

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

LUAN DIONNES KAIBER MOREIRA

**VARIAÇÃO GENOTÍPICA E APLICAÇÃO DE GLIFOSATO EM CANA DE
AÇÚCAR: efeito hormesis na fotossíntese, crescimento e maturação**

Ilha Solteira
2022

LUAN DIONNES KAIBER MOREIRA

**VARIAÇÃO GENOTÍPICA E APLICAÇÃO DE GLIFOSATO EM CANA
DE AÇÚCAR: efeito hormesis na fotossíntese, crescimento e
maturação**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Ilha Solteira, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Sistema de Produção).

Prof. Dr. Enes Furlani Junior
Orientador

Ilha Solteira
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M838v Moreira, Luan Dionnes Kaiber.
Variação genotípica e aplicação de glifosato em cana de açúcar: efeito hormesis na fotossíntese, crescimento e maturação / Luan Dionnes Kaiber
Moreira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
38 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistema de Produção, 2022

Orientador: Enes Furlani Junior
Inclui bibliografia

1. *Saccharum* spp. 2. Variedade. 3. Fisiologia vegetal. 4. Biomassa. 5. Sacarose.


Raiane da Silva Santos



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

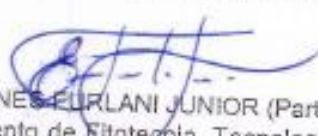
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: VARIAÇÃO GENOTÍPICA E APLICAÇÃO DE GLIFOSATO EM CANA DE AÇÚCAR: EFEITO HORMESIS NA FOTOSSÍNTESE, CRESCIMENTO E MATURAÇÃO

AUTOR: LUAN DIONNES KAIBER MOREIRA

ORIENTADOR: ENES FURLANI JUNIOR

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. ANDRÉ RODRIGUES DOS REIS (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia de Biossistemas / FEI / UNESP - Tupa

Prof. Dr. SAMUEL FERRARI (Participação Virtual)
Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - UNESP/Dracena

Ilha Solteira, 15 de junho de 2022

DEDICATÓRIA

A toda minha família e amigos, por todo o amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sempre estar presente na minha vida, e a minha família, em especial minha mãe Roseli Salete Kaiber e ao meu pai José Moreira da Silva, que não se faz presente fisicamente, mas que está em todas minhas memórias. A minha irmã Raissa Kaiber Moreira e meus sobrinhos Fabrycio Augusto e Rhaí Luccas, aos meus avós maternos Leticia Berton Kaiber e Adelmo Antônio Kaiber, que sempre estiveram presente na minha vida e que fazem de exemplo de humildade e sabedoria.

Ao Prof. Dr. Enes Furlani Junior, pela orientação e apoio a condução desse projeto.

A todos os professores e técnicos da UNESP campus de Ilha de Solteira que colaboraram de alguma forma, para que todo o trabalho fosse concluído com êxito. Em especial aos professores Dr. Marcelo C. Minhoto Teixeira Filho e Dr. Marco Eustáquio de Sá pelas contribuições na banca de qualificação. Também a todos os professores e convidados que ministraram aulas no programa de pós-graduação, em especial ao Professor Dr. André Reis e o Professor Dr. Paulo Teodoro pelas magníficas aulas ministradas no programa, com certeza foram de grande valia para meu crescimento profissional.

A todas aquelas amigas que foram criadas no programa de pós-graduação, em especial à Andressa Melo e Lucymara Contardi.

A todos meus amigos consultores que foram pessoas muito importante na minha formação profissional, em especial ao Prof. Dr. Antônio Gheller, Prof. Dr. José Orlando Filho e o Prof. Dr. Newton Macedo, dos quais foram as pessoas que me puderam transmitir todo conhecimento com paciência e sabedoria como verdadeiros mestres, é uma honra poder tê-los presentes na minha formação, carrego comigo todos os ensinamentos e os transmitirei sempre com maestria, assim como foi me passado.

À Usina Vale do Paraná pelo apoio e incentivo a condução desse trabalho em suas instalações. E de forma especial a todos os colaboradores do time de Agronomia que me apoiaram com o projeto.

RESUMO

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes para o desenvolvimento sustentável e econômico do Brasil, tanto pela produção de açúcar, etanol e energia limpa. A aplicação de subdoses de glifosato nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura pode ter efeito estimulante, chamado de hormesis. O presente estudo teve como objetivo calibrar a dose hormética em função da variedade de cana-de-açúcar. Além disso, objetivou-se caracterizar o efeito estimulante do glifosato na fisiologia, crescimento e maturação da cana-de-açúcar. O estudo foi realizado com as variedades RB92 579, RB86 7515 e RB96 6928. Os tratamentos com glifosato foram com as seguintes doses: 0,0; 1,2; 1,8; 3,6; 10,8; 43,2 g.e.a ha⁻¹. O delineamento estatístico utilizado no experimento foi um delineamento inteiramente casualizados em esquema fatorial 3 x 6, contendo 5 repetições por tratamento. Os parâmetros avaliados foram: a taxa fotossintética líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO₂ (Ci), índice SPAD, fluorescência variável (Fv), fluorescência máxima (Fm), fluorescência inicial (Fo), eficiência intrínseca do fotossistema II (Fv/Fo), máximo rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm), biomassa seca e análises tecnológicas (Açúcares totais recuperáveis (ATR), Açúcar redutores da cana (AR), Pureza do caldo, Brix do caldo, Fibra, Pol% cana). As variedades de cana de açúcar mostraram interação entre Variedade (V) x Dose (D) para as variáveis E, gs e A. Os parâmetros avaliados de SPAD e fluorescência mostraram que não houve efeito significativo para a interação de Variedade (V) x Dose (D) nas variáveis de SPAD e Fo. O acúmulo de biomassa na variedade RB86 7515 mostrou diferença na dose de 1,8 g.e.a ha⁻¹ comparando com a variedade RB92 579, e para dose de 3,6 g.e.a ha⁻¹ a variedade RB96 6928 se mostrou superior a RB92 579. Doses acima de 10,8 g.e.a ha⁻¹ não se observou diferenças entre as variedades de cana. Em resposta a variável ATR a dose de 1,8 g.e.a ha⁻¹ mostrou que a variedade RB96 6928 teve um desempenho superior a RB86 7515, e a dose de 3,6 g.e.a ha⁻¹ a variedade RB92 579 mostrou um desempenho positivo e similar a variedade RB96 6928.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., variedade, fisiologia vegetal, biomassa, sacarose.

ABSTRACT

Sugar cane is one of the most important crops for the sustainable and economic development in Brazil, both for the production of sugar, ethanol and clean energy. The application of sub-doses of glyphosate in the early stages of crop development can have a stimulant effect, called hormesis. The present study aimed to calibrate the hormetic dose as a function of the variety of sugar cane. Furthermore, the objective was to characterize the stimulating effect of glyphosate on the physiology, growth and maturation of sugar cane. The study was carried out with the varieties RB92 579, RB86 7515 and RB96 6928. The treatments with glyphosate were at the following doses: 0.0; 1.2; 1.8; 3.6; 10.8; 43.2 g.e.a ha⁻¹. The statistical design used in the experiment was completely randomized design in factorial scheme 3 x 6, containing 5 replications per treatment. The parameters evaluated were: net photosynthetic rate (A), transpiration rate (E), stomatal conductance (Gs), intercellular CO₂ concentration (Ci), SPAD index, variable fluorescence (Fv), maximum fluorescence (Fm), initial fluorescence (Fo), intrinsic efficiency of photosystem II (Fv/Fo), maximum quantum yield of photosystem II (Fv/Fm), dry biomass and technological analyzes (Total Recoverable Sugars (ATR), Reducing sugars (AR), Juice Purity, Juice Brix, Fiber, Pol%). The sugarcane varieties showed an interaction between Variety (V) x Dose (D) for the variables E, gs and A. The evaluated parameters of SPAD and fluorescence showed that there was no significant effect for the interaction of Variety (V) x Dose (D) in the variables of SPAD and Fo. The accumulation of biomass in the variety RB86 7515 showed a difference in the dose of 1.8 g.e.a ha⁻¹ compared to the variety RB92 579, and for the dose of 3.6 g.e.a ha⁻¹ the variety RB96 6928 was superior to RB92 579. Doses above 10.8 g.e.a ha⁻¹, no differences were observed between the sugarcane varieties. In response to the variable ATR the dose of 1.8 g.e.a ha⁻¹ showed that the variety RB96 6928 had a superior performance to RB86 7515, and the dose of 3.6 g.e.a ha⁻¹ the variety RB92 579 showed a positive and similar performance. the RB96 6928 variety.

Keywords: *Saccharum* spp., variety, plant physiology, biomass, sucrose.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
1.1	A CANA DE AÇÚCAR	11
1.2	VARIÉDADES DE CANA DE AÇÚCAR	12
1.3	AÇÃO DO GLIFOSATO	13
1.4	EFEITO HORMÉTICO NA FOTOSSÍNTESE	14
1.5	EFEITO HORMÉTICO NA PRODUTIVIDADE	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	16
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	17
3.3	MATÉRIA FRESCA E MATÉRIA SECA	18
3.4	ÍNDICE SPAD	18
3.5	ANÁLISE DE TROCAS GASOSAS E ANÁLISE DA FLORESCÊNCIA DA CLOROFILA A	18
3.6	AVALIAÇÕES TECNOLÓGICAS	19
3.6.1	Açúcar total recuperável (ATR)	19
3.6.2	Açúcares redutores da cana (AR)	20
3.6.3	Pureza do caldo e Brix do caldo	20
3.6.4	Fibra	20
3.6.5	Pol% cana	20
3.7	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5	CONCLUSÕES	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A demanda global por biocombustíveis, açúcar e energia tem crescido mais a cada década, e neste contexto, a cana-de-açúcar tem se destacado como a cultura mais promissora do Brasil para atender tais demandas, sendo o Brasil o país mais importante neste cenário (BERNARDO, 2019). Existem três caminhos para avançar o setor sucroenergético: a expansão de área cultivada; o aumento da produtividade e aumento de açúcar produzido nos canaviais (ELOBEID, 2019). A região Centro-sul do Brasil representou 93% da produção nacional na safra de 2015-2016, atingindo uma produtividade de 80 toneladas por hectare (CONAB, 2017), sendo que algumas estimativas têm mostrado que a produtividade em 2024/25 estará entre 74 e 82 toneladas/ha (CONAB, 2017). No entanto, para que esta projeção seja atingida, existe um grande desafio a ser vencido, pois a expansão de área de cana-de-açúcar tende a migrar para o Cerrado brasileiro, onde o ambiente de produção é limitante, tendo em vista suas características de baixa fertilidade do solo e restrições climáticas (BORDONAL, 2018).

Portanto, para atender o aumento da demanda global por açúcar e biocombustível, torna-se necessário aumentar a produtividade de açúcar por hectare, de modo a compensar a possível queda ou estabilização da produção de cana por hectare. Para isso, é imprescindível fazer uso de ferramentas ou tecnologias, tais como maturadores que estimulam a cana de açúcar a acumular sacarose nos colmos. Nesse contexto, existem diferentes herbicidas que são utilizados para maturar a cana-de-açúcar, dentre eles, o glifosato, 2,4-D, paraquat, e.g (DALLEY; RICHARD, 2010). O princípio dos maturadores químicos é o que se conceitua como “hormesis”, que é a aplicação de subdoses de herbicidas para estimular o crescimento das plantas, e os desempenhos fisiológico e enzimático (BELZ; DUKE, 2014; BRITO, 2018).

O glifosato é um dos herbicidas mais usados para estimular o crescimento e a fisiologia das plantas, sendo que seu mecanismo de ação como efeito hormonal não é claramente compreendido, mas pode estar parcialmente associado ao local de ação do herbicida, uma vez que esse efeito não é observado em plantas resistentes ao glifosato (CEDERGREEN; OLESEN, 2010).

Na literatura existem diversos trabalhos que demonstram efeitos benéficos da aplicação hormética de glifosato em cana-de-açúcar (JALAL, 2021; NASCENTES, 2018; PINCELLI-SOUZA, 2020), tais como estímulo da assimilação de CO₂,

transpiração, condutância estomática (DE MORAES, 2020), transporte de elétrons no fotossistema das plantas (SILVA, 2016), bem como aumento de massa seca (NASCENTES, 2017), produtividade, teor de sacarose e absorção de transporte de fósforo (PINCELLI-SOUZA, 2020).

Embora diversos estudos tenham demonstrado os benefícios das aplicações horméticas de glifosato na cultura da cana de açúcar, é imprescindível salientar que a calibração da dose-resposta ainda não está bem definida, tendo em vista que a dose hormética é diferente em função da variação genotípica existente. Dessa forma, demonstra a importância da realização de estudos complementares objetivando a calibração da dose hormética de glifosato a ser utilizada em razão da variedade empregada.

Poucos trabalhos demonstraram um estudo de dose-resposta em variedades de cana-de-açúcar. A hipótese a ser testada é que a dose hormética de glifosato é diferente para cada variedade e que o glifosato estimula a fisiologia, crescimento e maturação da cana de açúcar. O presente estudo teve como objetivo calibrar a dose hormética em função da variedade de cana-de-açúcar. Além disso, objetivou-se caracterizar o efeito estimulante do glifosato na fisiologia, crescimento e maturação da cana-de-açúcar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 A CANA DE AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma planta pertencente à família Poaceae e da classe monocotiledônea. As principais espécies surgiram na Oceania e na Ásia, nos países de Nova Guiné, Índia e China (SANTOS, 2015). É uma cultura perene cujo metabolismo C4 a torna muito eficiente na conversão de carbono. Se destaca por sua alta produtividade em comparação a outras culturas, sendo a principal matéria-prima para a produção de açúcar (BORÉM, 2015).

A cana-de-açúcar se consolidou como uma das culturas mais importantes do mundo e em especial para o Brasil, devido ao valor agregado que é dado aos produtos gerados através do seu cultivo, tais como o açúcar, etanol e energia. Ao longo das fases de desenvolvimento da cultura, períodos de estiagem são comuns, onde a planta passa por estresse, conseqüentemente causando efeitos prejudiciais ao crescimento das plantas (FONSECA, 2022).

O Brasil possui políticas de estado como a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída pela Lei 13.576/2017, que tem como objetivo aumentar a participação dos biocombustíveis na matriz energética do país, baseado na sustentabilidade econômica, ambiental e social, conseqüentemente reduzindo as emissões de gases de efeito estufa, levando em consideração os compromissos assumidos pelo Brasil na Conferência do Clima, em Paris. (RENOVABIO, 2022).

Nos últimos anos observou-se que a produção de cana de açúcar no Brasil tem sofrido perdas do seu potencial produtivo, motivadas principalmente pelas alterações climáticas, as quais afetam suas regiões produtoras, tais como geadas, períodos de estiagem, dentre outros. Desta forma, as regiões de maior produção do país, como o centro sul, recentemente foram as mais afetadas, tendo-se estimado perdas de aproximadamente 13% abaixo da safra anterior de 2020/21 (CONAB, 2021).

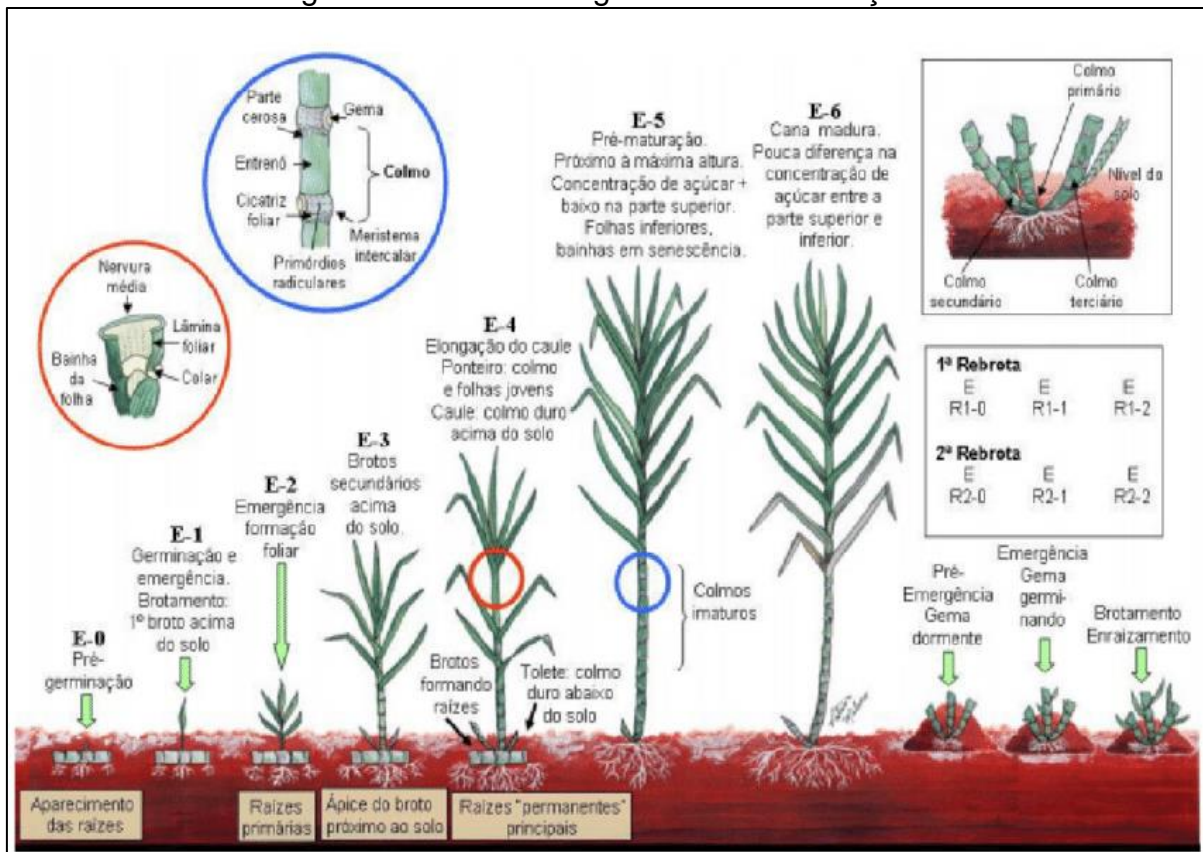
O ciclo de desenvolvimento da cana de açúcar se divide em diferentes fases, como: plantio, brotação, perfilhamento, crescimento da parte aérea, florescimento, maturação. O plantio se pode dar em diferentes épocas do ano, sendo que aquele que ocorre de janeiro a abril é conhecido como cana de ano e meio (18 meses); o plantio que ocorre entre os meses de maio a julho é conhecido com cana de inverno (INV) e

o plantio que ocorre de setembro a dezembro é considerado como cana de ano (12 meses). Após o primeiro corte, a cana passa a ser chamada de soca.

Segundo Gascho e Shih (1983) as fases de brotação e emergência da cana de açúcar se iniciam quando o broto rompe as folhas da gema e se desenvolve sobressaindo à superfície do solo, sendo que paralelamente a essas fases, também se inicia o processo de enraizamento. Desta forma, a emergência pode acontecer de 20 a 30 dias após o plantio (DAP), sendo este período variável de acordo com as condições de temperatura e umidade do solo.

Se observa na Figura 1. todas as etapas fenológicas que ocorrem durante o ciclo da cultura, que se dá em um tempo de 12 a 15 meses aproximadamente.

Figura 1–Fases fenológicas da cana-de-açúcar



Fonte: Nakano (2011).

1.2 VARIEDADES DE CANA DE AÇÚCAR

Atualmente o Brasil conta com diferentes instituições de fomento de variedades de cana de açúcar tanto públicas como privadas, das quais podemos destacar a RIDESA (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético),

IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) e o CTC (Centro de Tecnologia Canavieiro). Dentre as variedades desenvolvidas instituição RIDESA, se destacam RB96 6928, RB 92 579 e RB86 7515 (MIRANDA, 2010).

A variedade RB96 6928 é proveniente de um cruzamento da variedade RB85 5156 e RB81 5690, a qual apresenta hábito de crescimento levemente decumbente, bainhas verde-amareladas, folhas de cor verde-clara, estreita e de comprimento médio. A maturação se destaca por seu longo período de industrialização (PUI), sendo considerada uma maturação precoce a médio, ideal para colheitas do início a meio de safra do Centro-Sul. Essa variedade se destaca pela alta produtividade de colmos e o teor de sacarose (RIDESA, 2021).

A variedade RB92 579 vem do cruzamento de RB75 126 com RB72 199, possuindo um desenvolvimento mais lento, folhas largas, maturação média/tardia, hábito de crescimento semidecumbente, tolerante e resistentes às principais doenças como carvão, ferrugem marrom, escaldadura, mosaico (RIDESA, 2021).

Proveniente de um cruzamento de RB72 454, a variedade RB86 7515 se destaca pela sua rusticidade e alta produtividade, consistindo em uma variedade de maturação média/tardia, ideal para colheitas a partir de julho na região Centro-Sul. A mesma possui hábito de crescimento rápido e porte ereto, também se destacando pela excelente resposta a maturadores e por sua riqueza. Embora também apresente excelente brotação na cana planta e soca, esta variedade possui quantidade média de perfilhos (RIDESA, 2015).

1.3 AÇÃO DO GLIFOSATO

A partir da década de 70, os herbicidas químicos começaram a ser usados amplamente como componentes-chave da agricultura industrial moderna (CLAPP,2021). Neste contexto, o glifosato (N-(fosfometil) glicina), que foi lançado no mercado na mesma década, é hoje considerado o produto herbicida mais utilizado na agricultura, sendo originalmente produzido pela Monsanto Company, EUA sob o nome comercial Roundup (BENTO,2016).

O herbicida glifosato tem ação sistêmica quando é aplicado em pós-emergência e controla um amplo espectro de plantas daninhas. O modo de ação ocorre com a inibição da 5-enolpiruvilshiquimato3-fosfato sintase (EPSPs) (FUCHS, 2020). O herbicida é translocado através do floema, levando a morte do sistema radicular e das

estruturas reprodutivas, como rizomas, bulbos e tubérculos (BRITO, 2017). O glifosato participa da via do ácido chiquímico, responsável por uma das etapas da síntese de aminoácidos como triptofano, fenilalanina e tirosina, sendo estes essenciais para o crescimento das plantas e ademais são precursores de metabólitos secundários como os pigmentos, flavonóides, auxinas, fitoalexinas, lignina e taninos (HELANDER, 2018).

De acordo com Kruse et al., (2000), cerca 35% da matéria seca de plantas são provenientes da via do chiquímico e 20% do carbono fixado pela fotossíntese provém desta rota metabólica. Os sintomas visuais que podem ocorrer pela ação sobre as plantas são “amarelamento” dos meristemas, necrose e morte em dias ou semanas (AMARANTE, 2002). Com o bloqueio da rota do chiquimato ocorre um acúmulo, dentre outros, de altos níveis de ácido chiquímico e pode haver muitas implicações fisiológicas e ecológicas (COLE, 1982).

1.4 EFEITO HORMÉTICO NA FOTOSSÍNTESE

Entre todos os processos que ocorrem em uma célula vegetal, a fotossíntese é de suma importância para garantir a homeostase celular, necessário para o desenvolvimento vegetativo da planta (TAIZ, 2015).

A fotossíntese não é considerada um alvo inibitório primário de glifosato, mas tem sido relatado, devido às perturbações que ocorrem na biossíntese de clorofilas, carotenóides, ácidos graxos e aminoácidos (DE FREITAS, 2005).

Com a inibição do crescimento detectada após aplicação com glifosato, o metabolismo é prejudicado, impedindo a utilização de carboidratos ou energia disponíveis na taxa esperada. Em plantas que receberam aplicações de glifosato, Orcaray (2012) observou que o metabolismo do carbono foi prejudicado com acúmulo de carboidratos nas folhas e raízes.

Entretanto, em doses baixas de glifosato, pode ocorrer a inibição da síntese de lignina, fazendo com que as paredes celulares fiquem mais elásticas por um período mais longo durante o desenvolvimento, conseqüentemente aumentando o crescimento longitudinal (DUKE, 2006). Desta forma, o glifosato é comumente usado como hormônio em doses baixas em diferentes culturas como, soja e grão de bico (SILVA, 2016; ABBAS, 2015), pois estimula a assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática (DE MORAES, 2020) e o transporte de elétrons no fotossistema (SILVA, 2016).

1.5 EFEITO HORMÉTICO NA PRODUTIVIDADE

Estudos têm sido realizados com objetivo de avaliar possíveis efeitos estimulantes em plantas, principalmente com herbicidas. A resposta é medida através de parâmetros fisiológicos, anatômicos, produtivos; dentro os quais podemos destacar, crescimento com base no peso, altura ou área foliar, ou alterações fisiológicas, como proteína, enzimas, aminoácidos. O efeito hormesis pode provocar diferentes respostas nas plantas, e o que determina é esse efeito é o produto químico utilizado e como sua especificidade na ação do mesmo. As respostas do efeito hormesis que ocorrem na fisiologia da planta podem ser explicadas através de uma defesa da planta em compensar o estresse químico gerado (WIEDMAN; APPLEBY, 1972).

Doses baixas de glifosato promoveram o crescimento de uma ampla gama de espécies de plantas, e este efeito hormesis provavelmente esteja relacionado devido ao sítio de ação do glifosato. (VELINI et al., 2008). O glifosato tem papel de destaque na via do ácido chiquímico, o que contribui com a síntese de lignina, levando assim a melhoria no desenvolvimento e produtividade de várias culturas (JALAL, 2021).

A lignina é um dos metabólitos associados à integridade vascular da planta (VANHOLME, 2010) e com isso aumenta a capacidade das plantas de lidar com o estresse biótico e abiótico (NGUYEN, 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado em setembro de 2019 e conduzido até abril de 2020, na Usina Vale do Paraná, pertencente ao município de Suzanápolis/SP, com coordenadas geográficas latitude 20°23'21,49"S e longitude 51°1'56,21"W, e altitude de 380 m. O clima predominante da região é o Aw (Köppen), clima seco definido, temperatura média anual de 21,6 °C, umidade relativa média de 70%, sendo que média pluvial do ano de 2019 foi 1.344 mm.

O solo utilizado no experimento é classificado com Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com textura arenosa. O resultado da análise química e física do solo do experimento foram determinados antes da instalação, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001) e encontra-se descrito na Tabela 1.

O solo foi corrigido com calcário e gesso e adubado conforme a recomendação do Boletim 100 IAC, com NKP + micronutrientes no momento do transplante das mudas. Além disto, as plantas receberam duas aplicações adicionais de boro e zinco via foliar aos cinco e sete meses de idade. Foram feitas lâminas de 20 mm de irrigação semanalmente. Não foram necessários controles de pragas e doenças durante a condução do experimento.

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo da área experimental

P(resina)	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	mmol dm ⁻³				%		
10,6	11,6	5,1	1,8	23,0	8,0	21,7	32,8	54,5	60,2
Cu*			Fe*		Mn*		Zn*		B**
			mg dm ⁻³						
1,0			49,0		19,2		1,4		0,12

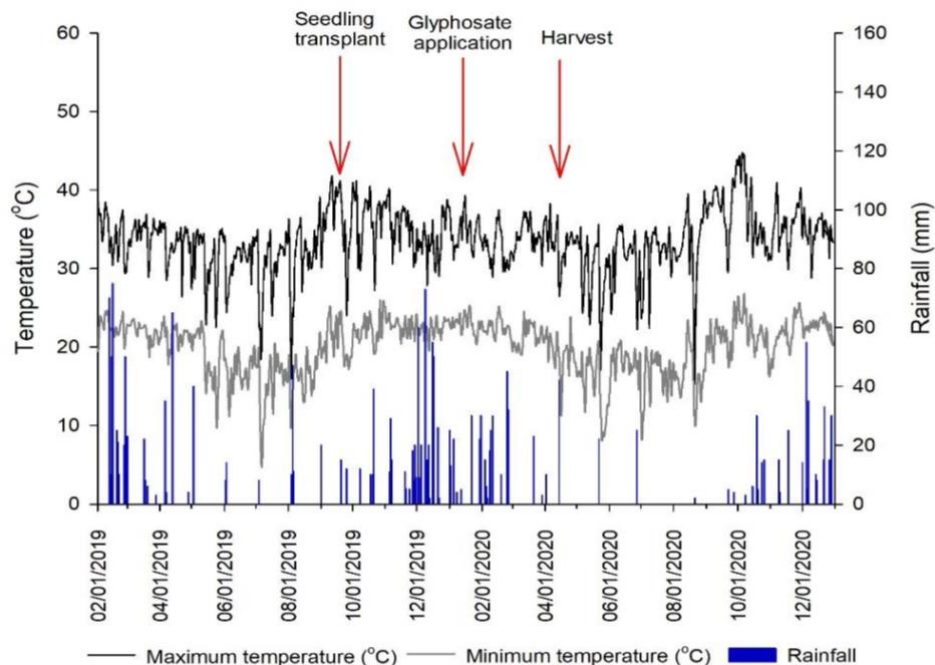
*Determinado em DTPA

**Água quente

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Durante a condução do experimento foram coletados os dados climáticos na Estação agrometeorológica de Ilha Solteira, estação da Faculdade de Engenharia da Unesp, Campus de Ilha Solteira/SP, cujos resultados foram expressos na Figura 2.

Figura 2 – Dados climáticos do local do experimento, onde: Seedling transplante - Transplante das Mudas (dia/mês/ano); Glyphosate application - Aplicação do Glifosato (dia/mês/ano), e Harvest - Colheita (dia/mês/ano)



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido utilizando três variedades de cana-de-açúcar, sendo estas: RB 92 579, RB 86 7515 e RB 96 6928, desenvolvidas e provenientes da instituição RIDESA.

O plantio foi realizado empregando-se mudas pré-brotadas (MPB) provenientes de meristemas para garantir a pureza varietal e a sanidade das mesmas. O cultivo foi feito a céu aberto em vasos com volume de 18 litros, com o solo descrito previamente.

O delineamento estatístico utilizado no experimento foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 x 6. Sendo esse fatorial representando por variedades (RB 92 579, RB 86 7515 e RB 96 6928) e doses de Glifosato (0; 1,2; 1,8; 3,6; 10,8; 43,2 gramas de ingrediente ativo por hectare (g.e.a ha⁻¹)), cinco repetições.

As aplicações de Glifosato foram realizadas quando as plantas apresentavam 90 dias após o transplante das MPB, empregando-se borrifadores manuais para aplicar separadamente cada planta, simulando uma vazão de 150 litros/ha de calda.

3.3 MATÉRIA FRESCA E MATÉRIA SECA

A determinação da matéria fresca foi realizada na etapa de colheita do experimento (10/04/2020), desta forma, assim que colhido, o material vegetal foi conduzido para o laboratório de fisiologia vegetal da UNESP, a parte aérea das plantas foi dividida em colmo e folhas, aos quais foram pesadas em balança de precisão (graduada em 0,0001 g).

Posteriormente, as amostras de colmo foram encaminhadas ao Laboratório Industrial da Usina Vale do Paraná para ser realizada a extração do caldo para as análises tecnológicas. Em seguida, o bagaço da cana resultante do processamento foi recolhido e acondicionado em sacos de papel do tipo Kraft, que assim como as folhas, foram levados para estufa de circulação de ar forçada, sob temperatura de 65°C e por 72 horas. Após a secagem, o material vegetal foi pesado em balança de precisão.

3.4 ÍNDICE SPAD

As leituras SPAD foram efetuadas com o medidor portátil SPAD-502 (Fabricante Konica Minolta) após a aplicação dos tratamentos de Glifosato (30 dias após o transplante das mudas). As medições ocorreram no período da manhã, e a folha padronizada para ser utilizada foi a folha +1, sendo medido no terço médio da folha.

3.5 ANÁLISE DE TROCAS GASOSAS E ANÁLISE DA FLORESCÊNCIA DA CLOROFILA A

A taxa fotossintética líquida expressa por área (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e a concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$), foram

avaliadas utilizando-se o equipamento portátil de trocas gasosas Infra Red Gas Analyser (IRGA, marca ADC BioScientific Ltd, modelo LC – Pro). As condições impostas para as medições foram de $1000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), providas por lâmpadas LED; 380 ppm de CO_2 e temperatura da câmara em 28°C .

As medições de trocas gasosas foram realizadas com um mês após aplicação dos tratamentos de Glifosato (30 dias após o transplante das mudas), em dias ensolarados, no período compreendido entre às 8:00 e 12:00 h. As leituras foram realizadas no tercio médio da folha +1, sendo que nas mesmas folhas que foram realizadas análise de trocas gasosas, foi analisada a fluorescência da Clorofila A (Fv/Fm) utilizando o fluorímetro portátil (Opti-Sciences, Hudson, NH, EUA).

3.6 AVALIAÇÕES TECNOLÓGICAS

No momento da colheita foram feitas as coletas dos colmos industrializados de cada repetição para serem levados ao Laboratório Industrial da Usina Vale do Paraná, sendo que cada amostra de colmo continha entre quatro e cinco colmos dependendo da variedade e do tratamento. A metodologia para análises seguiu os padrões do Conselho dos Produtores de Cana de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (CONSECANA-SP, 2006). As análises realizadas foram de: Açúcar total recuperável (ATR), Açúcares redutores da cana (AR), Pureza do caldo, Brix do caldo, Fibra, Pol% cana.

3.6.1 Açúcar total recuperável (ATR)

Os ATRs representam a quantidade de açúcares (açúcares invertidos ou ART) que são recuperados no processo industrial (kg/t cana) assumindo perdas de 12% (FERNANDES, 2003). O ATR é calculado pela seguinte equação.

$$\text{ATR} = 10 \times 0,88 \times 1,0526 \times \text{PCC} + 10 \times 0,88 \times \text{ARC}$$

Sendo:

- 10: fator que se refere à transformação de kg Pol/100 kg cana (%) em kg Pol t¹ cana.
- 0,88: fator de eficiência industrial.
- 1,0526: fator que transforma a Pol em AR.

3.6.2 Açúcares redutores da cana (AR)

Os açúcares redutores (AR) se referem aos açúcares monossacarídeos, glicose e frutose. Esses açúcares são responsáveis pela coloração do açúcar no processo industrial (FERNANDES, 2003). O AR % é determinado através da equação:

$$ARC (AR\% \text{ cana}) = AR * (1 - 0,01 * F) * C$$

Onde:

- C: coeficiente de transformação de pol do caldo extraído em pol do caldo absoluto.

- F: fibra da cana.

- AR: açúcares redutores do caldo. Sendo calculado pela equação:

$$AR\% \text{ caldo} = 3,641 - 0,0334 * P \text{ (\% pureza aparente do caldo)}$$

3.6.3 Pureza do caldo e Brix do caldo

A pureza é a quantidade em porcentagem de sacarose de uma amostra de sólidos solúveis (FERNANDES, 2003). E se determina através da equação:

$$P = (\text{Pol}\% / \text{Brix}\%) \times 100$$

O Brix % do caldo são os sólidos solúveis, determinados em refratômetro digital de leitura automática.

3.6.4 Fibra

As fibras são os materiais insolúveis em água que estão presentes no colmo da cana. É obtida pelo método da prensa hidráulica (FERNANDES, 2003), e calculado pela seguinte equação.

$$F = 0,08 * \text{PBU} + 0,876$$

Onde:

PBU: peso do bagaço úmido da prensa (g).

3.6.5 Pol% cana

A Pol % cana se trata da quantidade aparente de sacarose contida em uma solução açucarada (FERNANDES, 2003). Se obtém a Pol% através da seguinte equação:

$$\text{PCC (Pol\% cana)} = \text{Pol \% caldo} \times (1 - 0,01 \times \text{Fibra}) \times C$$

Onde:

- C: coeficiente de transformação de Pol do caldo extraído em Pol do caldo absoluto.

3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Primeiramente os dados foram submetidos a o teste de Grubbs para identificar a presença de outliers. Em seguida, os testes Shapiro-Wilk e Bartlett foram utilizados para verificar a normalidade dos resíduos dos dados e homogeneidade das variâncias. Posteriormente, a análise de variância (ANOVA), foi utilizada para verificar se havia diferença para o fator variedade e dose, e se havia interação entre os fatores. Quando ANOVA foi significativa, utilizou-se o teste de Tukey para o fator qualitativo e análise de regressão para fator quantitativo. Em todo estudo adotou-se o nível de significância de 5% e os dados foram analisados utilizando os softwares Minitab e R (Pacotes *ExpDes.pt* e *easyanova*) e para elaboração dos gráficos o Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância, observaram-se efeito significativos para os fatores variedade (V), dose (D) e interação V x D para variável biomassa seca e tecnológicas (Tabela 2). O fator de variação variedade (V) foi significativo para todas as variáveis avaliadas. E o fator de variação dose (D) também apresentou significância. Já interação de V x D foi significativa para todas as variáveis. Esses resultados evidenciam que variedades e doses causam efeito significativo para todos os caracteres.

Tabela 2- Resumo da análise de variância e dos valores médios no efeito da aplicação de Glifosato na biomassa seca e nos parâmetros tecnológicos, açúcares redutores (AR), açúcar total recuperável (ATR), em variedades de cana-de-açúcar a diferentes doses.

Fontes de variação	Biomassa seca Kg	AR %	ATR Kg t ⁻¹
Variedade (V)	<0,01	<0,01	<0,01
Dose (D)	<0,01	0,01	0,11
V x D	<0,01	<0,01	<0,01
CV (%)	11,13	13,41	3,72
Média geral	3,81	0,6	141,3
Variedade (V)			
RB92579	3,61 b	0,57 b	139,02 b
RB867515	4,00 a	0,63 a	138,98 b
RB966928	3,82 ab	0,52 b	145,83 a
Doses de Glifosato (g.e.a.ha⁻¹)			
0	3,39	0,58	140,77
1,2	4,39	0,57	142,20
1,8	4,04	0,60	141,20
3,6	4,15	0,62	137,95
10,8	3,66	0,57	143,30
43,2	3,24	0,52	142,24
p>F (linear)	<0,01	<0,01	0,30
p>F (quadrat)	0,73	0,55	0,39
R ² (linear) %	40,10	66,30	11,49
R ² (quadrat) %	40,23	68,51	19,37

Nota: ns = não significativo; CV=coeficiente de variação; médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05).

Na análise de variância dos parâmetros tecnológicos (Tabela 3), mostraram uma interação de V x D de todas as variáveis. Na fonte de variação Dose (D) não apresentou efeito significativo para Brix.

Tabela 3- Resumo da análise de variância e dos valores médios no efeito da aplicação de Glifosato nos parâmetros tecnológicos, pol, pureza, brix e fibra, em variedades de cana-de-açúcar a diferentes doses.

Fontes de variação	Pol %	Pureza %	Brix °Brix	Fibra %
Variedade (V)	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
Dose (D)	<0,01	0,02	0,07	<0,01
V x D	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
CV (%)	4,23	3,17	3,17	4,28
Média geral	17,3	85,9	16,6	13,3
Variedade (V)				
RB92579	17,15 b	85,96 b	16,38 b	13,78 a
RB867515	16,85 b	83,71 c	16,59 ab	13,28 b
RB966928	17,76 a	87,96 a	16,78 a	12,87 c
Doses de Glifosato (g.e.a.ha⁻¹)				
0	17,27	85,78	16,58	13,58
1,2	17,48	86,07	16,71	13,60
1,8	16,99	84,99	16,62	12,75
3,6	16,62	84,44	16,24	12,98
10,8	17,42	86,20	16,83	12,97
43,2	17,73	87,78	16,53	13,99
p>F (linear)	<0,01	<0,01	0,86	<0,01
p>F (quadrat)	0,80	0,817	0,27	<0,01
R ² (linear) %	37,13	68,25	27,00	34,73
R ² (quadrat) %	37,41	68,65	11,76	61,92

Nota: ns = não significativo; CV=coeficiente de variação; médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05).

No desdobramento de V x D para a variável biomassa seca (Tabela 4), a variedade RB86 7515 apresentou a maior média na ausência de produto (dose 0). Na dose de 1,2 g.e.ha⁻¹ as variedades que apresentavam um menor desenvolvimento vegetativo se igualaram. Para dose de 1,8 g.e.ha⁻¹ foi observado uma diferença entre a RB86 7515 e a RB92 579, sendo com o aumento progressivo da dose para 3,6 g.e.a ha⁻¹ a variedade RB96 6928 se diferiu da RB92 579. E para as doses de 10, 8 e 43,2 g.e.a ha⁻¹ não foi observado diferença entre as variedades. Baixas doses de qualquer

herbicida ou produto hormonal podem ser usadas para estimular o crescimento, composição e fisiologia das plantas (BRITO, 2018).

Neste contexto, Silva et al. (2009) em experimento conduzido com a variedade SP80-1842 obteve resposta em acúmulo de biomassa seca utilizando a dose 1,8 g.e.a ha⁻¹. Carbonari et al. (2014) concluíram que as doses respostas de 7,2 a 36 g.e.a ha⁻¹ com glifosato tiveram acúmulo de biomassa e doses maiores que 72 g.e.a ha⁻¹ causavam injúrias, afetando diretamente a biomassa.

As variáveis tecnológicas na dose de 0 g.e.a ha⁻¹ apresentaram comportamento semelhante para pol, pureza e brix, apresentando diferença estatística variedade entre as variedades RB96 6928 e RB92 579. Essa diferença estatística entre as variedades RB96 6928 e RB92 579 também foi observada para Pol (%) na dose de 1,2 g.e.a ha⁻¹. Na dose de 1,8 g.e.a ha⁻¹ as variedades apresentaram o mesmo o mesmo comportamento para Pol (%) e ATR (kg t⁻¹) e na mesma dose a variedade RB86 7515 apresentou maior teor de fibra. Para dose de 3,6 g.e.a ha⁻¹ as variáveis Pol (%), Pureza (%) e ATR (kg t⁻¹) a variedade RB86 7515 foi inferior as demais. Ao mesmo tempo que para o AR (%) a variedade RB86 7515 se destacou. Para a variável Brix (°Brix) a variedade RB86 7515 foi inferior a RB96 6928. E na mesma dose a variedade RB92 579 se destacou no teor de fibra em relação a RB86 7515.

Spaunhorst et al. (2019) obteve incremento de 4 a 12% em açúcar total recuperável, utilizando Glifosato e Trinexapaque-Etilico na etapa de e maturação. Kouamé et al. (2017) também observaram ganhos 1,6% no teor de sacarose e de 1,5% de açúcar recuperável quando utilizado o Glifosato em processo de maturação.

Com a diminuição da atividade da invertase ácida não se explica totalmente o aumento no teor de sacarose e biomassa. Sendo assim, foi evidenciado que a fotossíntese líquida também aumentou, e possivelmente pela maior translocação de fotoassimilados das folhas de origem (CEDERGREEN, 2010).

Segundo Santos et al. (2011), o açúcar redutor tem uma relação inversamente proporcional à qualidade tecnológica da cana, pois os açúcares redutores, representados principalmente por frutose e glicose, são derivados da reação de degradação de sacarose no colmo.

Tabela 4 – Valores médios observados para fonte de variação Variedade (V) dentro dos níveis da fonte de variação Dose (D).

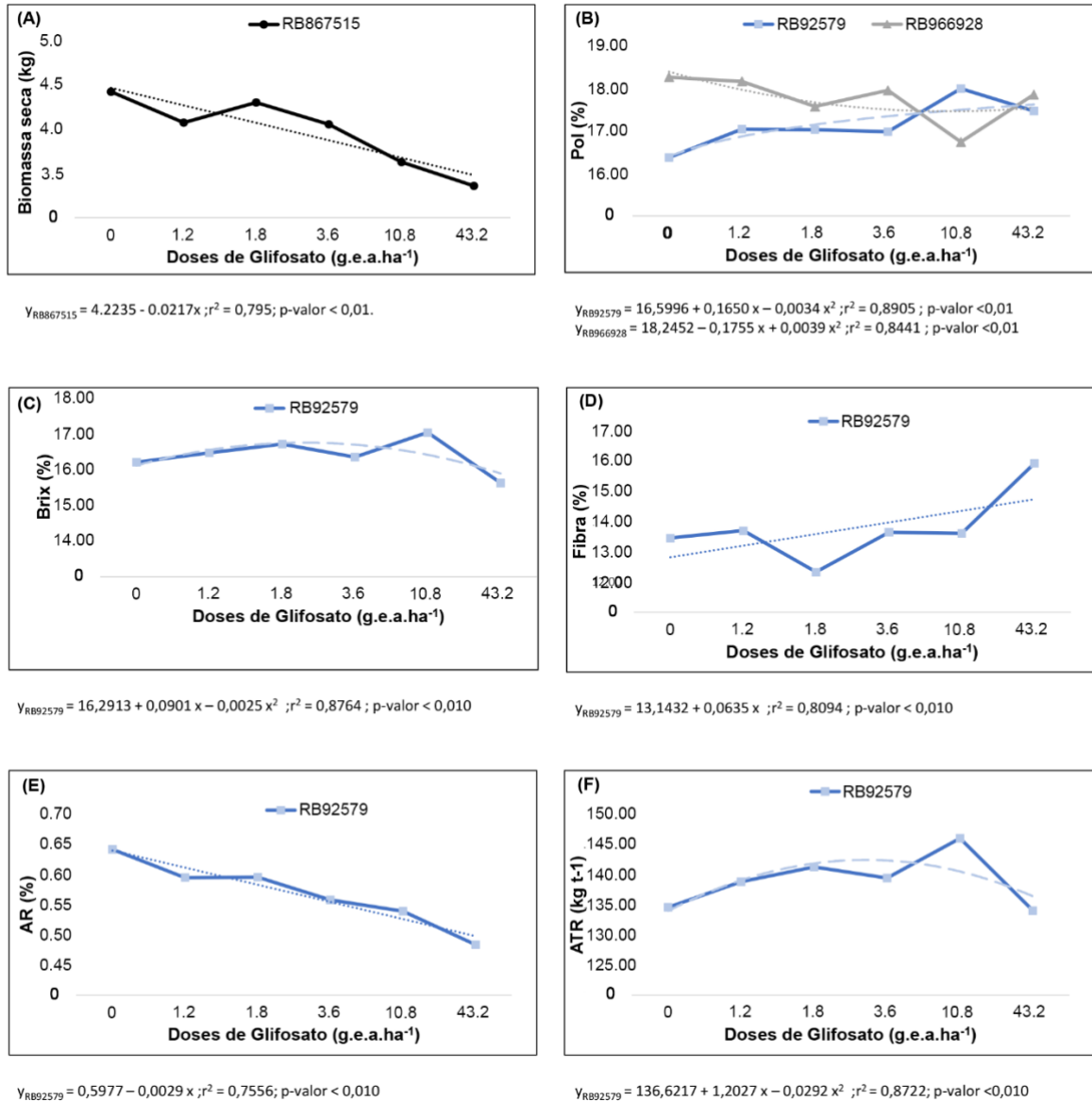
Variedade	Dose (g.e.a ha ⁻¹)					
	0	1,2	1,8	3,6	10,8	43,2
Biomassa seca (kg)						
RB92579	3,13 b	4,39 ns	3,59 b	3,75 b	3,72 ns	3,07 ns
RB867515	4,47 a	4,11	4,34 a	4,09 ab	3,65	3,37
RB966928	2,56 b	4,68	4,17 ab	4,63 a	3,60	3,27
Pol (%)						
RB92579	16,38 b	17,04 b	17,03 ab	16,98 a	17,99 a	17,47 ns
RB867515	17,19 ab	17,23 ab	16,36 b	14,94 b	17,52 ab	17,86
RB966928	18,26 a	18,16 a	17,57 a	17,95 a	16,74 b	17,85
Pureza (%)						
RB92579	83,49 b	85,05 ns	85,41 ns	86,40 a	87,05 ns	88,34 ab
RB867515	85,19 ab	85,04	82,96	78,87 b	84,87	85,34 b
RB966928	88,67 a	88,11	86,59	88,06 a	86,68	89,66 ab
Brix (°Brix)						
RB92579	16,19 b	16,46 ns	16,70 ns	16,34 ab	17,02 ab	15,61 b
RB867515	16,46 ab	16,73	16,28	15,55 b	17,14 a	17,38 a
RB966928	17,09 a	16,95	16,89	16,84 a	16,32 b	16,60 a
Fibra (%)						
RB92579	13,46 ab	13,70 ns	12,33 b	13,65 a	13,62 a	15,94 a
RB867515	14,10 a	13,39	13,43 a	12,49 b	13,17 a	13,12 b
RB966928	13,18 b	13,72	12,48 b	12,81 ab	12,13 b	12,91 b
AR (%)						
RB92579	0,64 a	0,59 ns	0,60 ns	0,56 b	0,54 ns	0,48 ab
RB867515	0,59 ab	0,60	0,63	0,79 a	0,60	0,59 a
RB966928	0,50 b	0,51	0,57	0,52 b	0,56	0,47 b
ATR (kg t⁻¹)						
RB92579	134,60 b	138,80 ns	141,26 ab	139,44 a	146,01 ns	134,02 b
RB867515	138,92 b	141,07	134,65 b	128,53 b	144,02	146,70 a
RB966928	148,80 a	146,74	147,70 a	145,89 a	139,86	146,01 a

Nota: ns = não significativo; médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05).

De acordo com os valores representados na Tabela 2 e 3 para as variáveis que apresentaram valores significativos para a interação V x D foi realizado análises de regressão (Figura 3) para verificar o comportamento das doses de Glifosato dentro dos níveis da fonte de variação Variedade (V). Para tal análise foi estimada as equações da reta seguindo os modelos linear e quadrático, o r² e o p-valor foram calculados para verificar a significância dos modelos testados. A Figura 3 representa

as equações da reta para as variáveis biomassa seca, pol, brix, fibra, açúcares redutores (AR), açúcar total recuperável (ATR). Note que foram utilizadas apenas as equações da reta com p-valor <0,05 e $r^2 > 0,60$.

Figura 3. Análises de regressão para de doses de Glifosato dentro da fonte de variação Variedade.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

A análise de variância para as variáveis relacionadas a trocas gasosas (Tabela 5), mostra que houve diferença estatísticas para Variedade (V) nos fatores analisados, porém para Dose (D) não houve resposta para E. Na interação das fontes V x D houve resposta para E, gs e A, apenas não apresentando diferença para Ci.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância e dos valores médios nos efeitos da aplicação de glifosato na taxa fotossintética líquida (A), carbono interno (Ci), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs) em variedades de cana-de-açúcar a diferentes doses.

Fontes de variação	Ci ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)	E ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	gs ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	A ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
Variedade (V)	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Dose (D)	<0,01	0,32	0,049	<0,01
V x D	0,53	<0,01	<0,01	<0,01
CV (%)	11,8	19,3	33,74	24,17
Média geral	233,72	1,73	0,2	10,4
Variedade (V)				
RB92579	238,33 ab	1,09 c	0,12 c	6,60 c
RB867515	244,20 ab	1,72 b	0,20 b	11,09 b
RB966928	218,61 b	2,37 a	0,26 a	13,58 a
Doses de Glifosato (g.e.a.ha⁻¹)				
0	228,30	1,79	0,20	9,61
1,2	245,33	1,81	0,22	9,60
1,8	259,89	1,87	0,19	7,21
3,6	208,33	1,53	0,13	12,09
10,8	228,00	1,71	0,22	12,28
43,2	232,44	1,66	0,20	11,75
p>F (linear)	0,67	0,39	0,59	0,01
p>F (quadrat)	0,23	0,45	0,94	<0,01
R ² (linear)	1,02	12,16	2,29	21,49
R ² (quadrat)	9,23	21,54	2,33	51,00

Nota: ns = não significativo; CV=coeficiente de variação; médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05).

Para a análise de variância dos parâmetros de SPAD e fluorescência (Tabela 6) todas as variáveis apresentaram resposta nas fontes de variação Variedade (V) e Dose (D), porém na interação de V x D não houve resposta para SPAD e Fo.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância e dos valores médios nos efeitos da aplicação de glifosato no SPAD, na fluorescência variável (Fv), fluorescência máxima (Fm), fluorescência inicial (Fo), em variedades de cana-de-açúcar a diferentes doses.

Fontes de variação	SPAD	Fo	Fv	Fm
Variedade (V)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dose (D)	<0,01	0,728	<0,01	<0,01
V x D	0,12	0,08	<0,01	<0,01
CV (%)	9,41	5,87	4,98	4,63
Média geral	30,3	270,5	807,7	1079,9
Variedade (V)				
RB92579	27,96 b	282,94 a	817,11 a	1100,06 a
RB867515	32,41 a	285,17 a	849,28 a	1140,28 a
RB966928	30,38 ab	243,39 b	756,72 b	999,50 b
Doses de Glifosato (g.e.a.ha⁻¹)				
0	30,56	273,67	830,56	1104,22
1,2	26,63	274,00	766,44	1047,89
1,8	30,86	267,89	771,00	1041,89
3,6	33,29	273,22	791,00	1064,22
10,8	29,44	270,22	842,44	1112,67
43,2	30,72	264,00	844,78	1108,78
p>F (linear)	0,58	0,17	<0,01	0,02
p>F (quadrat)	0,88	0,96	0,07	0,18
R ² (linear)	1,15	68,84	36,32	28,46
R ² (quadrat)	1,22	68,92	45,87	38,17

Nota: ns = não significativo; CV=coeficiente de variação; médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05).

A análise de variância para os índices FvFm e FvFo (Tabela 7) se observa que houve efeito significativo para as fontes de variação isoladas de Variedade (V) e para Dose (D), e da mesma forma para a interação de V x D.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância e dos valores médios nos efeitos da aplicação de glifosato no SPAD, no máximo rendimento quântico do FSII (FvFm), eficiência intrínseca do FSII (FvFo), em variedades de cana-de-açúcar a diferentes doses.

Fontes de variação	FvFm	FvFo
Variedade (V)	<0,01	<0,01
Dose (D)	<0,01	<0,01
V x D	<0,01	<0,01
CV (%)	1,47	6,3
Média geral	0,7	2998,0
Variedade (V)		
RB92579	0,74 b	2901,94 b
RB867515	0,75 ab	2981,50 ab
RB966928	0,75 ab	3110,47 a
Doses de Glifosato (g.e.a.ha⁻¹)		
0	0,75	3044,44
1,2	0,74	2817,44
1,8	0,74	2876,44
3,6	0,74	2893,78
10,8	0,76	3149,89
43,2	0,76	3205,83
p>F (linear)	<0,01	<0,01
p>F (quadrat)	0,01	0,08
R ² (linear)	47,86	54,72
R ² (quadrat)	62,06	64,52

Nota: ns = não significativo; CV=coeficiente de variação; médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05).

No desdobramento das variáveis (Tabela 8), a taxa de transpiração (E) é evidenciado que na dose de 0 g.e.a ha⁻¹ as variedades RB86 7515 E RB96 6928 foram superiores a variedade RB 92 579. Nas doses de 1,2; 1,8 e 3,6 g.e.a ha⁻¹ a variedade RB96 6928 possui uma diferença significativa em comparação as demais variedades, e quando analisados as maiores dose as variedades RB86 7515 E RB96 6928 são superiores a RB92 579, isso pode ter ocorrido porque doses baixas pode causar estímulos no crescimento das plantas, acumular ácido chiquímico, fotossíntese e condutância estomática (BRITO, 2017). De Freitas et al. (2020) avaliou a resposta do glifosato em duas espécies a *Handroanthus chrysotricus* e *Garcinia gardneriana*, sendo observado que com o aumento da concentração do glifosato não foram alterados os parâmetros de trocas gasosas e fluorescência em *G. gardneriana*, enquanto na *H. chrysotrichus* houve reduções na fotossíntese, na condutância estomática, transpiração e no máximo rendimento quântico do FSII (Fv/Fm).

Gravena et al. (2009) em experimento conduzido com citrus observou que efeitos negativos na condutância estomática e na transpiração ocorreram 8 dias

depois do tratamento, no entanto não foram suficientes para afetar significativamente a fotossíntese e a concentração interna de dióxido de carbono nas folhas.

A variável g_s não apresentou diferença na dose 0 g.e.a ha⁻¹, porém ao aplicar a dose 1,2 g.e.a ha⁻¹ é evidenciado que a variedade RB96 6928 é superior as demais variedades, podendo notar um efeito também superior para as doses 1,8 e 3,6 g.e.a ha⁻¹ porém diferenciado apenas da RB86 7515 para dose 1,8 g.e.a ha⁻¹ e RB92 579 para dose 3,6 g.e.a ha⁻¹. Não apresentando diferença entre as variedades para a dose de 10,8 g.e.a ha⁻¹. E um destaque superior para a variedade RB86 7515 na dose de 43,2 g.e.a ha⁻¹.

A taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) é demonstrada (Tabela 8) que a variedade RB96 6928 é superior a variedade RB92 579 na dose 0 g.e.a ha⁻¹, sendo superior para a dose 1,2 g.e.a ha⁻¹, porém na dose de 1,8 g.e.a ha⁻¹ diferenciou da variedade RB86 7515, e o comportamento das variedades nas doses de 3,6; 10,8 e 43,2 g.e.a ha⁻¹ tiveram a mesma resposta na qual as variedades RB96 6928 e RB86 7515 foram superiores a RB92 579. Em estudo com tomate, Khan et al. (2020) observou que a fotossíntese das plantas aumentou duas vezes mais quando tratadas com glifosato. Porém em trabalho conduzido por Yanniccari et al. (2012) observou-se uma redução de 44% na fotossíntese após 7 dias de aplicado glifosato à espécie de *Lolium perene*.

As variáveis F_v e F_m tiveram o mesmo comportamento nas doses de 0; 1,2 e 1,8 g.e.a ha⁻¹ na primeira dose não houve diferença entre as variedades, porém nas seguintes dose as variedades RB86 7515 e RB92 579 foram superiores a RB96 6928 e para dose de 3,6 g.e.a ha⁻¹ a variedade RB86 7515 foi superior as demais e para F_m o comportamento foram iguais as doses inferiores. Não houve diferença significativa para a dose 10,8 g.e.a ha⁻¹ para ambas variáveis e na dose de 43,2 g.e.a ha⁻¹ houve apenas diferença entre a RB96 6928 em relação a RB92 579.

Para as variáveis de F_v/F_m e F_v/F_o não apresentaram diferença significativa para dose de 0 e 1,8 g.e.a ha⁻¹, na dose de 1,2 g.e.a ha⁻¹ a variedade RB92 579 foi superior as demais variedades. E na dose de 3,6 g.e.a ha⁻¹ a variedade RB86 7515 se destaca em relação a RB96 6928 e RB92 579. E para as doses superiores o comportamento foi igual para as variedades, mostrando que a variedade RB96 6928 foi superior as demais. Gravena et al. (2009) testando glifosato em citrus não encontrou alteração em F_v/F_m . Cerveira Junior et al. (2020) em suas aplicações de glifosato em clones de eucalipto também não encontrou resposta a F_v/F_m . Olesen et

al. (2010), observou em cevada que não houve resposta a Fv/Fm nos tratamentos utilizando doses menores a 720 g.e.a ha⁻¹, mesmo depois de 7 dias de aplicado.

Tabela 8 - Valores médios observados para fonte de variação Variedade (V) dentro dos níveis da fonte de variação Dose (D).

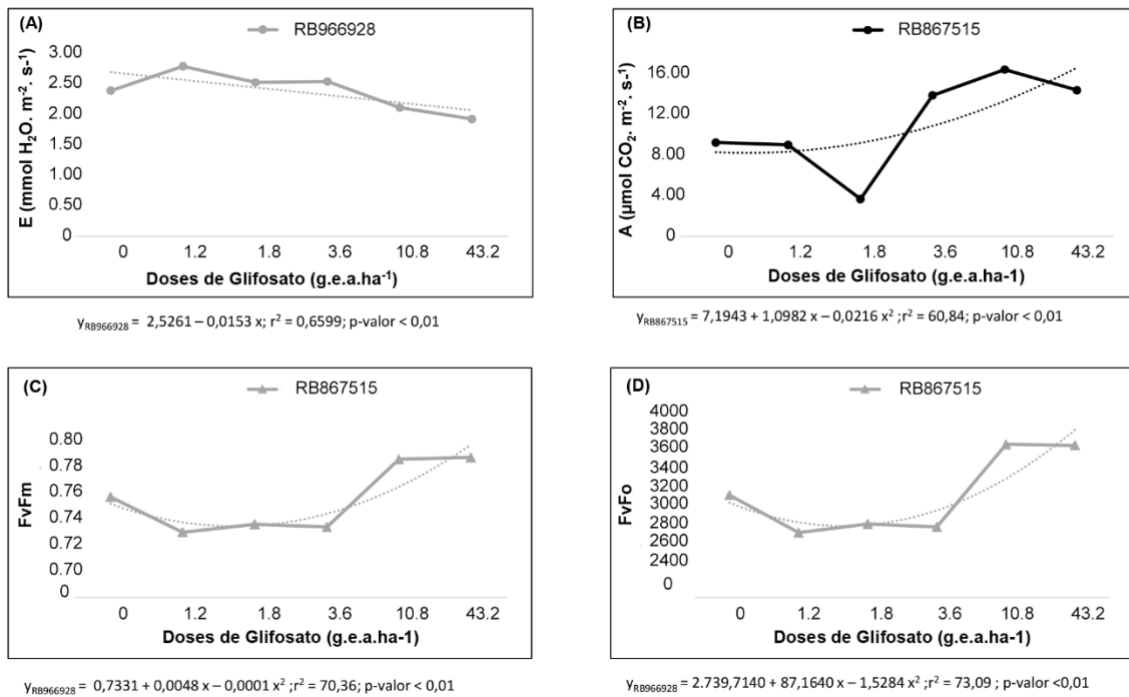
Variedade	Dose (g.e.a ha ⁻¹)					
	0	1,2	1,8	3,6	10,8	43,2
E						
RB92579	0,84 b	0,98 c	1,91 a	0,56 c	1,15 b	1,12 b
RB867515	2,14 a	1,68 b	1,20 b	1,51 b	1,88 a	1,95 a
RB966928	2,38 a	2,78 a	2,52 a	2,53 a	2,10 a	1,92 a
gs						
RB92579	0,14 ns	0,10 b	0,20 ab	0,03 b	0,15 ns	0,10 b
RB867515	0,20	0,19 b	0,11 b	0,15 ab	0,28	0,28 a
RB966928	0,25	0,38 a	0,27 a	0,20 a	0,21	0,22 ab
A						
RB92579	7,19 b	5,17 b	8,14 ab	4,45 b	7,67 b	6,96 b
RB867515	9,23 ab	9,01 b	3,69 b	13,87 a	16,39 a	14,37 a
RB966928	12,41 a	14,63 a	9,82 a	17,95 a	12,77 a	13,91 a
Fv						
RB92579	832,00 ns	850,00 a	833,67 a	798,33 b	802,33 ns	786,33 b
RB867515	859,00	797,00 a	828,00 a	903,67 a	843,67	864,33 ab
RB966928	800,67	652,33 b	651,33 b	671,00 c	881,33	883,67 a
Fm						
RB92579	1121,33 ns	1124,00 a	1109,33 a	1093,00 a	1097,33 ns	1055,33 ns
RB867515	1132,33	1129,33 a	1128,33 a	1185,67 a	1118,33	1147,67
RB966928	1059,00	890,33 b	888,00 b	914,00 b	1122,33	1123,33
FvFm						
RB92579	0,74 ns	0,76 a	0,75 ns	0,73 b	0,74 b	0,74 b
RB867515	0,76	0,73 b	0,73	0,76 a	0,75 b	0,75 b
RB966928	0,76	0,73 b	0,74	0,73 b	0,78 a	0,79 a
FvFo						
RB92579	2885,67 ns	3102,67 a	3070,00 ns	2708,67 b	2722,67 b	2922,00 b
RB867515	3140,67	2649,33 b	2766,00	3211,00 a	3072,00 b	3050,00 b
RB966928	3107,00	2700,33 b	2793,33	2761,67 b	3655,00 a	3645,50 a

Nota: ns = não significativo; médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de tukey (P<0,05).

Com os valores apresentados na Tabela 5, 6 e 7 significativos para a interação V x D foi realizado análises de regressão (Figura 4) para verificar o comportamento das doses de Glifosato dentro dos níveis da fonte de variação Variedade (V). Sendo

estimado as equações da reta seguindo os modelos linear e quadrático, o r^2 e o p-valor foram calculados para verificar a significância dos modelos testados. A figura 2 representa as equações da reta para as variáveis E, A, FvFm e FvFo. Utilizando apenas as equações da reta com p-valor $<0,05$ e $r^2 > 0,60$.

Figura 4. Análises de regressão para de doses de Glifosato dentro da fonte de variação Variedade.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

5 CONCLUSÕES

Os parâmetros analisados de trocas gasosas mostraram interação entre Variedade (V) x Dose (D) para as variáveis E, gs e A.

As variáveis de SPAD e fluorescência apresentaram resposta nas fontes de variação Variedade (V) e Dose (D), porém na interação de V x D não houve resposta para SPAD e Fo.

Houve efeito significativos para os fatores variedade (V), dose (D) e interação V x D para variável biomassa seca. A variedade RB86 7515 mostrou diferença na dose de 1,8 g.e.a ha⁻¹ comparando com a variedade RB92 579, e para dose de 3,6 g.e.a ha⁻¹ a variedade RB96 6928 se mostrou superior a RB92 579. E Para dose acima de 10,8 g.e.a ha⁻¹ não se observou diferenças entre as variedades de cana.

Nas variáveis tecnológicas o ATR não mostrou diferença significativa para as doses de 1,2 e 10,8 g.e.a ha⁻¹ para as variedades. E para dose de 1,8 g.e.a ha⁻¹ a variedade RB96 6928 teve um desempenho superior a RB86 7515. Na dose de 3,6 g.e.a ha⁻¹ a variedade RB92 579 mostrou um desempenho positivo e similar a variedade RB96 6928.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, T., NADEEM, M.A., TANVEER, A., ZOHAIB, A., RASOOL, T., 2015. Glyphosate hormesis.
- AMARANTE JUNIOR, O. P. DE, SANTOS, T. C. R. DOS, BRITO, N. M., & RIBEIRO, M. L. (2002). Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. *Química Nova*, 25(4), 589–593. doi:10.1590/s0100-4042200200040001410.1590/s0100-40422002000400014.
- RUBEN VANHOLME, BRECHT DEMEDTS, KRIS MORREEL, JOHN RALPH, WOUT BOERJAN, Lignin Biosynthesis and Structure, *Plant Physiology*, Volume 153, Issue 3, July 2010, Pages 895–905, <https://doi.org/10.1104/pp.110.155119> BELZ, R.G., DUKE, S.O., 2014. Herbicides and plant hormesis. *PestManag. Sci.* 70, 698–707. <https://doi.org/10.1002/ps.3726>.
- BENTO, C. P. M., YANG, X., GORT, G., XUE, S., VAN DAM, R., ZOMER, P., GEISSEN, V.(2016). Persistence of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in loess soil under different combinations of temperature, soil moisture and light/darkness. *Science of The Total Environment*, 572, 301–311. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.07.215 10.1016/j.scitotenv.2016.07.215.
- BERNARDO, R., LOURENZANI, W.L., SATOLO, E.G., CALDAS, M.M., 2019. Analysis of the agricultural productivity of the sugarcane crop in regions of new agricultural expansion of sugarcane. *Gest. e Prod.* 26. <https://doi.org/10.1590/0104-530X3554-19>.
- BORDONAL, R. DE O., CARVALHO, J.L.N., LAL, R., DE FIGUEIREDO, E.B., DE OLIVEIRA, B.G., LA SCALA, N., 2018. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 38. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0490-x>.
- Borém, A., Doe, J. A., & Diola, V. (2015). *Molecular Biology and Biotechnology*. Sugarcane, 257–274. doi:10.1016/b978-0-12-802239-9.00012-8.
- BRITO ET AL., I.P. BRITO, L. TROPALDI, C.A. CARBONARI, E.D. VELINI. Hormetic effects of glyphosate on plants. *PestManag. Sci.*, 74 (5) (2018), pp. 1064-1070, 10.1002/ps.4523.
- BRITO ET AL., I.P.F.S.D. BRITO, B.B. MARCHESI, I.P.F.E. SILVA, C.A. CARBONARI, E.D. VELINI. Variation in the sensitivity of wandering jew plant to glufosinate ammonium. *Revista Caatinga*, 30 (3) (2017), pp. 595-601, 10.1590/1983-21252017v30n307rc
- BRITO, I.P.F.S., TROPALDI, L., CARBONARI, C.A., VELINI, E.D., 2017. Hormetic effects of glyphosate on plants. *PestManag. Sci.* 74, 1064–1070. <https://doi.org/10.1002/ps.4523>
- CARBONARI, CAIO & GIMENES COTRICK GOMES, GIOVANNA & VELINI, E. & MACHADO, RENATO & SIMÕES, PLINIO & DE CASTRO MACEDO,

- GABRIELLE.(2014). GlyphosateEffectsonSugarcaneMetabolismandGrowth. American Journal of Plant Sciences. 05. 3585-3593. [10.4236/ajps.2014.524374](https://doi.org/10.4236/ajps.2014.524374)
- CEDERGREEN, N., OLESEN, C.F., 2010. Can glyphosate stimulate photosynthesis? Pestic. Biochem. Physiol. 96, 140–148. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2009.11.002>
- CERVEIRA JUNIOR, W. R., COSTA, Y. K. S. DA, CARBONARI, C. A., DUKE, S. O., ALVES, P. L. DA C. A., & CARVALHO, L. B. DE. (2020). Growth, morphological, metabolic and photosynthetic responses of clones of eucalyptus to glyphosate. Forest Ecology and Management, 470-471, 118218. doi:10.1016/j.foreco.2020.118218
- CLAPP, J. (2021). Explaining Growing Glyphosate Use: The Political Economy of Herbicide-Dependent Agriculture. Global Environmental Change, 67, 102239. doi:10.1016/j.gloenvcha.2021.102239
- COLE, A.W.; CERDEIRA, A.L. Southern pea response to glyphosate desiccation. Horticultural Science, v.17, p.244-246, 1982.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira – cana de açúcar: Terceiro levantamento, novembro 2021 – safra 2021/2022.: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2021.
- CONSECANA. Manual de Instruções. Piracicaba: Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo, 5. Ed., 2006, 111 p.
- DALLEY, C.D., RICHARD, E.P., 2010. Herbicides as Ripeners for Sugarcane. Weed Sci. 58, 329–333. <https://doi.org/10.1614/ws-d-09-00001.1>
- DE FREITAS-SILVA, L., DE ARAÚJO, T. O., NUNES-NESI, A., RIBEIRO, C., COSTA, A. C., & DA SILVA, L. C. (2020). Evaluation of morphological and metabolic responses to glyphosate exposure in two neotropical plant species. Ecological Indicators, 113, 106246. doi:10.1016/j.ecolind.2020.106246
- DE MORAES, C.P., DE BRITO, I.P.F.S., TROPALDI, L., CARBONARI, C.A., VELINI, E.D., 2020. Hormetic effect of glyphosate on Urochloa decumbens plants. J. Environ. Sci. Heal. - Part B Pestic. Food Contam. Agric. Wastes 55, 376–381. <https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1705114>
- ELOBEID, A., MOREIRA, M.M.R., ZANETTI DE LIMA, C., CARRIQUIRY, M., HARFUCH, L., 2019. Implications of biofuel production on direct and indirect land use change: Evidence from Brazil, Biofuels, Bioenergy and Food Security. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803954-0.00007-3>
- FERNANDES, A.C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar. Piracicaba: STAB, 240 p. 2003.
- FONSECA, M.D.C.D.; BOSSOLANI, J.W.; DE OLIVEIRA, S.L.; MORETTI, L.G.; PORTUGAL, J.R.; SCUDELETTI, D.; DE OLIVEIRA, E.F.; CRUSCIOL, C.A.C. Bacillus subtilis Inoculation Improves Nutrient Uptake and Physiological Activity in Sugarcane under Drought Stress. Microorganisms 2022, 10, 809. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040809>

FUCHS, B., SAIKKONEN, K., & HELANDER, M. (2020). Glyphosate-Modulated Biosynthesis Driving Plant Defense and Species Interactions. *Trends in Plant Science*. doi:10.1016/j.tplants.2020.11.004 10.1016/j.tplants.2020.11.004

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. SUGAR CANE. IN: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (ed.). *Crop-water relations*. New York: Wiley-Interscience, 1983. p. 445-479.

GRAVENA, R., VICTORIA FILHO, R., ALVES, P. L. C., MAZZAFERA, P., & GRAVENA, A. R. (2009). Low glyphosate rates do not affect Citrus limonia (L.) Osbeck seedlings. *Pest Management Science*, 65(4), 420–425. doi:10.1002/ps.1694

HELANDER, M., SALONIEMI, I., OMACINI, M., DRUILLE, M., SALMINEN, J.-P., & SAIKKONEN, K. (2018). Glyphosate decreases mycorrhizal colonization and affects plant-soil feedback. *Science of The Total Environment*, 642, 285–291. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.05.377 10.1016/j.scitotenv.2018.05.377
Increases growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pak. J. Weed Sci. Res.* 21

JALAL, A., OLIVEIRA JUNIOR, J.C. DE, RIBEIRO, J.S., FERNANDES, G.C., MARIANO, G.G., TRINDADE, V.D.R., REIS, A.R. DOS, 2021. Hormesis in plants: Physiological and biochemical responses. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 207. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111225>

KHAN, S., ZHOU, J. L., REN, L., & MOJIRI, A. (2020). Effects of glyphosate on germination, photosynthesis and chloroplast morphology in tomato. *Chemosphere*, 258, 127350. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127350 10.1016/j.chemosphere.2020.127350 downloaded on 2020-06-16

KOUAMÉ, K. D., PÉNÉ, B. C., N'GUESSAN, A. C., BOUA, B. M., OUATTARA, Y., & ZOUZOU, M. (2017). Effect of glyphosate used as a sugarcane chemical ripener in Cote d'Ivoire. *African Journal of Plant Science*, 11(8), 341–350. doi:10.5897/ajps2017.1570

KRUSE, N.D.; MICHELANGELO, M.T.; VIDAL, R. A. Herbicidas Inibidores da EPSPs: revisão de literatura *Revista Brasileira de Herbicida*, v.1, n.2, p.139-46, 2000.

MIRANDA, L.L.D., DE VASCONCELOS, A.C.M., LANDELL, M.G.A. *Cana-de-açúcar*, 1ª ed. Campinas (SP). Instituto Agrônômico. 2010.
NAKANO, O. *Entomologia econômica*. 1 Ed. 2011, 464p.

NASCENTES, R.F., CARBONARI, C.A., SIMÕES, P.S., BRUNELLI, M.C., VELINI, E.D., DUKE, S.O., 2018. Low doses of glyphosate enhance growth, CO₂ assimilation, stomatal conductance and transpiration in sugarcane and eucalyptus. *Pest Manag. Sci.* 74, 1197–1205. <https://doi.org/10.1002/ps.4606>

NGUYEN, T.-N., SON, S., JORDAN, M. C., LEVIN, D. B., & AYELE, B. T. (2016). Lignin biosynthesis in wheat (*Triticum aestivum* L.): its response to water logging and association with hormonal levels. *BMC Plant Biology*, 16(1).

doi:10.1186/s12870-016-0717-4

OLESEN, C. F., & CEDERGREEN, N. (2010). Glyphosate uncouples gas exchange and chlorophyll fluorescence. *Pest Management Science*, 66(5), 536–542. doi:10.1002/ps.1904

ORCARAY, L., ZULET, A., ZABALZA, A., & ROYUELA, M. (2012). Impairment of carbon metabolism induced by the herbicide glyphosate. *Journal of Plant Physiology*, 169(1), 27–33. doi:10.1016/j.jplph.2011.08.009

PINCELLI-SOUZA, R.P., BORTOLHEIRO, F.P.A.P., CARBONARI, C.A., VELINI, E.D., SILVA, M. DE A., 2020. Hormetic effect of glyphosate persists during the entire growth period and increases sugar cane yield. *PestManag. Sci.* 76, 2388–2394. <https://doi.org/10.1002/ps.5775>

RENOVABIO. ÚNICA, 2022. Disponível em: <<https://unica.com.br/iniciativas/renovabio/>> Acesso em: 01 de abril de 2022.
RIDESA. REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROENERGÉTICO. 50 anos de variedades RB de cana-de-açúcar: 30 anos de RIDESA, junho 2021. Disponível em: <https://www.ridesa.com.br/_files/ugd/242756_f3e42975bd9a42589327663cde52e255.pdf> Acesso em: 01 de abril de 2022.

RIDESA. REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROENERGÉTICO. Liberação nacional de variedades RB de cana-de-açúcar: 30 anos de RIDESA, junho 2021. Disponível em: <https://www.ridesa.com.br/_files/ugd/242756_f1dc01845dad4c7592b49fa2e8359e40.pdf> Acesso em: 10 de abril de 2022.

RIDESA. REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROENERGÉTICO. Liberação nacional de variedades RB de cana-de-açúcar: 30 anos de RIDESA, novembro 2015. Disponível em: <https://www.ridesa.com.br/_files/ugd/097ffc_630ca4e433634264a1315ef02f4fb1d5.pdf> Acesso em: 10 de abril de 2022.

SANTOS, D.H., SILVA, M.A., TIRITAN, C.S., FOLONI, J.S.S., ECHER, F.R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(5), 443-449. <https://doi.org/10.1102/ps6759>

SANTOS, F., & DIOLA, V. (2015). *Physiology. Sugarcane*, 13–33. doi:10.1016/b978-0-12-802239-9.00002-5

SILVA, F.M.L., DUKE, S.O., DAYAN, F.E., VELINI, E.D., 2016. Low doses of glyphosate change the responses of soybean to subsequent glyphosate treatments. *Weed Res.* 56, 124–136. <https://doi.org/10.1111/wre.12189>

SILVA, F.M.L., DUKE, S.O., DAYAN, F.E., VELINI, E.D., 2016. Low doses of glyphosate change

SILVA, F.M.L., DUKE, S.O., DAYAN, F.E., VELINI, E.D., 2016. Low doses of glyphosate change

SILVA, M. DE A., ARAGÃO, N. C., BARBOSA, M. DE A., JERONIMO, E. M., & CARLIN, S. D. (2009). Efeito hormônico de glyphosate no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. *Bragantia*, 68(4), 973–978. doi:10.1590/s000687052009000400017

SPAUNHORST, D. J., TODD, J. R., & HALE, A. L. (2019). Sugarcane cultivar response to glyphosate and trinexapac-ethyl ripeners in Louisiana. *PLOS ONE*, 14(6), e0218656. doi:10.1371/journal.pone.0218656

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I.M., MURPHY, A., 2015. Plant Physiology and Development, the responses of soybean to subsequent glyphosate treatments. *Weed Res.* 56 (2), 124–136. <https://doi.org/10.1111/wre.12189>.

VANHOLME, R., DEMEDTS, B., MORREEL, K., RALPH, J., BOERJAN, W., 2010. Lignin biosynthesis

VELINI, E.D.; ALVES, E.; GODOY, M.C.; MESCHEDÉ, D.K.; SOUZA, R.T.; DUKE, S.O. Glyphosate at low doses can stimulate plant growth. *Pest Management Science*, v.64, p.489-496, 2008.

WIEDMAN, S. J.; APPLEBY, A. P. Plant Growth Stimulation By Sublethal Concentrations Of Herbicides. *Weed Research*, v. 12, n. 1, p. 65-74, 1972

YANNICCARI, M., TAMBUSI, E., ISTILART, C., & CASTRO, A. M. (2012). Glyphosate effects on gas exchange and chlorophyll fluorescence responses of two *Lolium perenne* L. biotypes with differential herbicide sensitivity. *Plant Physiology and Biochemistry*, 57, 210–217. doi:10.1016/j.plaphy.2012.05.027