

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA

CÂMPUS DE REGISTRO

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM BANANEIRAS APÓS A
DERIVA SIMULADA DO HERBICIDA GLYPHOSATE**

TRABALHO ORIGINAL DE PESQUISA

RAFAELLY CHRISTINA BORBA

Trabalho de graduação apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira da Universidade Estadual Paulista - UNESP, para obtenção do título de ENGENHEIRA AGRÔNOMA.

REGISTRO - SP

Junho/2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA

CÂMPUS DE REGISTRO

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM BANANEIRAS APÓS A
DERIVA SIMULADA DO HERBICIDA GLYPHOSATE**

TRABALHO ORIGINAL DE PESQUISA

RAFAELLY CHRISTINA BORBA

Orientadora: Profa. Dra. Elza Alves Corrêa

Trabalho de graduação apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do
Ribeira da Universidade Estadual Paulista -
UNESP, para obtenção do título de
ENGENHEIRA AGRÔNOMA.

REGISTRO - SP

Junho/2023

B726a Borba, Rafaelly Christina
Alterações fisiológicas em bananeiras após a deriva simulado do herbicida glyphosate / Rafaelly Christina Borba. -- Registro, 2023
47 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Registro
Orientadora: Profa Dra Elza Alves Corrêa

1. clorofila. 2. crescimento bananeiras. 3. dose letal. 4. manejo herbicida. 5. hormesis. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Registro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira
Câmpus de Registro

CERTIFICADO

TRABALHO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

TÍTULO: "Alterações fisiológicas em bananeiras após a deriva simulada do herbicida Glyphosate"

ACADÊMICO: RAFAELLY CHRISTINA BORBA

ORIENTADORA: Prof. Dra. ELZA ALVES CORRÊA

PERÍODO: 9º Semestre 5º Ano

Aprovado:

Reprovado:

BANCA EXAMINADORA:

Presidente Prof. Dra. Elza Alves Corrêa *Elza*
Membro Prof. Dr. Marcelo Domingos Chamma Lopes *Marcelo*
Membro Prof. Dr. Wilson José Oliveira de Souza *Wilson*

Registro, 30 / 06 / 2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, por ser meu guia e presente em todas as etapas da minha vida, toda honra e glória a ti. Aos meus pais Cesário Rogerio de Borba e Zelia Cristina de Sousa Borba por todo esforço para que alcançasse minha formação profissional, agradeço a base que deram para me tornar a pessoa que sou hoje. Ao meu marido, Jonathan de Sousa e minha filha Júlia Maria Borba de Sousa que me acompanharam e proporcionaram todo o suporte necessário.

Aos meus avós paterno e materno (in memoriam) que me ensinaram os valores e princípios para ser quem sou e me tornar cada vez melhor, saudade.

Honro o fechamento deste ciclo dedicando a todos os professores desta instituição, que estiveram ao meu lado compartilhando e incentivando com sua experiência de forma construtiva. Aos colegas e amigos pertencentes ao grupo de estudos Nemas sobre a orientação da Profa. Dra. Elza Alves Corrêa me apoiaram e estiveram presentes durante todo o processo, pelas incontáveis horas de ajuda dedicada a este trabalho.

Gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus, pela minha vida, e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos ao longo de minha jornada acadêmica. Ao meu pai que esteve presente, disponibilizando todos os materiais necessários e conhecimento técnico para realização deste trabalho. Em especial, gostaria de agradecer à minha orientadora Prof. Dr. Elza Alves Corrêa, cuja paciência, disponibilidade e apoio foram fundamentais para o meu desenvolvimento acadêmico. Ao meu primo Victor Sales por me apoiar e auxiliar em todas as etapas do curso.

Também agradeço aos meus colegas de turma e amigos, que, com sua colaboração e apoio, tornaram este trabalho possível. Além disso, agradeço à Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira (FCAVR) pela oportunidade de realizar este estudo.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma maneira, contribuíram para a concretização desta monografia.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações fisiológicas e fenológicas nas plantas de banana causadas por deriva do herbicida glyphosate. Foram utilizadas mudas de bananas micro propagadas da variedade prata comum, conduzidas em vasos e mantidos em casa-de-vegetação. Foram utilizadas dez doses do herbicida glyphosate: 0; 1,8; 3,6; 7,2; 18; 36; 72; 180; 360; e 720 g e.a.ha⁻¹. Aos 0, 7, 14 e 30 DAA dos tratamentos foram realizadas biometria e aos 1, 2, 3, 4, 5 e 30 DAA foram mensurados os teores de clorofila, flavonoides e nitrogênio nas folhas. De forma geral, foi observado que as dosagens mais baixas de glyphosate apresentaram respostas mais positivas, com um crescimento gradual das plantas até 30 DAA. No entanto, nas dosagens mais elevadas resultaram na morte das plantas expostas às dosagens de 180, 360 e 720 g e.a.ha⁻¹. Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que dosagens acima de 180 g e.a.ha⁻¹ do herbicida glyphosate são letais, resultando na morte das plantas em 20 DAA. Por outro lado, dosagens até 7,2 g e.a.ha⁻¹ não apresentam efeitos negativos no crescimento das plantas de banana, bem como nos teores de clorofila, flavonóis e balanço de nitrogênio nas folhas das bananeiras. Essas conclusões fornecem informações valiosas para o manejo adequado do glyphosate no cultivo de bananas, destacando a importância de utilizar doses adequadas para evitar danos às plantas e garantir seu desenvolvimento saudável.

Palavras-chaves: Clorofila, Crescimento bananeiras, Dose letal, Manejo de herbicidas, Hormesis.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the physiological and phenological changes in banana plants caused by glyphosate herbicide drift. Micro propagated banana seedlings of the common silver variety, grown in pots and maintained in a greenhouse, were used. Ten doses of glyphosate herbicide were used: 0;1,8;3,6;7,2;18;36;72;180;360 and 720g e.a.ha⁻¹. Biometry was performed at 0, 7, 14 and 30 DAA of the treatments and at 1, 2, 3, 4, 5 and 30 DAA the chlorophyll, flavonoid and nitrogen balanced index in banana leaves were measured. In general, it was observed that the lower doses of glyphosate showed more positive responses, with a gradual growth of the plants until 30DAA. However, the higher dosages resulted in the death of the plants exposed to the dosages of 180, 360 and 720g e.a.ha⁻¹. Based on the results obtained, it can be concluded that dosages above 180 g e.a.ha⁻¹ of glyphosate herbicide are lethal to banana plants, resulting in their death within 20DAA. On the other hand, dosages up to 7,2g e.a.ha⁻¹ have no negative effects on banana plant growth, chlorophyll, flavonols and nitrogen balance index banana leaves. These conclusions provide valuable information for the proper management of glyphosate in banana cultivation, highlighting the importance of using adequate doses to avoid damage to plants and ensure their healthy development.

Keywords: Banana growth, Chlorophyll, Herbicide management, Lethal dose, Hormesis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Localização e caracterização da Área experimental.....	14
3.2 Caracterização do Clima.....	14
3.2 Preparo e caracterização do solo utilizado	14
3.3 Condução do Experimento	15
3.5 Aplicação dos Tratamentos	16
3.6 Métodos de avaliação e mensuração dos tratamentos	17
3.6.2 Determinação do teor de clorofila, de flavonoides e de nitrogênio.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Biometria	25
4.1.1 Altura das plantas	26
4.1.2 Diâmetro do pseudocaule	29
4.1.3 Número de folhas	31
4.1.4 Estádio da Vela.....	33
4.2 Teor de clorofila	34
4.3 Teor de flavonoides	37
4.4 Teor de nitrogênio	39
5 CONCLUSÕES	42
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

O glyphosate é um herbicida amplamente utilizado na agricultura, produto mais comercializado no mundo no controle químico de plantas daninhas anuais e perenes de forma não seletiva. Compreender como as plantas reagem bioquimicamente, fisiologicamente, fenologicamente e molecularmente ao glyphosate pode ser útil para futuras abordagens agronômicas, biotecnológicas e de manejo.

Todas as espécies vegetais demonstram algum grau de sensibilidade ao herbicida glyphosate. Dado a frequência de uso e o grande volume deste herbicida aplicado na cultura da banana, é necessário realizar estudos que permitam o monitoramento para detecção de deriva deste produto na bananicultura.

De acordo com uma pesquisa realizada pelo Escritório de Defesa Agropecuária de Registro (CDA/SAA - EDA/Registro, 2018) em 2017, nos 15 municípios do Vale do Ribeira (Barra do Turvo, Cajati, Cananeia, Eldorado, Iguape, Ilha Cumprida, Iporanga, Itariri, Jacupiranga, Juquiá, Miracatu, Pariquera-Açu, Pedro de Toledo, Registro e Sete Barras) foram comercializadas aproximadamente 110 toneladas de herbicidas em 2017, desse total, 43.160 quilos eram do herbicida glyphosate.

Assim, o glyphosate é um dos herbicidas mais utilizados na bananicultura, sendo comum sua aplicação em até quatro épocas do ano. Ele é direcionado para as plantas daninhas tanto na entrelinha quanto na linha de plantio, sob as copas das plantas. Tanto as plantas daninhas quanto as plantas de banana estão sendo frequentemente expostas ao glyphosate.

É conhecido que plantas expostas a baixas doses do glyphosate, seja por deriva ou erro na aplicação, podem apresentar estímulos em algumas características, principalmente no que diz respeito ao crescimento.

Dessa forma, serão realizados estudos para verificar as alterações fisiológicas e fenológicas nas plantas de banana causadas pela deriva do herbicida glyphosate,

Os objetivos específicos do estudo são: avaliar as alterações fisiológicas nas plantas de banana submetidas a diferentes doses de glyphosate e verificar os efeitos da deriva simulada das doses de glyphosate nas alterações no desenvolvimento das plantas de bananeira.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A maioria dos herbicidas atua inibindo vias metabólicas de plantas ou processos fisiológicos por meio da interação com proteínas específicas (DAYAN et al., 2010). Como consequência dessa inibição, as plantas podem morrer ou ter seu crescimento interrompido. Uma vez que os herbicidas podem afetar vias metabólicas e processos fisiológicos essenciais para as plantas, seja por meio de inibição ou estimulação, é possível que doses baixas de um herbicida possam modificar o crescimento, desenvolvimento ou composição das plantas, podendo ser benéfico em certas dosagens ou circunstâncias.

No caso específico do herbicida glyphosate, reconhecido como um dos mais utilizados na agricultura mundial, ele é um herbicida sistêmico não seletivo usado no controle de plantas daninhas na pós-emergência. Sua ampla ação possibilita um excelente controle e ele é o único herbicida comercial que bloqueia a enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS). O glyphosate é considerado seguro do ponto de vista toxicológico e ambiental, além de ser eficaz no controle de plantas daninhas.

A eficácia do herbicida glyphosate depende da retenção da molécula na superfície foliar, sua penetração na folha, a translocação na planta até o sítio de ação e a inibição da enzima EPSPS (KIRKWOOD; MCKAY, 1994). Segundo Caseley e Coupland (1985), o glyphosate segue a mesma rota dos produtos da fotossíntese, indo das folhas fotossinteticamente ativas em direção às partes das plantas que utilizam esses produtos, estabelecendo-se uma relação fonte-dreno.

Alterações na atividade da enzima EPSPS e de outras enzimas envolvidas na produção de aminoácidos aromáticos e compostos fenólicos podem impactar significativamente as concentrações do ácido indolacético (IAA), um importante regulador vegetal. De acordo com Taiz e Zeiger (2009), o IAA desempenha diversas funções nas plantas, sendo fundamental para o alongamento celular, a dominância apical, o crescimento de caules e raízes, principalmente em termos de profundidade, e o sistema vascular. Estudos realizados por Velini et al. (2012) demonstraram que a aplicação do glyphosate como maturador em cana-de-açúcar interfere na síntese de IAA, resultando na quebra da dominância apical, podendo levar à morte ou não da gema apical e à brotação de gemas laterais. Pesquisas acumuladas ao longo de 50 anos indicam que as plantas podem sintetizar IAA a partir do triptofano por meio de três rotas diferentes: ácido indol-3-pirúvico, ácido indol-3-acetaldoxime e triptamina (BUCHANNAN et al., 2000).

A aplicação do glyphosate em altas dosagens pode levar a uma redução no teor de nitrogênio na folhagem das plantas tratadas. Esse efeito pode ser atribuído à interferência do glyphosate na via metabólica dos aminoácidos, mais especificamente na síntese de aminoácidos aromáticos, que servem como precursores para a formação de compostos nitrogenados essenciais. Além disso, o glyphosate também pode influenciar a atividade de enzimas envolvidas na assimilação e remobilização do nitrogênio nas plantas. A diminuição do índice de nitrogênio nas folhas pode afetar negativamente o metabolismo das plantas, comprometendo o crescimento, a produção de biomassa e a qualidade dos tecidos vegetais.

O metabolismo de compostos fenólicos desempenha um papel crucial nas respostas de defesa das plantas. Os compostos fenólicos, sejam livres ou poliméricos, representam uma ampla classe de metabólitos secundários produzidos pelas plantas, com uma função intrínseca de defesa. Eles são sintetizados principalmente nas células vegetais por meio das vias do ácido chiquímico e do malonil-CoA, e incluem uma variedade de compostos relacionados à defesa, como flavonoides, antocianinas, fitoalexinas, isoflavonoides, taninos e lignina (KASHIF et al., 2010; AHUJA et al., 2012). Esses compostos podem ter toxicidade direta ou atuar como barreira à penetração de patógenos.

O ácido salicílico é um composto fenólico importante para o metabolismo vegetal, sendo formado a partir da rota do ácido chiquímico. A relação do glyphosate com a síntese desse composto tem sido objeto de discussão, pois ele pode induzir a resistência a patógenos. O ácido salicílico é o principal composto sinalizador envolvido na ativação de genes de resistência a patógenos biotróficos (ZHANG et al., 2018). Alguns estudos sugerem que o glyphosate pode aumentar a produção de ácido salicílico em plantas de milho (*Zea mays*) (GOMES et al., 2011), cana-de-açúcar (CARBONARI et al., 2014; NASCENTES et al., 2018; PINCELLI-SOUZA et al., 2020), eucalipto (NASCENTES et al., 2018) e café (DOMINGUES JÚNIOR, 2011 apud COSTA, 2020).

É importante realizar mais pesquisas para compreender plenamente o papel do glyphosate na síntese de ácido salicílico em diferentes espécies de plantas.

Diversos estudos relataram que a aplicação de doses baixas de glyphosate pode estimular o crescimento das plantas (SCHANBENBERGER et al., 1999; WAGNER et al., 2003; CEDERGREEN et al., 2007; GODOY, 2007; CARBONARI et al., 2007a; CARBONARI et al., 2007b; VELINI et al., 2008). Esse efeito estimulante causado por baixas doses de uma toxina é conhecido como "hormesis" e tem sido observado para o glyphosate em plantas (BELZ;

DUKE, 2014) e outros herbicidas (SCHANBENBERGER et al., 1999; WAGNER et al., 2003; VELINI et al., 2008; CEDERGREEN; OLESEN, 2010; CARVALHO et al., 2013; BELZ; DUKE, 2014). A hormesis é uma resposta bifásica, caracterizada por um aumento na resposta em baixas doses de uma toxina, seguido por uma inibição em altas doses (BELZ et al., 2011).

Vários pesquisadores têm observado efeitos horméticos dos herbicidas em diferentes variáveis das plantas, incluindo crescimento, biomassa, altura, teor de clorofila, atividade enzimática e composição bioquímica (WAGNER et al., 2003; BELZ et al., 2014; GODOY, 2007; VELINI et al., 2008). É importante ressaltar que os efeitos horméticos do glyphosate podem variar dependendo das espécies de plantas, das doses aplicadas e das condições ambientais. Além disso, o glyphosate pode ter efeitos indiretos sobre a planta, alterando a comunidade microbiana do solo e afetando a disponibilidade de nutrientes (ANGERS et al., 1993; DOS SANTOS, 2005).

A magnitude da observação de respostas estimulantes em todos os campos da ciência, incluindo diferentes compostos tóxicos e organismos, geralmente varia entre 30% e 60% acima da testemunha (CALABRESE; BLAIN, 2005; CALABRESE, 2008, 2010). Os valores encontrados na literatura para herbicidas variam entre 20% e 30% de estímulo em comparação com a testemunha sob condições controladas e entre 10% e 25% em condições de campo.

Em resumo, os herbicidas, incluindo o glyphosate, podem afetar vias metabólicas e processos fisiológicos nas plantas, levando à inibição ou estimulação do crescimento, desenvolvimento ou composição das plantas. O glyphosate, especificamente, inibe a enzima EPSPS e pode ter efeitos sobre a síntese de ácido indolacético, ácido salicílico e compostos fenólicos. Além disso, doses baixas de glyphosate podem estimular o crescimento das plantas por meio de efeitos horméticos. No entanto, é importante ressaltar que mais pesquisas são necessárias para compreender plenamente os mecanismos envolvidos e os efeitos específicos em diferentes espécies de plantas e condições ambientais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da Área experimental

O estudo foi conduzido em condição de casa-de-vegetação, na Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira (FCAVR) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Registro/SP, situado na rodovia Regis Bittencourt, cujas coordenadas geográficas são 24° 31' 58" S e 47° 51' 35" N, a uma altitude de 25 metros.

3.2 Caracterização do Clima

O clima da região de Registro/SP é caracterizado pela classificação de Köppen-Geiger como Af - tropical úmido, com temperatura média máxima de 38°C, média mínima de 13 °C e média anual de 24°C, e umidade relativa de 84% com índice pluviométrico médio anual de 1500mm (Figura 1).

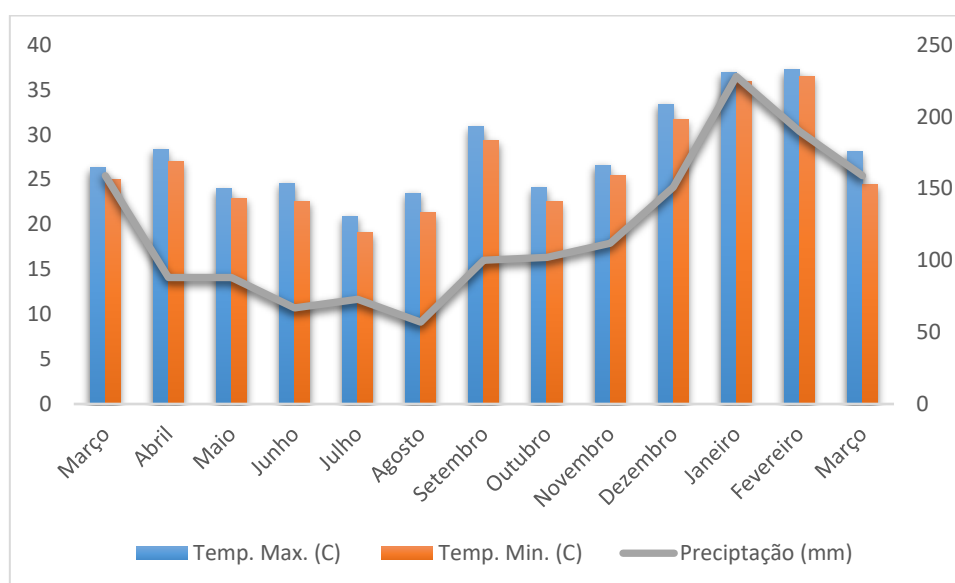


Figura 1. Precipitação mensal em mm e temperatura °C máxima e mínima no município de Registro/SP (INMET). Registro/SP, 2020.

3.2 Preparo e caracterização do solo utilizado

Para a condução dos tratamentos, foram adquiridas mudas de plantas de banana micro propagadas da variedade prata comum (AAB). As unidades experimentais foram constituídas por vasos com capacidade volumétrica para onze litros de solo seco. Os vasos foram preenchidos com latossolo amarelo-álico cuja composição química está descrita na Tabela 1.

Pela análise da composição química do solo (Tabela 1) foi realizada a interpretação e correção da acidez com a aplicação de 32,1 g.vaso⁻¹ de fertilizante mineral com PRNT de 95% (CalMag). Após o período de reação do calcário (30 dias), foi realizado a aplicação de fertilizante mineral 4-28-8 (Yara Basa), a adubação fosfatada foi parcelada em duas etapas, com a primeira metade aplicada no momento do plantio e a segunda após 30 dias conforme indicações para a cultura da banana, contidas no boletim 100 (RAIJ et al., 1997).

Tabela 1. Composição química do latossolo amarelo-álico coletado na camada de 0 a 20. Registro/SP, 2020.

pH	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	(g.dm ⁻³)	(mg.dm ⁻³)				(mmol.dm ⁻³)			%
5,3	19	22	0,3	25	10,2	29	35,5	64,5	37

M.O. = Matéria orgânica; V% = saturação de bases; SB = Soma de bases

3.3 Condução do Experimento

Após o plantio, as mudas de banana foram mantidas em casa-de-vegetação com irrigação por aspersão diária, proporcionando a aplicação da irrigação na forma de chuva, até a conclusão desse trabalho. Para a composição dos tratamentos, foram consideradas dez doses do herbicida glyphosate (Tabela 2), selecionadas com base nos trabalhos realizados por Velini et al. (2008). Considerou-se 1L (360 g e.a.ha⁻¹) como dose cheia do herbicida glyphosate.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos utilizados com o herbicida glyphosate em plantas da banana. Registro/SP, 2020.

Tratamentos	Doses		
	Produto comercial (g.ha ⁻¹)	Equivalente ácido (g e.a.ha ⁻¹)	Relação com a dose comercial (%)
1	0	0	0
2	1,8	1,8	0,78125
3	3,6	3,6	1,5625
4	7,2	7,2	3,125
5	18	18	6,25
6	36	36	12,50
7	72	72	25,00
8	180	180	50,00
9	360	360	100,00
10	720	720	200,00

3.5 Aplicação dos Tratamentos

Os tratamentos com o herbicida glyphosate foram aplicados no dia 16/01/2020 (Figura 2) utilizando-se pulverizador costal equipado com dois bicos Teejet XR110.02. A pressão constante de 2,5 kgf.cm⁻² foi mantida com CO₂ pressurizado, e o volume de aplicação foi equivalente a 200 L.ha⁻¹. A temperatura no momento da aplicação era de 26°C, velocidade do vento: 3,8 m.s⁻¹ e umidade relativa do ar 84%.



Figura 2. Dia da aplicação das dosagens do herbicida glyphosate nas unidades experimentais. Registro/SP, 2020.

Após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram mantidas em casa de vegetação com irrigação, manejo de adubação e controle de doenças durante todo o período experimental.

3.6 Métodos de avaliação e mensuração dos tratamentos

3.6.1 Biometria

Após a aplicação dos tratamentos, os vasos contendo as plantas de banana tratadas foram dispostos em casa-de-vegetação e distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso com quatro repetições. Segundo orientações gerais da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995) aos 0, 7, 14 e 30 dias após a aplicação dos tratamentos, foram realizadas as seguintes mensurações biométricas das plantas de banana: altura: mensurada a partir do solo até a inserção da folha vela (cm) (Figura 3a); diâmetro do pseudocaule: mensurado sempre aos 10 centímetros de altura em relação ao solo (cm) (Figura 3b); emissão foliar: contagem do número de folhas funcionais e estágio da folha vela (Figura 4).

Para a uniformização dos resultados biométricos obtidos, foi aplicada uma medida de índice fisiológico. A análise de crescimento é uma medida de índice fisiológico que detalha as mudanças morfofisiológicas da planta, em função do tempo. A equação que foi utilizada para estimar a taxa de crescimento relativo (TCR) para a altura das plantas, nos diferentes períodos de avaliação após a aplicação dos tratamentos, estava representado na fórmula:

$$TCR = [nx (\text{Ln}W2 - \text{Ln}W1)] / (T2 - T1) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde Ln é o logaritmo neperiano, W1 e W2 são as medidas da variável considerada e T1 e T2 são os períodos considerados.



Figura 3. Determinação da altura (A) e do diâmetro do pseudocaule (B) em planta de banana prata após a aplicação de doses de glyphosate. Registro/SP, 2020.

Os estádios de desenvolvimento da vela são classificados da seguinte forma: Estádio 0 a folha está presa, enrolada no pecíolo da folha; Estádio 2 tem maior comprimento, se encontra livre do pecíolo e em posição reta; Estádio 4 completamente desprendida da folha 1, já atingiu seu comprimento máximo e abertura em espiral, popularmente conhecido como “charuto”; Estádio 6 inicia-se abertura da parte superior, popularmente conhecido como “canudo estreito”;

Estádio 8 abertura total da parte superior, porém a base permanece enrolada, popularmente conhecido como “canudo largo”.(Figura 4)



Figura 4. Análise dos estádios de desenvolvimento da folha “vela”, conforme Brum (1963), citado por Orozco-Santos (1998) e Bureau (2004).

3.6.2 Determinação do teor de clorofila, de flavonoides e de nitrogênio

Para determinar o teor de clorofila, flavonoides e índice de nitrogênio nas folhas, foi utilizado o equipamento Dualex (Figura 5), que realiza essas determinações diretamente. As determinações foram realizadas nos dias 17/01/2020, 18/01/2020, 19/01/2020, 20/01/2020, 21/01/2020 e 15/02/2020, ou seja, 1, 2, 3, 4, 5 e 30 dias após a aplicação (DAA) em todas as repetições dos tratamentos aplicados, de acordo com as recomendações da (SBCPD, 1995).



Figura 5. Determinação do teor de clorofila, flavonoides e índice nitrogênio nas folhas, foi utilizado para a leitura o equipamento Dualex. Registro/SP, 2020.

O equipamento Dualex (“dual excitation”, Goulas et al., 2004; Cartelat et al., 2005) foi utilizado para determinar o teor de polifenóis em culturas através da medição da absorção de raios ultravioleta (UV) pela epiderme da folha, excitada pela clorofila. Ele emite um feixe de luz de comprimento de onda a 375 nm, que é absorvido pelos polifenóis, e outro de referência a 650 nm (região do vermelho) que penetra na epiderme da folha.

Os raios UV que não são absorvidos pelos polifenóis excitam a clorofila no mesófilo foliar, emitindo fluorescência proporcional à absorção de UV na epiderme foliar, o que fornece indiretamente a concentração de polifenóis (GOULAS et al., 2004). Como a maioria dos compostos fenólicos está presente na epiderme), essa medida pode ser utilizada para estimar o teor de polifenóis global da folha (GOULAS et al., 2004).

O Dualex (Figura 5) fornece, em uma única medição na folha, o índice de clorofila (ICHL), o índice de flavonóis (IFLV) e o índice de balanço de nitrogênio (IBN) no visor. Essas informações são obtidas pela relação entre o ICHL e o IFLV.

3.6.5 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) a um nível de significância de 5%. Em caso de efeito significativo foi aplicado o teste “t” de Student ($P < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral, foi observado que as dosagens mais baixas de proporcionaram crescimento gradual das plantas até 30 DAA. No entanto, nas dosagens superiores a 180 g e.a.ha⁻¹, provocaram toxicidade às plantas e como consequência, resultou-se na morte das plantas do tratamento em questão.

O diagnóstico de fitotoxidez após deriva de glyphosate inicia-se com clorose foliar seguida de necrose em 5 dias evoluindo até ocorrer a morte da planta após 20DAA (Figura 6). Outros sintomas foliares observados são enrugamento e má formação das folhas como representado nas imagens. (Figura 7).

Além disso, as análises estatísticas revelaram diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, com valores significativos de F em vários dos momentos avaliados. Essas descobertas destacam a importância de utilizar doses apropriadas de glyphosate para evitar danos às plantas de banana além de fornecer informações relevantes para orientar as decisões de manejo com estes herbicidas.

O glyphosate é uma ferramenta valiosa no manejo de plantas daninhas, porém, a literatura referente ao efeito de diferentes concentrações deste herbicida, na produção da cultura da banana, é inexistente. Portanto foram utilizados estudos com outros cultivares para comparar os resultados obtidos no presente trabalho.





Figura 6. Evolução do efeito da intoxicação da planta de banana por deriva de glyphosate. até a morte da planta após 20DAA. Registro/SP, 2020.



Figura 7. Sintomas de fitotoxidez em plantas de banana causada por deriva de glyphosate. Registro/SP, 2020.

4.1 Biometria

Durante a análise das características morfológicas das plantas de banana, constatou-se que, após 30 DAA dos tratamentos, a maioria das dosagens não apresentou diferenças significativas nos parâmetros de altura, diâmetro, número de folhas e estágio da vela. No

entanto, foi observado um aspecto relevante nas plantas expostas às dosagens letais de 180 g e.a.ha⁻¹, 360 g e.a.ha⁻¹ e 720 g e.a.ha⁻¹, as quais resultaram em morte das plantas.

Nas plantas tratadas com 180 g e.a.ha⁻¹, foi observado um declínio gradual de crescimento ao longo do período de avaliação, alcançando valores críticos aos 30 DAA. Por outro lado, nas plantas submetidas às dosagens de 360 g e.a.ha⁻¹ e 720 g e.a.ha⁻¹, houve melhorias na maioria dos parâmetros morfológicos analisados até 14 DAA, porém, posteriormente, ocorreu morte dessas plantas. Esses resultados destacam a importância de utilizar as dosagens adequadas de herbicida para evitar efeitos nocivos no desenvolvimento morfológico e, por consequência, na sobrevivência das plantas de banana.

4.1.1 Altura das plantas

Quanto à altura média das plantas de banana (Tabela 4), não foram observadas diferenças significativas entre os grupos de tratamento até sete dias após a aplicação. No entanto, aos 14 DAA, as plantas do grupo controle (tratamento testemunha) e aquelas tratadas com até 18 g e.a.ha⁻¹ do herbicida apresentaram maior altura em comparação com as tratadas com dosagens acima de 36 g e.a.ha⁻¹. Resultado similar ao encontrado por Marques et al. (2020), onde avaliaram quatro dosagens do glyphosate (4,5 g.ha⁻¹; 9g.ha⁻¹; 18g.ha⁻¹ e 36g.ha⁻¹) no crescimento de mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*) e encontraram um estímulo de crescimento semanal quando as plantas receberam entre 9g.ha⁻¹ e 36g.ha⁻¹ do herbicida. Resultados próximos também foram encontrados por Silva et al. (2012), o efeito da aplicação de subdoses de glyphosate no desenvolvimento de componentes de produção e produtividade de cultivares de feijoeiro com diferentes hábitos de crescimento, e constataram que a altura das plantas não foram afetadas por dosagens de até 40g.ha⁻¹.

Contudo, no presente estudo, 30 dias após a aplicação não foram encontradas diferenças significativas nos valores de altura das plantas de banana que receberam até 72 g e.a.ha⁻¹ do herbicida ($P>0,05$), observando-se que as plantas apresentaram crescimento iguais mesmo em uma dosagem até 72 g e.a.ha⁻¹ em relação as dosagens que apresentaram plantas mais altas aos 14 DAA (Tabela 4). Portanto, pode-se observar que o estágio de vida da planta também pode influenciar na sensibilidade ao herbicida glyphosate. Pereira et al. (2015) observaram que plantas de araçá-amarelo (*Psidium cattleianum*) apresentaram maior estímulo de crescimento em dosagens mais altas (60 g ha⁻¹).

No caso das dosagens letais, as plantas de banana expostas à dosagem de 180 g e.a ha⁻¹ apresentaram uma redução da altura gradual até a morte da planta (Tabela 4).

Pela avaliação da Figura 8, observa-se que houve um incremento, em relação à testemunha, na taxa de crescimento relativo aos 30 DAA para todos os tratamentos com doses de glyphosate até 72 g e.a ha⁻¹, com destaque para a dose de 18 g e.a ha⁻¹ que apresentou um aumento de 40% de crescimento em altura em relação a testemunha como mostra na Figura 9,

Tabela 4. Altura média de plantas de bananas submetidas a diferentes dosagens do herbicida glyphosate. Registro/SP, 2020.

DOSE (g e.a.ha ⁻¹)	Dias Após a Aplicação (DAA)			
	0	7	14	30
0	18,25 a	21,00 a	23,00 a	35,25 a
1,8	16,22 ab	18,05 ab	19,44 ab	35,00 a
3,6	16,42 ab	17,71 ab	19,14 ab	34,92 a
7,2	15,00 ab	16,62 b	20,12 ab	34,81 a
18,0	15,37 ab	17,06 ab	17,87 abc	34,311 a
36,0	15,37 ab	16,31 b	13,68 cd	33,50 a
72,0	15,00 ab	15,00 b	15,25 bcd	35,25 a
180,0	14,00 b	14,00 b	10,75 d	0 b
360,0	14,75 ab	15,50 b	16,00 bc	0 b
720,0	16,25 ab	17,25 ab	18,00 abc	0 b
CV (%)	20	20	24	10
DMS	3,71	4,18	5,14	3,12
F trat	0,65 ^{ns}	1,41 ^{ns}	3,42 ^{**}	188,73 ^{**}

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos. *diferença significativa à 5%, e **diferença significativa à 1%. DAA: Dias após a aplicação.

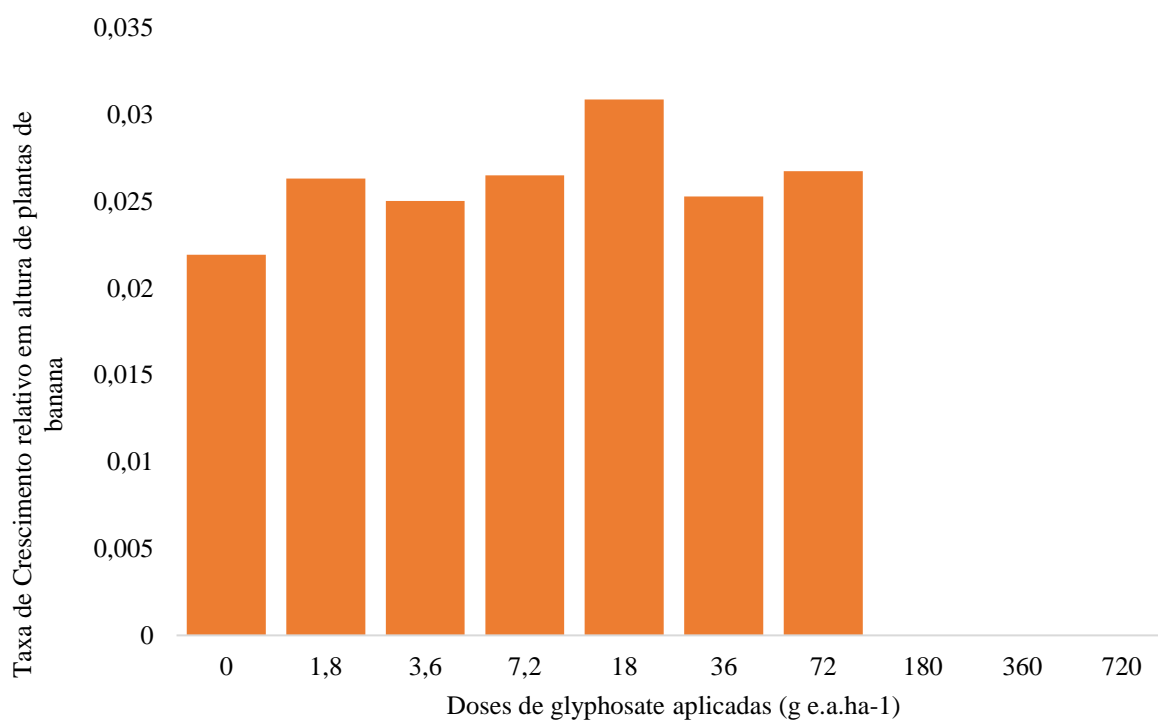


Figura 8. Taxa de Crescimento em altura de bananeira após 30 dias do tratamento com diferentes doses de glyphosate. Registro/SP, 2020.

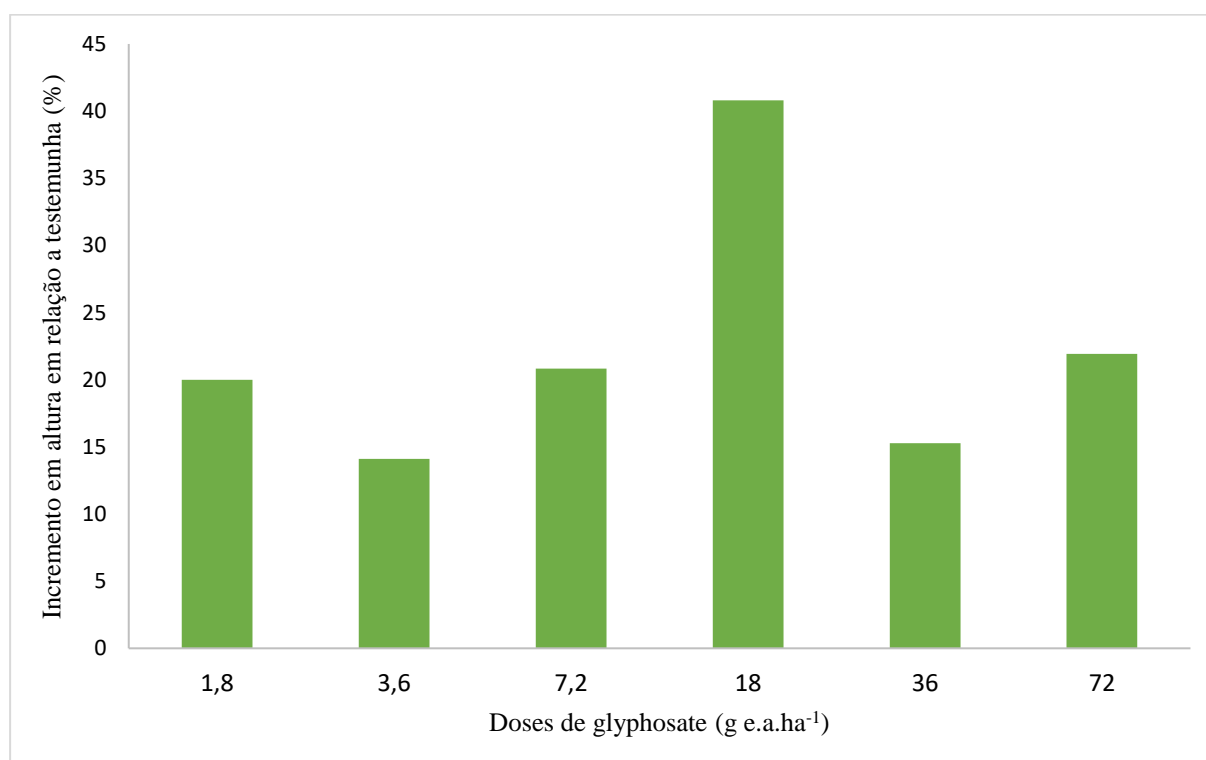


Figura 9. Incremento, relativo à testemunha, do crescimento em altura de bananeira após 30 dias do tratamento com diferentes doses de glyphosate. Registro/SP, 2020.

4.1.2 Diâmetro do pseudocaule

Em relação ao diâmetro do pseudocaule das plantas de banana (Tabela 5), verificou-se um padrão semelhante ao observado na altura das plantas. Até sete dias após a aplicação, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos de tratamento. Aos 14 DAA, as plantas expostas às dosagens de 36 g e.a.ha⁻¹ e 180 g e.a.ha⁻¹ apresentaram os menores diâmetros de pseudocaule. Aos 30 DAA, não foram observadas diferenças significativas nos valores de diâmetro do pseudocaule nas plantas que receberam até 72 g e.a.ha⁻¹ do herbicida ($P>0,05$). Ao analisar as plantas submetidas às dosagens letais, observou-se um comportamento semelhante ao verificado na altura das plantas (Tabela 4).

Marques et al. (2020) não observaram diferença no incremento semanal do diâmetro do primeiro nó de plantas de paricá (*S. amazonicum*) em dosagens de até 36g.ha⁻¹. Comparando a literatura consultada do assunto com os resultados analisados no presente trabalho, pode-se observar uma semelhança no padrão de resultados obtidos, por mais que as culturas analisadas venham a divergir.

Observando o diâmetro dos caules das bananas que receberam até 36 g e.a.ha⁻¹ são semelhantes em todos os dias após aplicação avaliados, segundo o teste t, com exceção nos dias 7 e 14 após aplicação, contudo essa diferença pode estar relacionada com o diâmetro inicial dos pseudo-caules das plantas deste tratamento que, numericamente, foi menor (Tabela 5).

Tabela 5. Diâmetro médio do pseudocaule de bananas submetidas a diferentes dosagens do herbicida glyphosate. Registro/SP, 2020.

DOSE (g e.a.ha ⁻¹)	Dias Após a Aplicação (DAA)			
	0	7	14	30
0	12,00 a	12,75 a	11,37 ab	11,75 a
1,8	10,93 a	11,68 abc	12,00 a	11,75 a
3,6	10,43 a	11,62 abc	12,12 a	11,72 a
7,2	10,93 a	11,87 ab	12,31 a	11,28 a
18,0	11,31 a	11,25 abc	11,75 a	11,00 a
36,0	9,87 a	10,25 bc	8,75 bc	9,62 a
72,0	10,18 a	9,56 c	9,81 abc	10,18 a
180,0	9,37 a	9,62 c	7,62 c	0 b
360,0	10,37 a	10,87 abc	11,25 ab	0 b
720,0	11,12 a	11,00 abc	11,12 ab	0 b
CV (%)	25	17	22	25
DMS	3,12	2,13	2,88	2,72
F trat	0,42 ^{ns}	1,86 ^{ns}	2,51*	25,25**

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos. *diferença significativa à 5%, e **diferença significativa à 1%.

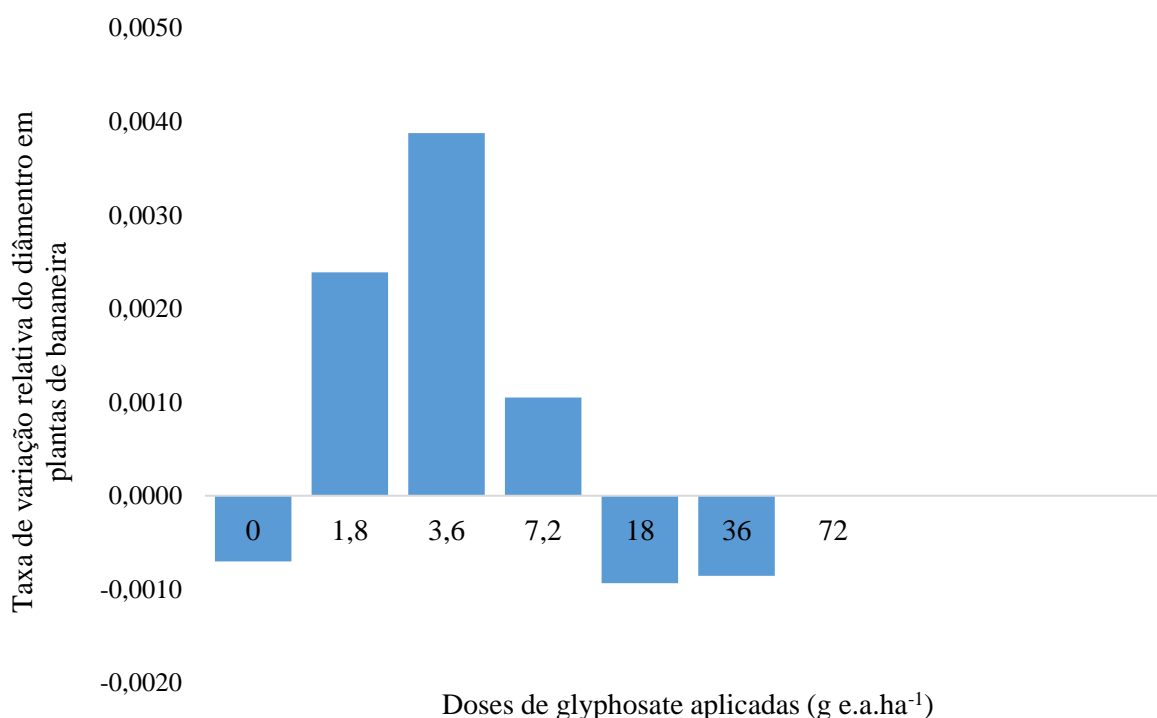


Figura 10. Variação relativa do diâmetro do pseudocaulo de bananeira após 30 dias do tratamento com diferentes doses de glyphosate. Registro/SP, 2020.

4.1.3 Número de folhas

Foi observada uma variação significativa no número de folhas das plantas entre os tratamentos ao longo do tempo (Tabela 6). No dia 0, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. Portanto, entre 7 e 14 DAA, houve diferença significativa nos valores da variável em questão entre os tratamentos. As plantas que receberam dosagens intermediárias (36 g e.a.ha⁻¹ e 72 g e.a.ha⁻¹) apresentaram o menor número de folhas. Aos 30 DAA, observou-se que as plantas que receberam até 72 g e.a.ha⁻¹ do herbicida apresentaram valores semelhantes ($P > 0,05$). Resultados semelhantes foram encontrados por Marques et al. (2020) para paricá (*S. amazonicum*), onde dosagens de até 36 g e.a.ha⁻¹ não influenciaram no número de folhas das plantas.

Observou-se, no presente estudo, que as plantas de todos os tratamentos apresentaram redução numérica no número de folhas ao longo do tempo. Silva et al. (2009), avaliando o efeito fitotônico de glyphosate no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar, verificaram que aos 25 DAA observa-se forte redução no número de folhas verdes entre as doses de 180 a 720

g e.a.ha⁻¹. Contudo, essas dosagens no presente estudo resultaram em morte das plantas de bananas (Tabela 6).

Tabela 6. Número de folhas médias de bananas submetidas a diferentes dosagens do herbicida glyphosate. Registro/SP, 2020.

DOSE (g e.a.ha ⁻¹)	Dias Após a Aplicação (DAA)			
	0	7	14	30
0	8,00 a	7,00 abc	6,75 ab	4,75 a
1,8	7,25 ab	7,75 ab	7,75 a	5,00 a
3,6	7,37 ab	8,12 a	7,75 a	4,25 a
7,2	7,50 ab	7,62 ab	7,50 a	4,50 a
18,0	6,25 b	7,12 abc	6,37 abc	4,25 a
36,0	6,37 b	6,12 bc	4,25 d	4,00 a
72,0	7,25 ab	5,50 c	5,00 bcd	3,87 a
180,0	7,50 ab	6,50 abc	4,75 cd	0 b
360,0	7,50 ab	6,75 abc	7,50 a	0 b
720,0	7,50 ab	6,50 abc	7,00 a	0 b
CV (%)	17	20	24	29
DMS	1,38	1,65	1,81	1,23
F trat	1,40 ^{ns}	2,52*	5,15**	19,58**

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos. *diferença significativa à 5%, e **diferença significativa à 1%.

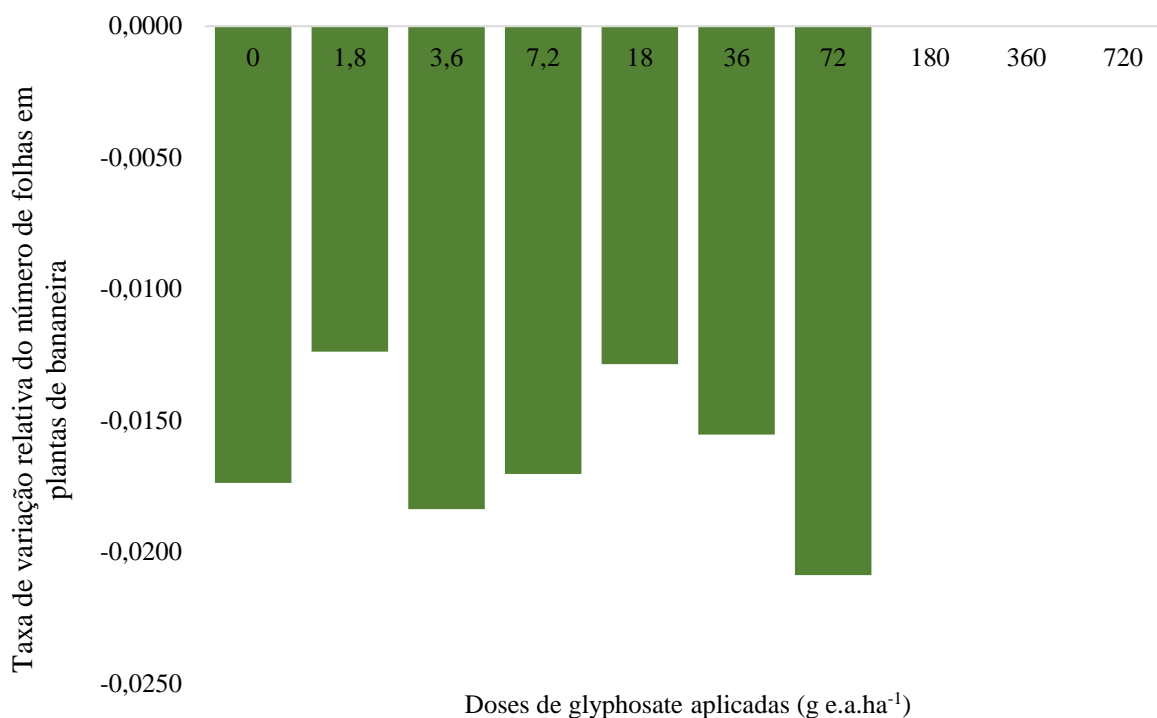


Figura 11. Variação do número de folhas em plantas de bananeira após 30 dias do tratamento com diferentes doses de glyphosate. Registro/SP, 2020.

4.1.4 Estádio da Vela

Em relação ao estágio da vela, constatou-se que as diferentes doses do herbicida não exerceram influência significativa sobre essa variável. No entanto, ao analisar as dosagens nota-se que as dosagens acima de 36g e.a.ha⁻¹ cessa a evolução dos estádios até ocorrer morte das plantas, enquanto que para doses 1,8;3,6;7,2g e.a.ha⁻¹ apresenta avanço resultando em emissão de novas folhas

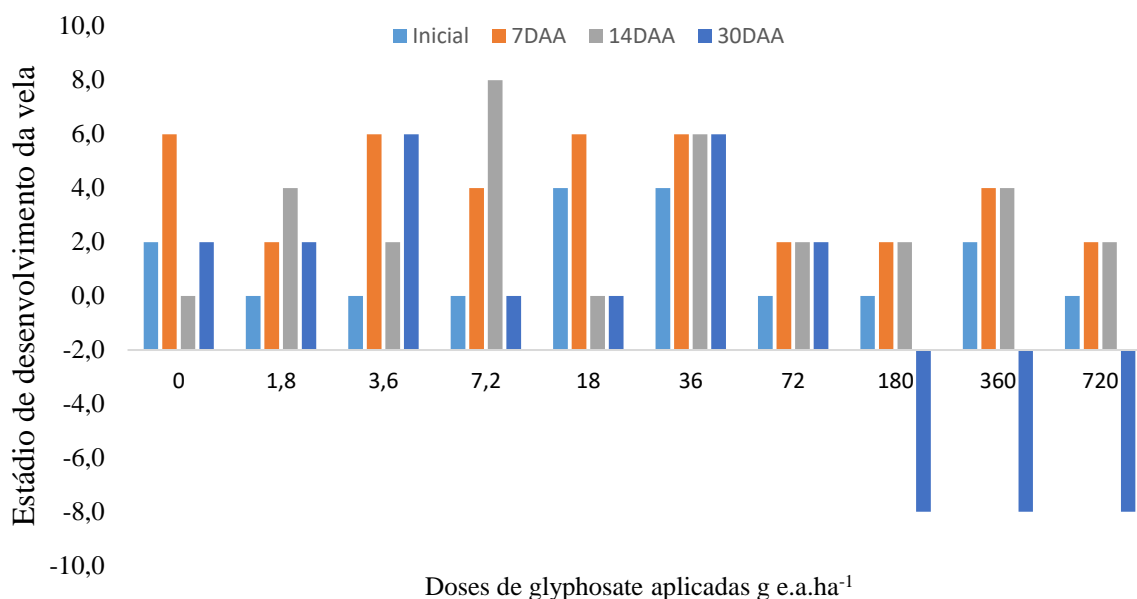


Figura 12. Estádio de desenvolvimento da vela em planta de bananeira após deriva de glyphosate. Registro/SP,2020.

4.2 Teor de clorofila

Em termos gerais, foi observado um padrão de aumento nos índices de clorofila à medida que a dosagem do herbicida aumentava (Tabela 7). As plantas de banana que receberam as dosagens mais baixas, até 7,2 g e.a.ha⁻¹, apresentaram, em geral, os maiores índices de clorofila em quase todos os períodos avaliados após a aplicação. Magalhães et al. (2001) avaliaram diferentes dosagens do glyphosate em cultivo de milho (2%, 4%, 6%, 8% e 12% da dose comercial recomendada) e não observaram diferença entre os teores de clorofila das folhas, semelhante ao observado 14 DAA do herbicida do presente estudo, onde as plantas que receberam até 36 g e.a.ha⁻¹ (12,5% da dose comercial) não apresentaram diferença no teor de clorofila.

Os dados obtidos por Magalhães et al. (2001) são observações de 21 DAA do produto em relação ao presente estudo analisados aos 30 DAA, observou-se um comportamento diferente dos autores mencionados: maiores teores de clorofila nas folhas das plantas que receberam 1,56% (3,6 g.ha⁻¹), 3,12% (7,2 g.ha⁻¹) e 25% (72 g.ha⁻¹) da dose comercial (Tabela 6). Diferente também de Meschede et al., (2007) apud Yamada e Castro (2007) que, estudando o efeito de maturadores na cana-de-açúcar, observaram que o glyphosate reduz os teores de

clorofila total medidas aos 15 DAA, mas aos 30 DAA os valores se assemelharam ao tratamento testemunha.

Foi observado um aumento nos índices de clorofila nas folhas das plantas de banana que receberam as dosagens de 180 g e.a.ha⁻¹, 360 g e.a.ha⁻¹ e 720 g e.a.ha⁻¹ até o terceiro DAA, seguido de uma diminuição dos índices até a morte da planta (Tabela 6). Esses resultados indicam que a dosagem do herbicida teve um impacto direto nos índices de clorofila das plantas de banana, influenciando sua saúde e desenvolvimento.

Com exceção das dosagens 3,6, 7,2 e 72 g e.a.ha⁻¹, observou-se uma diminuição numérica no teor de clorofila ao longo de tempo (Tabela 6). Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2016) que avaliaram a fluorescência da clorofila a e o teor de pigmentos cloroplastídicos em plantas de pequi (*Caryocar brasiliense*) tratadas com glyphosate e constataram a redução da concentração de clorofila com o aumento do tempo de exposição ao glyphosate. Meschede et al. (2011) avaliando as alterações fisiológicas em cana-de-açúcar pela aplicação de glyphosate observaram nas maiores doses testadas (200,0 e 400,0 ml.ha⁻¹) interferência na fotossíntese por diminuir os teores de clorofila e carotenoides, mostrando que estas variáveis são indicadoras do estado de fitointoxicação da planta.

Tabela 7. Teor médio do índice de clorofila em plantas de bananas submetidas a diferentes dosagens do herbicida glyphosate. Registro/SP, 2020.

DOSE (g e.a.ha ⁻¹)	Dias Após a Aplicação (DAA)					
	1	2	3	4	5	30
0	41,51 ab	40,49 a	36,29 d	41,33 bc	36,73 ab	35,61 b
1,8	44,05 a	41,41 a	39,93 bcd	49,01 a	40,70 a	34,23 b
3,6	38,59 abc	38,50 a	44,26 abc	44,98 ab	39,22 a	40,78 ab
7,2	41,36 ab	37,95 a	51,17 a	39,07 bcd	38,55 a	47,02 a
18,0	37,50 bc	40,08 a	37,92 cd	39,24 bcd	37,90 ab	36,52 b
36,0	36,48 bc	36,70 a	43,13 bcd	36,83 cd	35,13 abc	25,37 c
72,0	36,23bc	36,59 a	38,14 cd	33,24 d	30,93 c	39,82 ab
180,0	38,72 abc	37,82 a	45,74ab	38,38 cd	35,20 abc	0 d
360,0	36,87 bc	36,74 a	40,03 bcd	35,77 cd	32,47 bc	0 d
720,0	35,49 c	42,00 a	44,05 abc	35,72 cd	32,34 bc	0 d
CV (%)	17	19	20	20	19	30
DMS	54,73	60,31	71,32	65,68	57,12	74,68
F trat	2,47*	0,94 ^{ns}	3,68**	5,28**	3,07**	42,54**

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos. *diferença significativa à 5%, e **diferença significativa à 1%.

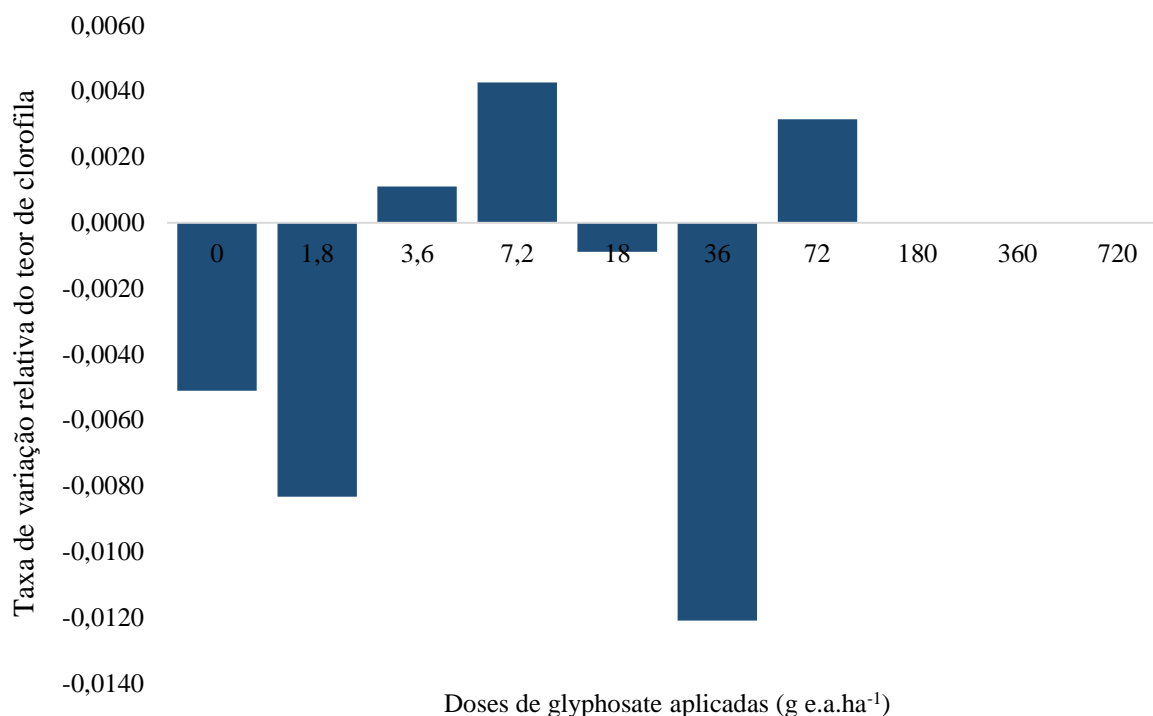


Figura 13. Taxa de variação do teor de clorofila em folhas de bananeira após 30 dias do tratamento com diferentes doses de glyphosate. Registro/SP, 2020.

4.3 Teor de flavonóides

Foi observado que as doses do herbicida tiveram influência sobre o índice de flavonoides nas folhas das plantas de banana (Tabela 8). Ao longo do período de avaliação, foram encontradas variações nos valores desse índice entre as diferentes doses, com exceção do quinto dia após a aplicação, onde não foram observadas diferenças significativas segundo o teste “f”. Após 30 dias, as plantas que receberam até 72 g e.a.ha⁻¹ do herbicida apresentaram valores semelhantes de flavonóides.

É interessante notar que, apesar das doses de 180 g e.a.ha⁻¹ e 360 g e.a.ha⁻¹ resultarem em morte das plantas, até o quinto dia após a aplicação, as plantas tratadas com essas doses apresentaram altos valores de flavonóides, semelhantes aos tratamentos com dosagens mais baixas ($P>0,05$).

Esses resultados destacam a importância de selecionar cuidadosamente a dose do herbicida a fim de otimizar o índice de flavonóides nas folhas das plantas de banana. O índice

de flavonóides é um indicador da saúde e do desenvolvimento das plantas, e seu monitoramento adequado pode contribuir para a eficácia e segurança do uso de herbicidas.

Tabela 8. Teor médio do índice de flavonóides em plantas de bananas submetidas a diferentes dosagens do herbicida glyphosate. Registro/SP, 2020.

DOSE (g e.a.ha ⁻¹)	Dias Após a Aplicação (DAA)					
	1	2	3	4	5	30
0	0,95 a	0,92 ab	1,00 ab	1,02 ab	0,98 a	0,96 a
1,8	0,79 bc	0,81 bc	0,83 cde	0,87 cd	0,87 abc	1,04 a
3,6	0,77 c	0,76 c	0,79 de	0,91 bcd	0,83 bc	0,97 a
7,2	0,95 a	0,79 bc	0,96 abc	1,01 abc	0,93 ab	0,99 a
18,0	0,98 a	0,89 abc	0,97 abc	1,08 a	0,98 a	1,00 a
36,0	0,88 abc	0,99 a	0,92 abcd	0,95 abc	0,92 ab	1,03 a
72,0	0,86 abc	0,86 abc	0,88 bcde	0,90 bcd	0,92 ab	0,97 a
180,0	0,98 a	0,97 a	1,05 a	1,02 ab	0,99 a	0 b
360,0	0,94 ab	0,90 abc	1,00 ab	1,02 ab	0,96 ab	0 b
720,0	0,80 bc	0,58 d	0,77 e	0,77 d	0,75 c	0 b
CV (%)	20	22	19	19	19	26
DMS	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,17
F trat	2,64**	4,01**	3,06**	3,04**	1,86 ^{ns}	50,82**

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos. *diferença significativa à 5%, e **diferença significativa à 1%.

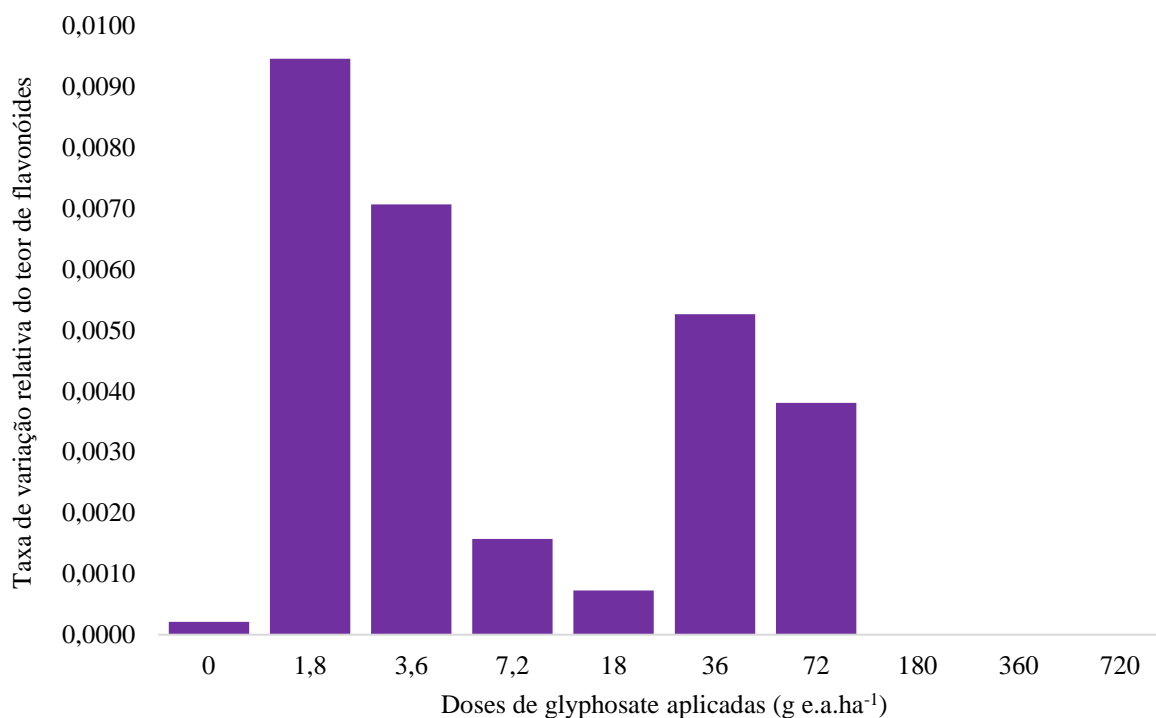


Figura 14. Taxa de variação do teor de flavonóides em folhas de bananeira após 30 dias do tratamento com diferentes doses de glyphosate. Registro/SP, 2020.

4.4 Teor de nitrogênio

No geral, os teores de nitrogênio variaram entre as diferentes doses do herbicida ao longo do período de avaliação (Tabela 9). Foram encontradas diferenças significativas nos valores desse índice em alguns até 4 DAA, como indicado pelo valor F trat na Tabela 9.

No dia 0, foi observada uniformidade nos teores de nitrogênio, conforme demonstrado pelo teste F. No entanto, entre o segundo e quinto dia após a aplicação, ocorreram diferenças entre os tratamentos utilizados. No segundo dia após a aplicação, as plantas que receberam 720 g e.a.ha⁻¹ do herbicida apresentaram os melhores valores de balanço de nitrogênio, mesmo essa sendo uma das doses letais. Já no terceiro DAA, as folhas das bananas tratadas com os tratamentos controle, 18,0 g e.a.ha⁻¹ e 360,0 g e.a.ha⁻¹ apresentaram os piores resultados de balanço de nitrogênio. No quarto dia, as plantas que receberam doses acima de 7,2 g e.a.ha⁻¹ apresentaram uma redução significativa neste índice (Tabela 9).

No caso das dosagens letais, observou-se um aumento nos teores de nitrogênio nas folhas das bananas até o terceiro DAA. Após o quarto dia, foi observada uma redução do índice, culminando no óbito das plantas (Tabela 9).

Tabela 9. Teor médio do índice de balanço de nitrogênio em plantas de bananas submetidas a diferentes dosagens do herbicida glyphosate. Registro/SP, 2020.

DOSE (g e.a.ha ⁻¹)	Dias Após a Aplicação (DAA)					
	1	2	3	4	5	30
0	45,89 ab	46,53 b	37,25 b	41,67 bc	38,89 abc	42,84 ab
1,8	56,27 a	52,16 b	49,25 ab	57,30 a	47,45 ab	34,33 b
3,6	50,42 ab	51,58 b	56,18 a	51,57 ab	48,55 a	39,56 ab
7,2	46,56 ab	51,11 b	56,18 a	40,28 bc	44,33 abc	47,94 a
18,0	41,57 b	48,36 b	42,04 b	40,09 bc	40,29 abc	37,29 ab
36,0	43,92 b	41,93 b	49,23 ab	40,05 bc	40,72 abc	31,86 b
72,0	44,93 ab	45,97 b	46,10 ab	39,42 c	36,57 bc	35,01 b
180,0	40,32 b	39,83 b	44,37 ab	38,07 c	36,33 bc	0 c
360,0	41,56 b	43,58 b	41,28 b	36,47 c	34,16 c	0 c
720,0	46,64 ab	85,34 a	55,49 a	43,14 bc	38,05 abc	0 c
CV (%)	31	37	33	33	33	43
DMS	11,97	15,45	13,36	11,89	11,29	11,18
F trat	1,53 ^{ns}	4,06 ^{**}	1,94 [*]	3,06 ^{**}	1,60 ^{ns}	18,90 ^{**}

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos. *diferença significativa à 5%, e **diferença significativa à 1%.

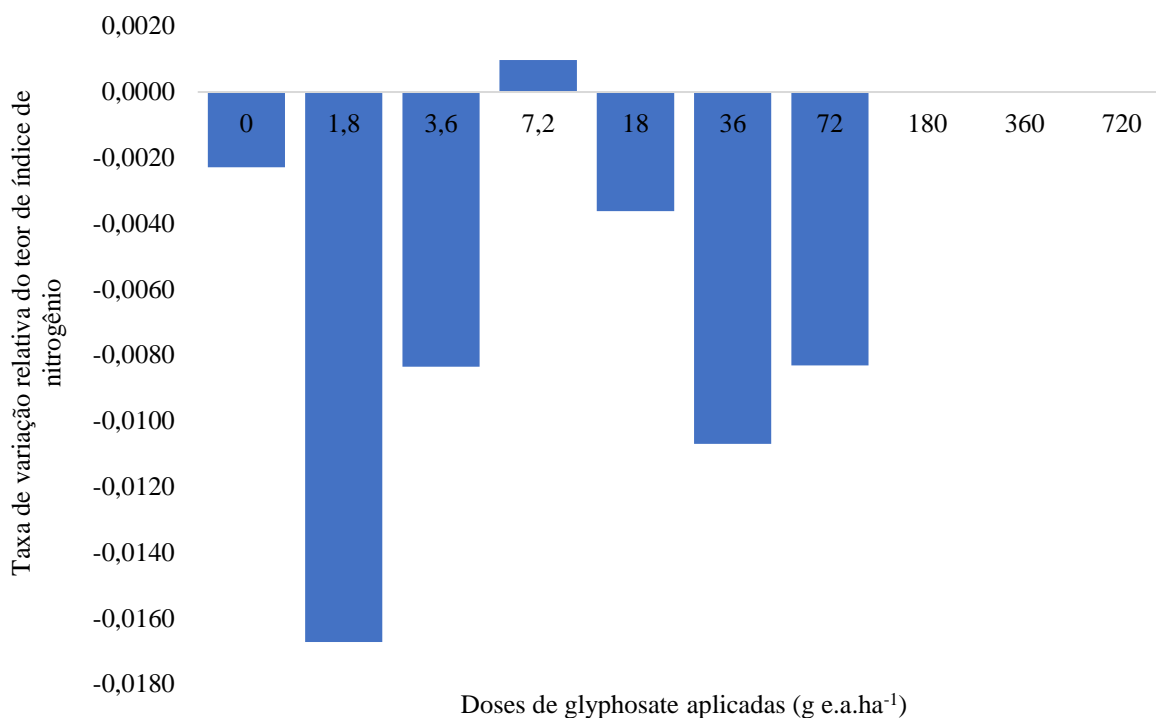


Figura 15. Taxa de variação do balanço de nitrogênio em folhas de bananeira após 30 dias do tratamento com diferentes doses de glyphosate. Registro/SP, 2020.

Como mencionado anteriormente, os resultados obtidos neste estudo ressaltam a importância de selecionar cuidadosamente as doses do herbicida glyphosate para o cultivo de bananas. De forma geral, observou-se que as menores dosagens não afetaram negativamente o desempenho das plantas, enquanto dosagens acima de 180 g e.a.ha⁻¹ foram extremamente prejudiciais, levando a morte das plantas em até 30 DAA.

Essas informações são valiosas para o manejo adequado do glyphosate no campo, auxiliando os produtores na escolha das doses adequadas que garantam a saúde e o desenvolvimento das plantas de banana.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

Dosagens acima de 180 g e.a.ha⁻¹ do herbicida glyphosate são letais para as plantas de bananas;

Dosagens até 7,2 g e.a.ha⁻¹ não apresentam efeitos negativos no crescimento das plantas de banana, bem como nos teores de clorofila, flavonóis e balanço de nitrogênio nas folhas;

Essas conclusões fornecem informações valiosas para o manejo adequado do glyphosate no cultivo de bananas, destacando a importância de utilizar doses adequadas para evitar danos às plantas e garantir seu desenvolvimento saudável.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUJA, I.; KISSEN, R.; BONES, A. M. Phytoalexins in defense against pathogens. **Trends in Plant Science**, v. 17, n. 2, p. 73-90, 2012.

ANGERS, D. A.; et al. Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production. **Can. J. Soil Sci.**, v. 79, p. 39-50, 1993.

BELZ, R. G.; CEDERGREEN, N.; DUKE, S. O. Herbicide hormesis – can it be useful in crop production? **Weed Res**, v. 51, p. 321–332, 2011.

BELZ, R. G.; DUKE, S.O. Herbicides and plant hormesis. **Pest Management Science**, v. 70, p. 698-707, 2014.

CALABRESE, E. J. Hormesis is central to toxicology, pharmacology and risk assessment. **Human and Experimental Toxicology**, v. 29, p. 249–261, 2010.

CALABRESE, E. J. Hormesis: why it is important to toxicology and toxicologists. **Environment Toxicology Chemical**, v. 27, p. 1451–1474, 2008.

CALABRESE, E. J.; BLAIN, R. The occurrence of hermetic dose responses in the toxicological literature, the hormesis database: an overview. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 202, p. 289–301, 2005.

CARBONARI, C. A.; MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D. Acúmulo de fósforo em plantas de eucalipto submetidas a aplicação de diferentes doses de glyphosate. **Anais**, I Simpósio Internacional sobre Glyphosate, p. 71-73, Botucatu, 2007b.

CARBONARI, C. A.; MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D. Efeito da aplicação de glyphosate no crescimento inicial de mudas de eucalipto submetidas a dois níveis de adubação fosfatada. **Anais**, I Simpósio Internacional sobre Glyphosate, p. 68-70, Botucatu, 2007a.

CARBONARI, C. A. et al. Glyphosate Effects on Sugarcane Metabolism and Growth. **American Journal of Plant Sciences**, v. 05, n. 24, p. 3585–3593, 2014.

CARTELAT, A.; et al. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research**, v.91, p.35-49, 2005.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A.; DUKE, S. O. Hormesis with glyphosate depends on coffee growth stage. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 85, n. 2, p.813-821, 2013.

CASELEY, J. C.; COUPLAND, D. Environmental and plant factors affecting glyphosate uptake movement and acidity. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. A. **The herbicide glyphosate**. London: Butterworths, 1985. p. 92-123.

CEDERGREEN, N. et al. The occurrence of hormesis in plants and algae. **Dose–Response**, v.5, n.2, p.150-162, 2007.

CEDERGREEN, N.; OLESEN, C. F. Can glyphosate stimulate photosynthesis? **Pesticide Biochemistry and Physiology**. vol. 96, n. 3, p.140–148, 2010.

COSTA, R. N. **Hormesis de Glyphosate em café: respostas morfológicas, fisiológicas e bioquímicas**. 2020. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Universidade Estadual Paulista.

DAYAN, F.E.; DUKE, S.O.; GROSSMANN, K. **Herbicides as probes in plant biology**. *Weed Sci*, v.58, p.340–350, 2010.

DOS SANTOS, J. B. **Atividade microbiana após aplicação de herbicidas utilizadas no cultivo de feijoeiro**. 2005. 83p. Tese (Doutorado em *Scientiae*), Universidade Federal de Viçosa.

DOMINGUES JÚNIOR, A. P. Avaliação dos efeitos do herbicida glifosato sobre o cafeiro: respostas bioquímicas e fisiológicas. [s.l: s.n.].

FERREIRA, W. L. **Análise de dados com medidas repetidas em experimento ingestão de café**. Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras, 2012. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1178/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_An%C3%A1lise%20de%20dados%20com%20medidas%20repetidas%20em%20experimento%20com%20ingest%C3%A3o%20de%20caf%C3%A9.pdf. Acesso em: 09 de janeiro de 2019.

GODOY, M. C. **Efeitos do glyphosate sobre o crescimento e absorção do fósforo pela soja**. 2007. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu.

GOMES, G. L. G. C. **Alterações metabólicas de plantas de milho submetidas à aplicação de glyphosate e fosfito**. 2011. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia /Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

GOMES, G. L.G. C.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A. Fosfito de potássio não protege plantas de milho contra os efeitos fitotóxicos do glyphosate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 291-296, 2015.

GOULAS, Y.; CEROVIC, Z.G.; CARTELAT, A.; MOYA, I. Dualex: a new instrument for field measurements of epidermal ultraviolet absorbance by chlorophyll fluorescence. **Applied Optics**, v.43, p.4488-4496, 2004.

KASHIF, A.; MALTESE, F.; CHOI, Y. H.; VERPOORTE, R. Metabolic constituents of grapevine and grape-derived products. **Phytochemistry Reviews**, v. 9, p. 357-378, 2010.

KIRKWOOD, R. C.; MCKAY, I. Accumulation and elimination of herbicides in select crop and weed species. **Pestic. Sci**, v. 42, p. 241-248, 1994.

MAGALHÃES, P. C.; SILVA, J. B.; DURÃES, F. O. M.; KARAM, D.; RIBEIRO, L. S. Efeito de doses reduzidas de Glyphosate e Paraquat simulando deriva no cultivo de milho. **Planta Daninha**, v. 19, n. 2, p. 247-253, 2001.

MARQUES, K. D. M.; MOREIRA, W. C. L; SILVA, J. F.; MOREIRA, J. G. V.; MELHORANÇA FILHO, A. L. Efeito hormético de glyphosate no crescimento inicial de mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Agrian**, v. 13, n. 47, p. 9-16, 2020.

MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A.; CORRÊA, M. R. Determinação do teor de lignina e celulose em amostras de *Brachiaria decumbens* submetidas à subdoses de glyphosate. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. Anais... Botucatu: FCA-UNESP, 2007b. p. 82-84. 1 CD-ROM.

MESCHEDE DK, VELINI ED, CARBONARI CA & SILVA JRM Alteração fisiológica da cana-de-açúcar pela aplicação de glyphosate e sulfometuron-methyl. *Planta Daninha*, v.29 :p, 413-419, 2011

NASCENTES, R. F. et al. Low doses of glyphosate enhance growth, CO₂ assimilation, stomatal conductance and transpiration in sugarcane and eucalyptus. **Pest Management Science**, v. 74, n. 5, p. 1197–1205, 2018.

PEREIRA, M. R. R.; SOUZA, G. S. F.; FONSECA, E. D.; MARTINS, D. Subdoses de glyphosate no desenvolvimento de espécies arbóreas nativas. **Bioscience Journal**, v.31, n.2, p.326-332, 2015.

PINCELLI-SOUZA, R. P. et al. Hormetic effect of glyphosate persists during the entire growth period and increases sugarcane yield. **Pest Management Science**, v. 76, n. 7, p. 2388–2394, 2020.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285p.

SBCPD – **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

SCHANBENBERGER, O.; KELLS, J. J.; PENNER, D. Statistical tests for hormesis and effective dosage in herbicide dose-response. **Agronomy Journal**, v. 91, n. 4, p. 713-721, 1999.

SILVA, M.A.; ARAGÃO, N. C.; BARBOSA, M. A.; JERONIMO, E. M.; CARLIN, S. D. Efeito hormótico de glyphosate no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 973-978, 2009.

SILVA, J. C.; ARF, O.; GERLACH, G. A. X.; KURYIAMA, C. S.; RODRIGUES, R. A. F. Efeito hormese de glyphosate em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 295-302, 2012.

SILVA, L. Q.; ARAÚJO, A. C. F.; ALMEIDA, G. M.; CRISPIM FILHO, A. J.; COSTA, A. C.; JAKELAITIS, A. Modificações fisiológicas em folhas de pequi (*Caryocar brasiliense*) causadas pela aplicação de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 2, p. 184-194, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719 p.

VELINI, E. D. et al. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 489-496, 2008.

VELINI, E. D. et al. **Modo de ação do glyphosate**. In: VELINI, E. D. et al. Glyphosate: uso sustentável. Fepaf: Botucatu, 2012. 213 p.

WAGNER, R.; KOGAN, M.; PARADA, A. M. Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays* L.). **Weed Biology and Management**, v. 3, n. 4, p. 228-232, 2003.

YAMADA, T.; CASTRO, P .R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **Encarte do Informações Agronômicas**, n. 119, setembro, 2007.

ZHANG, S. et al. Molecular cloning of a CC–NBS–LRR gene from *Vitis quinquangularis* and its expression pattern in response to downy mildew pathogen infection. **Molecular Genetics and Genomics**, v. 293, n. 1, p. 61–68, 1 fev. 2018.