selectivity.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) consolida-se como uma das culturas de maior relevância socioeconômica para o Brasil, desempenhando papel central na matriz energética global através da produção de biocombustíveis e açúcar (CONAB, 2026). Com o avanço das áreas de cultivo, a otimização dos sistemas de plantio tornou-se essencial para garantir a longevidade do canavial (Landell et al., 2012). Atualmente, coexistem no setor diferentes modalidades de implantação, desde o plantio convencional mecanizado até o uso de tecnologias de plantio como as Mudanças Pré-Brotadas (MPB) e o plantio direto, que visam maior sanidade, redução de falhas e uniformidade do estande inicial (Zera et al., 2021).

Independentemente da tecnologia de plantio adotada, a interferência das plantas daninhas permanece como um dos principais fatores limitantes à produtividade do canavial. A competição por recursos vitais, como água, luz e nutrientes, especialmente nos estádios iniciais de desenvolvimento, pode acarretar perdas superiores a 80% no rendimento agrícola (Silva et al., 2018). Além da redução direta na biomassa, a presença de comunidades infestantes dificulta as operações de colheita e pode atuar como hospedeira de pragas e doenças (Silva et al., 2018). Nesse cenário, o controle químico por meio de herbicidas aplicados em pré ou pós-plantio consolida-se como a ferramenta mais utilizada, dada sua eficiência operacional e viabilidade econômica em grandes áreas (Monquero et al., 2011).

A eficácia do manejo químico na cultura da cana-de-açúcar está intrinsecamente ligada à diversidade de moléculas disponíveis e à compreensão de sua dinâmica no sistema solo-planta (Monquero et al., 2011). Segundo Rodrigues e Almeida (2018), o mercado dispõe de variados princípios ativos com distintos mecanismos de ação para aplicação em pós-plantio, visando o controle do complexo de plantas daninhas que infestam os canaviais, com destaque para o ametrina, isoxaflutole, clomazona e trifloxissulfurom-sódico.

Contudo, a transição entre as tecnologias de plantio, do sistema convencional para o uso de mudas pré-brotadas (MPB) ou plantio direto, altera a forma como essas moléculas interagem com a cultura, uma vez que o posicionamento do sistema radicular e a arquitetura da planta jovem em MPB podem

umentar a suscetibilidade à fitotoxicidade (Azania et al., 2015). Enquanto herbicidas como o isoxaflutole e o clomazona oferecem longo período residual e controle pré-emergente, a aplicação de sulfonilureias como o trifloxissulfurom-sódico em pós-emergência exige uma avaliação criteriosa da seletividade (Rodrigues e Almeida, 2018), uma vez que a cultivar IACSP95-5000 pode apresentar diferentes níveis de tolerância inicial a depender do seu estágio de desenvolvimento e do método de propagação utilizado.

Entretanto, a seletividade desses herbicidas é um fator crítico que varia conforme a constituição genética da cultivar e o sistema de propagação utilizado (Azania e Azania, 2014). Segundo Galon et al. (2009), a seletividade é a capacidade de um herbicida controlar as plantas daninhas sem comprometer o desenvolvimento e a produtividade da cultura alvo, neste caso a cana-de-açúcar. No caso da cultivar IACSP95-5000, amplamente utilizada por suas características de alta produtividade e elevadíssimos teores de sacarose (IAC, 2026), o conhecimento sobre a tolerância inicial a moléculas herbicidas em diferentes sistemas de plantio ainda carece de detalhamento técnico, especialmente quando se considera o estresse fitotóxico imediato após a aplicação e o potencial de recuperação da planta (Azania e Azania, 2014).

A resposta fitotóxica pode ser influenciada diretamente pela tecnologia de plantio adotada, uma vez que o sistema radicular de uma MPB se apresenta mais superficial e ativa no momento da transplantação, além de possuir uma exposição distinta à calda herbicida em comparação aos rebolos utilizados no plantio convencional (Beluci et al., 2015). Diante da necessidade de integrar o manejo químico eficiente à integridade fisiológica das novas cultivares, torna-se importante avaliar como a cultivar reage aos principais herbicidas de pós-plantio, visando evitar prejuízos no desenvolvimento inicial e, conseqüentemente, na longevidade do canavial (Azania et al., 2015).

Diante destes fatos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a tolerância inicial da cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000, submetida a diferentes tecnologias de plantio, frente à aplicação de diferentes herbicidas no período de pós-plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e condução experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro Avançado de Pesquisa em Cana-de-Açúcar, no Centro de Cana, do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em Ribeirão Preto, SP. A área experimental localiza-se nas coordenadas geográficas 21°12'30,01"S e 47°52'34,05"W, com altitude média de 632 m.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, tropical, caracterizado por verões quentes e úmidos, e invernos secos e frios. Durante a condução do experimento, as condições meteorológicas registradas pelo Centro Integrado de Informação Agrometeorológica (CIIAGRO) indicaram uma temperatura média de 21,70 °C, com médias mensais mínima e máxima de 15,44 °C e 27,94 °C, respectivamente. A precipitação acumulada no período experimental foi de 185,40 mm. A irrigação dos vasos foi realizada diariamente, por reposição hídrica manual, de modo a manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, evitando-se déficit hídrico e drenagem excessiva pelos orifícios do vaso.

Durante todo o período de condução do experimento as plantas foram mantidas em boas condições de manejo, onde os vasos de cana-de-açúcar se mantiveram sempre molhadas, e realizadas os monitoramentos de pragas e plantas daninhas, evitando qualquer tipo de interferência no experimento.

Material genético e tecnologias de plantio

A cultivar adotada no experimento foi a IACSP95-5000, desenvolvida pelo Centro de Cana do IAC, que se caracteriza por alta produtividade em condições favoráveis. A planta apresenta crescimento ereto e excelente brotação a partir das gemas, com bom perfilhamento e fechamento entre as linhas. Possui arquitetura foliar com folhas arqueadas, sem queda ou florescimento, além de ser resistente às principais doenças (Landell et al., 2007).

Entre as tecnologias de plantio, o sistema de plantio por toletes, consistiu na seleção e corte manual de colmos em um talhão da cultivar no Centro de Cana. Estes foram serrados em toletes de uma única gema (3 cm de diâmetro e 3 cm de comprimento total), garantindo 1,5 cm de talo de cada lado da gema. Imediatamente após o corte, o material foi submetido a tratamento térmico a 52 °C por 30 minutos, protocolo estabelecido para a eliminação da bactéria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (Xavier et al., 2014).

O sistema de plantio por MPB, as tecnologias utilizadas foram MPB IAC, Plene® PB e Plene® Evolve, fornecidas por suas respectivas fabricantes, a primeira pela IAC e as duas últimas pela Syngenta. Cada tecnologia oferece técnicas diferentes para suas mudas, que diferem em substrato, fertilização e tratamento fitossanitário, bem como no tempo final do ciclo de comercialização. Desta forma a MPB IAC estava com 60 dias de brotadas, enquanto o Plene® PB com 20 meses e o Plene® Evolve, nove meses.

De acordo com o comunicado oficial da empresa (Syngenta, 2014), o Plene® PB e o Plene® Evolve foram desenvolvidos especificamente para a produção em viveiros e o replantio de falhas. Enquanto o sistema Plene® Evolve foca na base de multiplicação, o Plene® PB entrega mudas pré-brotadas já estabelecidas. Ambas as tecnologias são complementadas pelo sistema de tecidos encapsulados, que visa ganho de escala e redução de custos operacionais no plantio comercial.

Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x7, com quatro repetições. O primeiro fator foi a tecnologia de plantio: tolete, MPB IAC, Plene® PB e Plene® Evolve, da cv. IACSP95-5000 de cana-de-açúcar. O segundo fator foram os herbicidas aplicados após o plantio. Foram aplicados sete tratamentos, descritos na tabela 1. As doses seguiram as recomendações da bula dos produtos e orientações do fabricante segundo Rodrigues e Almeida (2018).

Tabela 1. Descrição dos herbicidas aplicados em pós-plantio nas distintas tecnologias de plantio da cv. IACSP95-5000 de cana-de-açúcar.

Trat.	Ingrediente ativo	Produto comercial	Grupo Químico	Modo de Ação		Dose ha ⁻¹	
				HRAC/WSSA		g i.a.	p.c.
T1	ametrina	Metrimex 500 SC	triazinas	C1/5		3000	6 L
T2	isoxaflutole	Provence 750 WG	isoxazóis	F2/25		135	180 g
T3	ametrina +	Metrimex 500 SC	triazinas	C1/5		3000	6 L
	isoxaflutole	Provence 750 WG	isoxazóis	F2/25		135	180 g
T4	ametrina +	Sinerge EC	triazinas	C1/5		1500	5 L
	clomazona		isoxazolidinonas	F4/13		1000	
T5	isoxaflutole +	Provence 750 WG	isoxazóis	F2/25		135	180 g
	clomazona	Gamit Star	isoxazolidinonas	F4/13		1200	1,5 L
T6	ametrina +	Metrimex 500 SC	triazinas	C1/5		1463	2,9 L
T6	trifloxissulfurom-sódico	Envoke	sulfonilureias	B/2		37	49,3 g
T7	Testemunha	---	---	---		---	---

SC - suspensão concentrada; WG - grânulos dispersíveis em água; HARC - Comitê de Ação à Resistência aos Herbicidas do Brasil; WSSA - Weed Science Society of America (Sociedade Americana de Ciência das Plantas Daninhas); i.a. - ingrediente ativo; p.c. - produto comercial.

Instalação e do experimento

O experimento foi realizado em vasos com capacidade de 40 dm³, cada vaso contendo uma planta representando uma parcela experimental, ao qual foram preenchidos com solo de um Latossolo

Vermelho de textura argilosa. De acordo com a análise química do solo (Tabela 2), não foi necessária a calagem, apenas a adubação de plantio, utilizando a dose de 500 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 04-20-20 (N-P-K).

Tabela 2. Dados da análise química e física do solo utilizado no experimento de tolerância IACSP5000 e as tecnologias de plantio de cana-de-açúcar.

Análise Química										
pH	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC	V %
6,6	8	3	0,74	30,4	4,8	14	0,1	25,9	49,9	72
Análise Física										
Areia	Argila (g kg ⁻¹)	Silte	Classificação textural							
168	581	251	Argiloso							

Fonte: Laboratório DMLab (Ribeirão Preto – SP).

O plantio dos toletes e o transplante das MPB foram realizados 30 dias após as aplicações dos herbicidas, quando as plantas (tolete e MPB) apresentavam em média 15 cm de altura, ressaltando que no plantio em tolete esperou-se a emergência das plantas para aplicação dos herbicidas. Os toletes e o Plene® Evolve foram plantados a uma profundidade de cinco centímetros, enquanto o MPB IAC e o Plene® PB foram plantados a uma profundidade de 10 cm, seguindo as recomendações técnicas.

Os herbicidas foram aplicados utilizando um pulverizador costal de pressão constante (mantida por

CO₂ comprimido), equipado com uma barra de pulverização contendo quatro bicos de pulverização do tipo jato plano (XR110015), espaçados a 0,5 m, com volume de pulverização equivalente a 220 L ha⁻¹. No momento da aplicação, as condições meteorológicas eram de temperatura média de 25,10 °C, ventos com velocidade média de 5,4 km h⁻¹ e umidade relativa de 68,7%. As condições meteorológicas registradas no momento da aplicação estavam dentro dos limites críticos para a mitigação de perdas hídricas e exsudação de gotas conforme destacam Griesang e Ferreira (2021).

Variáveis analisadas

As avaliações foram realizadas em três épocas distintas para melhor caracterização da resposta inicial da cultura aos herbicidas. No experimento, aos 60, 90 e 120 dias após a aplicação (DAA), referentes aos 90, 120 e 150 dias após o plantio (DAP), foram avaliados os sintomas visuais de fitotoxicidade (injúria), o número e a altura dos perfilhos (cm) e, ao final do experimento, aos 120 DAA, a massa seca (g) da cana-de-açúcar.

As avaliações visuais da fitotoxicidade nas mudas de cana-de-açúcar foram realizadas utilizando escalas de 0 a 100%, em que zero representa a ausência de danos visuais e 100 representa a morte da planta, segundo a escala de avaliação da European Weed Research Council (EWRC, 1964), adaptada por Rolim (1989).

O número de perfilhamento foi realizado pela contagem dos perfilhos de cada planta (vaso) e a altura das plantas foi medida com uma fita métrica, medindo-se a distância do solo até a folha totalmente expandida da cana-de-açúcar (folha +3) para cada tratamento. A massa seca foi obtida após o corte e a secagem do material em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C até atingir massa constante.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos a uma análise de variância pelo teste *F*. Os efeitos dos tratamentos, quando significativos, foram comparados com o teste de *Tukey* ($p < 0,05$). O programa estatístico utilizado foi o *Agroestat* (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os níveis de fitotoxicidade na cultivar IACSP95-5000 variaram significativamente em função dos tratamentos herbicidas e das tecnologias de plantio utilizadas, aos 60 e 90 DAA (Figura 1), já aos 120 DAA os sintomas haviam desaparecidos. Aos 60 DAA, no plantio em tolete, as misturas de ametrina+clomazona (T4) e isoxaflutole+clomazona (T5) e isoxaflutole (T2) isolado apresentaram as

maiores porcentagens de sintomas de injúrias da ordem de 55, 35 e 45% respectivamente, efeitos estes considerados moderados. Aos 90 DAA, os níveis dessas injurias diminuíram para ordem de 8% para os mesmos herbicidas (Figura 1). Bertolino e Alves (2014), estudando a tolerância da cana-de-açúcar cv. SP81-2350, também observaram a presença de injurias provocadas pelo isoxaflutole na condição de aplicação em pós-plantio, porém na tecnologia Plene®.

Os maiores sintomas de fitotoxicidade foram provocados pelos ingredientes ativos, isoxaflutole e clomazona, que se destacam no manejo de plantas daninhas por atuarem na biossíntese de carotenoides, desencadeando o processo de fotobranqueamento (bleaching) dos tecidos foliares (Rodrigues e Almeida, 2018), como observado neste trabalho. Os carotenoides apresentam ação fotoprotetora importante para a clorofila e diversas proteínas presentes no cloroplasto. Esses pigmentos evitam a fotoxidação da molécula da clorofila (Maciel et al., 2012). Segundo Dayan (2019) a falta de clorofila provoca o crescimento de folhas albinas e se mantido essa intoxicação elas não conseguem se manter, o que não foi observado no experimento, já que aos 120 DAA não apresentavam mais sintomas nas folhas.

Embora tanto o isoxaflutole quanto a clomazona sejam classificados como herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides, seus alvos enzimáticos específicos são distintos, configurando diferentes grupos de ação do HRAC (Comitê de Ação à Resistência de Herbicidas). O isoxaflutole (Grupo F2) atua como um pró-herbicida que, após absorção e ativação metabólica no solo ou na planta, converte-se em diquetonitrila (DKN). Esta molécula é a responsável pela inibição competitiva da enzima 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (HPPD). A inibição da HPPD interrompe a conversão de 4-hidroxifenilpiruvato em homogentisato, precursor essencial da plastoquinona e dos tocoferóis, o que resulta indiretamente na degradação da via dos carotenoides (Pallet et al., 2001).

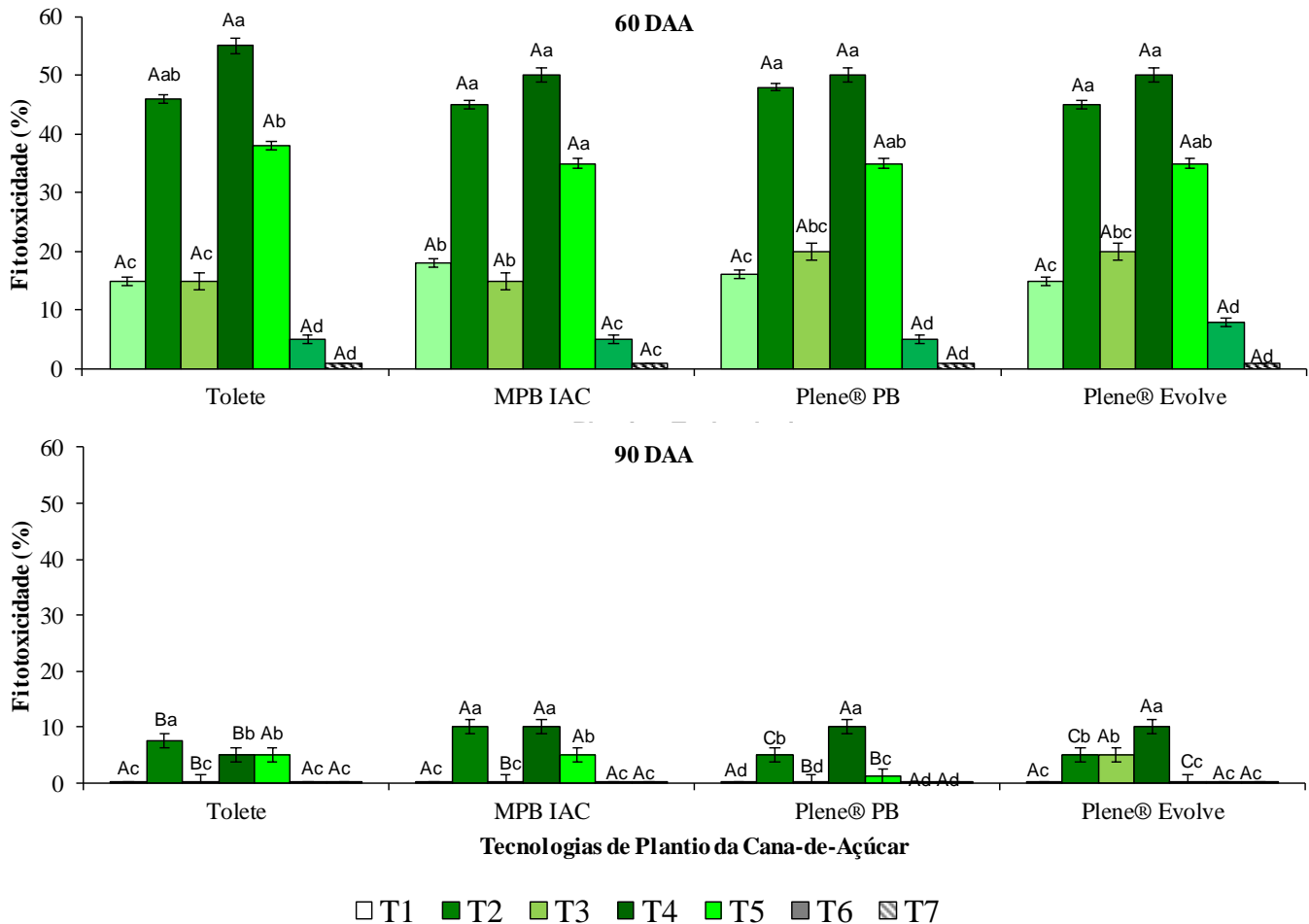


Figura 1. Fitotoxicidade causada por herbicidas aplicados em pós-plantio nas tecnologias de plantio de cana-de-açúcar, cv. IACSP95-5000, aos 60 e 90 DAA. Letras maiúsculas diferenciam tecnologias de plantio e letras minúsculas, herbicidas. $CV_{60DAA} = 15,98\%$, $CV_{90DAA} = 12,13\%$.

Em contrapartida, a clomazona (Grupo F4) atua em um estágio anterior da via isoprenóide. Este herbicida inibe a enzima 1-desoxi-D-xilulose-5-fosfato sintase (DXS), que catalisa a primeira etapa da via do metileritritol fosfato (MEP) nos plastídios. Ao bloquear a formação dos precursores de cinco carbonos (IPP e DMAPP), a clomazona impede diretamente a síntese de carotenoides e outros isoprenoides essenciais (Dayan, 2019). Diferentemente do isoxaflutole, a clomazona é frequentemente associada a uma maior volatilidade e sintomas de fitotoxicidade mais severos em tecidos emergentes devido à sua atuação direta na via de síntese primária de isoprenoides (Dayan, 2019).

A ametrina isolado promoveu injurias inferior comparado com ametrina associado a herbicidas inibidores de carotenoides, isoxaflutole e clomazona, este último principalmente, o que evidência que essa mistura promove uma maior intoxicação nas plantas

da cana-de-açúcar cv. IACSP95-500. A ametrina, herbicida pertencente ao grupo químico das triazinas, exerce seu controle sobre as plantas daninhas através da inibição específica do complexo Fotossistema II (FSII) (grupo C1). O mecanismo fundamental consiste na ligação da molécula ao sítio QB da proteína D1 dentro do tilacóide, bloqueando de forma competitiva o fluxo de elétrons entre a quinona primária e a secundária. Como resultado, ocorre a cessação do transporte eletrônico fotossintético, impedindo a fotofosforilação e a subsequente fixação de carbono, além de induzir a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) que provocam a peroxidação lipídica das membranas celulares e a rápida necrose dos tecidos (Teixeira et al., 2024).

Martins et al. (2010) ressaltam que o padrão de crescimento e recuperação da fitotoxicidade pouco depende da intensidade inicial de injurias das cultivares de cana-de-açúcar, o que demonstra que

apesar de altas porcentagem fitotoxicidade no início do período de avaliação, a cultura pode se recuperar e produzir colmos saudáveis, como observados neste experimento, pois aos 120 DAA, os sintomas de injúrias não foram mais observados.

Segundo Inoue et al. (2007), os sintomas de fitotoxicidade oriundos da aplicação de isoxaflutole podem ser atribuídos ao fato de que, como as plantas se encontram em um sistema fechado (vasos), as moléculas praticamente não sofreram lixiviação, sendo que são passíveis de lixiviar, ficando concentradas e disponíveis para absorção pelas raízes, uma vez que este herbicida é absorvido pelas raízes das plantas.

Campos et al. (2016) estudando a tolerância das tecnologias de plantio (tolete, MPB IAC e Plene® PB da cana-de-açúcar cv. IACSP95-5000 não relataram sintomas de fitotoxicidade da mistura de

ametrina+clomazona até aos 80 DAA. Soares et al. (2010) observaram que o clomazona (1100 g ha^{-1}) causou fitotoxicidade de 30% em diferentes cultivares, porém aos 70 DAA as cultivares apresentaram plena recuperação.

Os valores de número de perfilhamento e da altura da planta de cana-de-açúcar cv. IACSP95-5000 para os tratamentos aplicados em pós-plantio podem ser observados na figura 2 e 3 respectivamente. No plantio em tolete a mistura de isoxaflutole+clomazone (T5) aos 60 DAA mostra uma redução no número de perfilhos, enquanto que aos 120 DAA esta redução foi promovida pela aplicação de ametrina (T1). Para a altura a aplicação de ametrina (T1) a redução foi observada aos 60 e 120 DAA. Aos 120 DAA a aplicação da mistura de isoxaflutole+clomazona (T5) também prejudicou a altura da cana-de-açúcar.

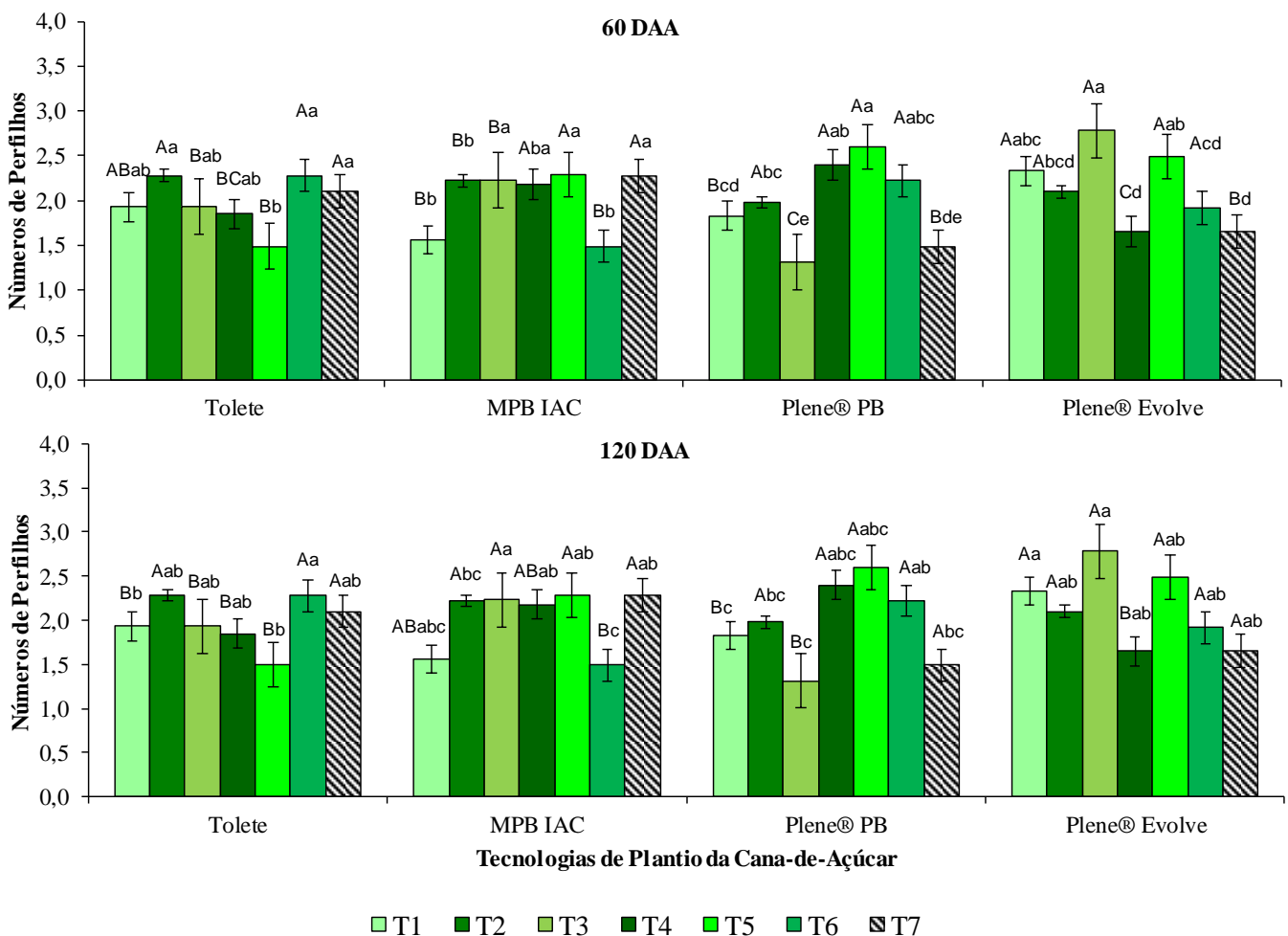


Figura 2. Número de perfilhos das plantas influenciada pelas aplicações de herbicidas em pós-plantio da cana-de-açúcar, cv. IACSP95-5000, aos 60 e 120 DAA. Letras maiúsculas diferenciam tecnologias de plantio e letras minúsculas, herbicidas. Dados transformados: raiz ($x+0,5$). $CV_{60DAA} = 11,42\%$, $CV_{90DAA} = 15,80\%$.

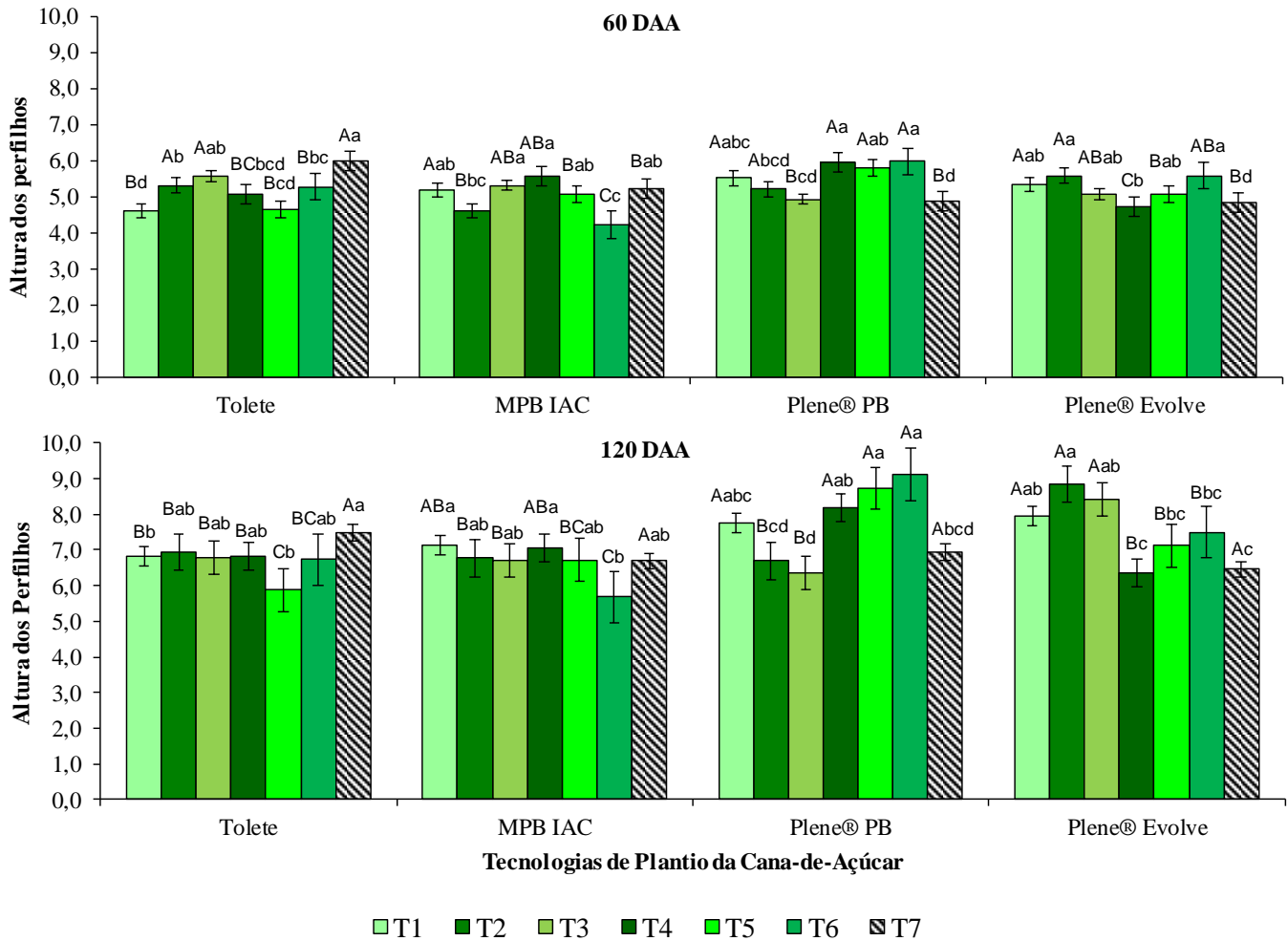


Figura 3. Altura (cm) dos perfilhos influenciada pelas aplicações de herbicidas em pós-plantio da cana-de-açúcar, cv. IACSP95-5000, aos 60 e 120 DAA. Letras maiúsculas diferenciam tecnologias de plantio e letras minúsculas, herbicidas. Dados transformados: raiz ($\times 0,5$). $CV_{60DAA} = 5,75\%$, $CV_{90DAA} = 8,97\%$.

No plantio da MPB IAC, o número de perfilhos inicialmente foi reduzido pelo ametrina (T1), isoxaflutole (T2) e ametrina+trifloxissulfurom-sódico (T6), e aos 120 DAA pela mistura de ametrina+trifloxissulfurom-sódico (T6). Para a altura da planta, tanto aos 60 como 120 DAA houve redução com a aplicação ametrina+trifloxissulfurom-sódico (T6). O perfilhamento no plantio Plene® PB, aos 60 DAA foi prejudicado pela mistura ametrina+isoxaflutole (T3) e aos 120 DAA pelo ametrina, isolado e em associação com o isoxaflutole (T1 e T3). A altura da planta aos 120 DAA foi reduzida com a aplicação da mistura ametrina+isoxaflutole (T3).

O plantio Plene® Envolve tanto aos 60 como aos 120 DAA as plantas tiveram seu perfilhamento prejudicados pela mistura ametrina+clomazona (T4), sendo que a altura da planta foi reduzida pelo ametrina+clomazona (T4), apenas aos 120 DAA.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bertolino e Alves (2014), onde o isoxaflutole reduziu o perfilhamento para as tecnologias de plantio utilizadas, e não influenciou a altura da planta, quando estudou a cultura-da-açúcar cv. SP81-3250 em pós-plantio. No trabalho de Azania et al. (2005) os efeitos causados por herbicidas em cana-de-açúcar muitas vezes causam injúrias à cultura, podendo afetar seu desenvolvimento inicial, porém rapidamente observa-se a sua total recuperação, raramente sendo observado diferença comparado às alturas.

A massa seca da cana-de-açúcar cv. IACSP95-5000 (Figura 4) foi reduzida em relação a testemunha (T10) somente no plantio de Plene® Envolve pela mistura dos herbicidas ametrina+clomazona (T4); no plantio em tolete, MPB IAC e Plene® PB os tratamentos comparados à

testemunha não diferenciaram estatisticamente, na condição de aplicação dos herbicidas pós-plantio.

O estudo demonstrou que a cultivar IACSP95-5000 apresenta alta capacidade de recuperação fisiológica frente ao estresse químico causado por herbicidas de pós-plantio. Independentemente da tecnologia de plantio (Tolete, MPB IAC, Plene® PB ou Evolve), a fitotoxicidade inicial observada aos 60

DAA foi transiente, com remissão total aos 120 DAA. A estabilidade no perfilhamento e o acúmulo de biomassa (massa seca) confirmam que o manejo químico é uma estratégia tecnicamente viável e seletiva para esta cultivar, desde que o sistema de plantio seja considerado no posicionamento dos produtos.

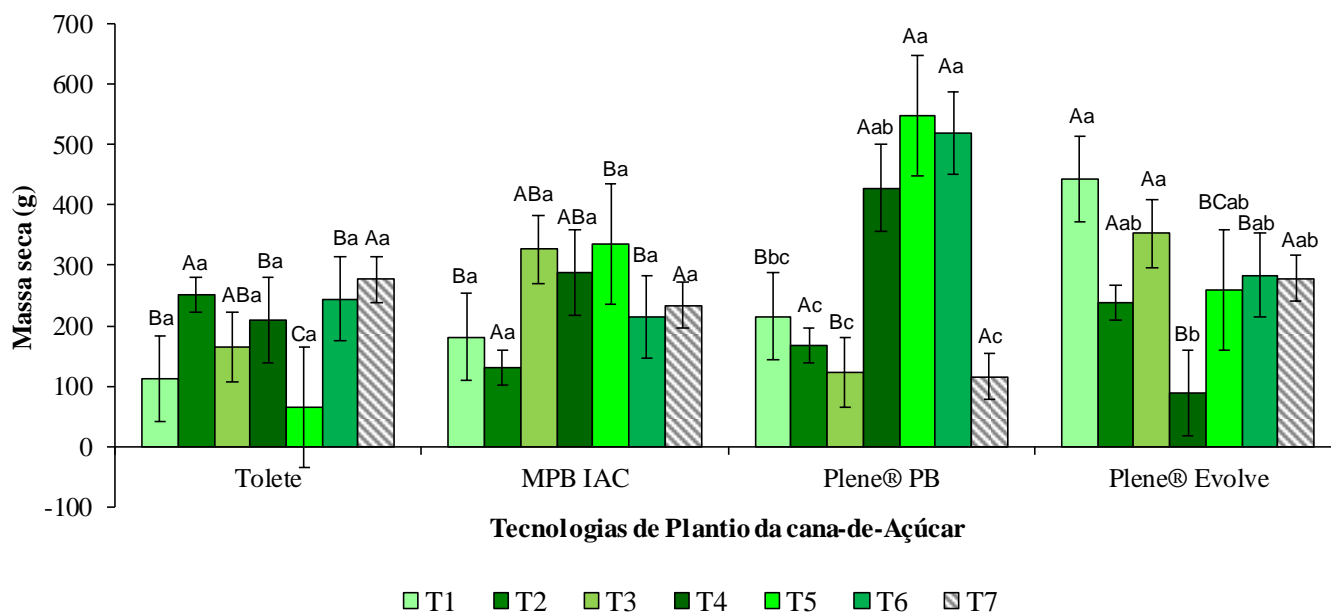


Figura 4. Massa seca (g), de plantas submetidas à aplicação de herbicidas em pós-plantio nas tecnologias da cana-de-açúcar, cv. IACSP95-5000, aos 120 DAA. Letras maiúsculas diferenciam tecnologias de plantio e letras minúsculas, herbicidas. CV = 32,58%.

CONCLUSÃO

Conclui-se que o isoxaflutole e a mistura de ametrina+clomazona não foram seletivos no desenvolvimento inicial da cv. IACSP95-500 de cana-de-açúcar nas tecnologias de plantio (tolete, MPB IAC, Plene® PB e Plene® Evolve) quando aplicados aos 30 dias pós-plantio.

A cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000 demonstra uma elevada capacidade de recuperação fisiológica, uma vez que a fitotoxicidade inicial observada aos 60 DAA em todos os tratamentos herbicidas regrediu totalmente até os 120 DAA. No entanto, o isoxaflutole e a mistura de ametrina + clomazona não são considerados seletivos para o desenvolvimento inicial desta cultivar, independentemente da tecnologia de plantio utilizada (tolete, MPB IAC, Plene® PB ou Plene® Evolve), quando aplicados aos 20 dias após o plantio.

Impactos específicos foram observados no sistema Plene® Evolve, onde a mistura de ametrina + clomazona reduziu o perfilhamento e a massa seca, e no MPB IAC, onde a combinação de ametrina + trifloxissulfurom-sódico prejudicou a altura e o número de perfilhos. Assim, embora o manejo químico seja viável devido à resiliência da planta, a seletividade é condicionada ao método de propagação e à escolha criteriosa das moléculas para evitar prejuízos no estande inicial.

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossos agradecimentos à Syngenta e ao Centro Avançado de Pesquisa em Cana-de-Açúcar do IAC, cujas contribuições foram fundamentais para a execução deste trabalho, seja por meio do fornecimento das mudas ou pelo suporte técnico e operacional durante as etapas de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azania, C.A.M. & Azania, A.P.M. (2014). Seletividade de herbicidas. In: Monqueiro, P. A. (Ed.). **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. São Carlos: RiMa. p. 217-234.
- Azania, C.A.M.; Bizzi, G.M.; Vitorino, R.; Beluci, L.R. & Azania, A.A.P.M. (2015). Seletividade de diferentes herbicidas aplicados previamente ao plantio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **STAB**, 33: 36-38.
- Azania, C.A.M.; Rolim, J.C.; Casagrande, A.A.; Lavorenti, N.A. & Azania, A.A.P.M. (2005). Seletividade de herbicidas: II - aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época das chuvas. **Planta Daninha**, 23(4): 489-495. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000400015>
- Barbosa, J. C. & Maldonado Júnior, W. (2015). **Experimentação agrônômica e AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal, SP: Multipress. 396 p.
- Beluci, L.R.; Vitorino, R.; Azania, C.A.M.; Azania, A.D.P.A.M. & Tortorelli, H.F. (2015). Utilização do perfil isoenzimático como ferramenta na avaliação da seletividade de herbicidas em cana-de-açúcar. **Nucleus**, 12(2): 157-166.
- Bertolino, C.B. & Alves, P.L.da C.A. (2014). Seletividade de herbicidas para cana-de-açúcar no sistema Plene em pré e pós-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.2, p.197-206. <https://doi.org/10.7824/rbh.v13i3.249>
- Campos, B.F.; Azania, C.A.M.; Chaves, A.R.C.S.; Azania, A.A.M.; Siqueira, M.E.; Boneti, J.E.; Jerônimo, C.H.C. (2016). Seletividade de herbicidas para cana-de-açúcar cultivada em plantio convencional, mudas pré-brotadas IAC e Plene PB. In: XXX Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas: Tecnologia a Serviço do Agricultor. **Anais...** Curitiba: UFSC.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília: CONAB, 2026.
- Dayan, F.E. (2019). Current status and future prospects in herbicide discovery. **Plants**, 8(9): p.341. <https://doi.org/10.3390/plants8090341>
- EWRC - European Weed Research Council (1964). Report of 3rd and 4rd meetings of EWRC. Cittee of methods in weed research. **Weed Research**, 4(1): 88.
- Galon, L., Ferreira, F. A., Ferreira, E. A., Silva, A. A., Silva, A. F., Aspiazú, I., ... & Barbosa, M. H. P. (2009). Seletividade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, 27(spe), 1083-1093. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000500022>
- Griesang, F, & Ferreira, M. da C. (2021). Tecnologia de aplicação para herbicidas. In: Barroso, A.A.M. & Murata, A.T. (Eds.). **Matologia**: Estudos sobre Plantas Daninhas. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021. p. 428-449.
- Instituto Agrônômico - IAC (2026). **Cultivares IAC: Resultados**. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/resultados_quantitativos_view.php?pesquisa=Cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar
- Inoue, M.H.; Oliveira Jr, R.S.; Constantin, J. & Alonso, D.G. (2007). Potencial de lixiviação de imazapic e isoxaflutole em colunas de solo. **Planta Daninha**, 25(3): 547-555, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000300014>
- Landell, M.G. de A.; Campana, M.P.; Figueiredo, P.; Xavier, M.A.; Anjos, I.A. dos; Dinardo-Miranda, L.L.; Scarpari, M.S.; Garcia, J.C.; Bidóia, M.A.P.; Silva, D.N. da; MENDONÇA, J.R. de; Kanthack, R.A.D.; Campos, M.F. de; Brancalião, S.R.; Petri, R.H. & Miguel P.E.M. (2012). **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônômico de Campinas, 17p. (IAC. Documentos, 109).
- Landell, M.G.A.; Campana, M.P.; Figueiredo, P.; Vasconcelos, A.C.M.; XAVIER, M. A.; Bidoia, M.A.P.; Prado, H.; Silva, M.A.; Miranda, L.L.D. & Santos, A.S. (2007). **Varietades de cana-de-açúcar para o Centro-Sul do Brasil**: 16a liberação do programa cana IAC (1959-2007). Vol. 197. Boletim técnico IAC. 37p.

- Maciel, C.D.deG.; Velini, E.D.; Martins, D.; Negrissoli, E.; Tofolli, G.R. (2012). Corn seed treatment with naphthalic anhydride against isoxaflutole phytotoxication action. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, 10(1): 612-616.
- Martins, D.; Costa, N.V.; Cardoso, L.A.; Rodrigues, A.C.P. & Silva (2010). Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Planta Daninhas**. 28: 1125-1134. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000500020>
- Monquero, P.A.; Binha, D.P.; Inácio, E.M.; Silva, P.V.D. & Amaral, L.R.D. (2011). Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Bragantia**, 70(2): 286-293. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000200006>
- Pallet, K.E.; Cramp, S.M.; Little, J.P.; Veerasekaran, P.; Crudace, A.J. & Slater, A.E. (2001). Isoxaflutole: the background to its discovery and the basis of its herbicidal properties. **Pest Manag Sci** 57(2): p.133–142. [https://doi.org/10.1002/1526-4998\(200102\)57:2%3C133::aid-ps276%3E3.0.co;2-0](https://doi.org/10.1002/1526-4998(200102)57:2%3C133::aid-ps276%3E3.0.co;2-0)
- Rodrigues, B.N. & Almeida, F.S. (2018). **Guia de herbicidas**. 7. Ed. Londrina:Produção Independente. 764p.
- Rolim, J. C. (1989). **Proposta de utilização da escala EWRC modificada em ensaios de campo com herbicidas**. Araras: IAA/PLANALSUCAR. Coordenadoria Regional Sul. 3 p.
- Silva, G.S.; Giraldeleli, A.L.; Ghirardello, G.A.; Victoria Filho, R. & Estêvão, R. (2018). Manejo de plantas daninhas no sistema de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 17(1): 86-94. <https://doi.org/10.7824/rbh.v17i1.526>
- Silva, T.P.; Azania, C.A.M.; Xavier, M.A.; Percin, D. & Vitorino, R. (2018). Sugarcane seedlings influenced by the management with herbicides. **Planta Daninha**, 36: e018150678. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100019>
- Soares, R.O.; Azania, C.A.M.; Lorenzato, C.M.; Shiavetto, A.R.; Zera, F.S. & Azania, A.A.M. (2011). Herbicidas de diferentes mecanismos de ação e a seletividade a cultivares de cana-de-açúcar. **Nucleus**, 8(1): 337-350. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.487>
- Teixeira, M.M.; Aguiar, G.R.; Silva, J.M.da; Silva, K.T.M.da; Siebeneichler, S.C.; Ferreira Júnior, O.J.; Lima, C.S.L.; Bastos, I.M.A.daS.; Sousa, A.S.de & Oliveira, M.de. (2024). Photosystem II inhibitor herbicides. **Observatório De La Economía Latinoamericana**, 22(7), e5856. <https://doi.org/10.55905/oelv22n7-192>
- Xavier, M.A.; Landell, M.G.A.; Campana, M.P.; Figueiredo, P.; Mendonça, J.R., Dinardo-Miranda, L.L.; Scarpari, M.S.; Garcia, J.C.; Anjos, I.A.; Azania, C.A.M.; Brancalião, S.R.; Kanthack, R.A.D.; Aferri, G.; Silva, D.N.; Bidóia, M.A.P.; Campos, M. F.; Ferruco, D.; Matsuo, R.S.; Neves, J.C.T.; Cassaneli Junior, J.R.; Perruco, L.; Petri, R. H.; Silva, T.N.; Silva, V.H.P.; Thomazinho junior, J.R.; Miguel, P.E.M. & Lorezanto, C. M. (2014). Fatores de desuniformidade e kit de pré-brotação IAC para sistema de multiplicação de cana-de-açúcar–mudas pré-brotadas (MPB). Vol. 113. Campinas: Instituto Agrônômico. 22p.
- Zera, F.S.; dos Santos, L.S. & Rodrigues, A.D. (2021). As tecnologias de plantio da cana-de-açúcar e uso de herbicidas no controle de plantas daninhas. In: Moura, P.H.A & Monteiro, V.F.C. (eds.). **Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis 2**. Ponta Grossa, PR: Atena. p. 53-65. <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129115>.