

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

**EFICÁCIA DO IMAZAPYR NO CONTROLE DE PLANTAS
DANINHAS E SEU IMPACTO SOBRE PLANTAS NÃO ALVO**

Pâmela Castro Pereira

Engenheira Agrônoma

2020

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

**EFICÁCIA DE IMAZAPYR NO CONTROLE DE PLANTAS
DANINHAS E SEU IMPACTO SOBRE PLANTAS NÃO ALVO**

Discente: Pâmela Castro Pereira

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho

Coorientador: Prof. Dr. Claudinei da Cruz

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

2020

P436e

Pereira, Pâmela Castro

Eficácia do imazapyr no controle de plantas daninhas e seu impacto sobre plantas não alvos / Pâmela Castro Pereira. -- Jaboticabal, 2020
98 f. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Leonardo Bianco de Carvalho

Coorientador: Claudinei da Cruz

1. Herbicidas. 2. Ervas daninhas. 3. Agronomia. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFICÁCIA DE IMAZAPYR NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E SEU IMPACTO SOBRE PLANTAS NÃO ALVO

AUTORA: PÂMELA CASTRO PEREIRA

ORIENTADOR: LEONARDO BIANCO DE CARVALHO

COORIENTADOR: CLAUDINEI DA CRUZ

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEONARDO BIANCO DE CARVALHO (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. IGOR CRUZ MALASPINA (Participação Virtual)
UNIFEB / Barretos/SP

Pesquisadora Dra. MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO (Participação Virtual)
Laboratório de Plantas Daninhas / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 06 de novembro de 2020

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

PÂMELA CASTRO PEREIRA – Agrônoma, filha de Reini de Souza Pereira e Sidnei Castro Pereira, nasceu em Colina, interior do Estado de São Paulo, no dia 4 de dezembro de 1994. Coursou os Ensino Fundamental e Médio na Escola Técnica Agropecuária “São Francisco de Assis”. Em 2013, iniciou o curso de Agronomia no Centro Universidade da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), foi bolsista por um ano do PIBIQ UNIFEB com o projeto intitulado “Desenvolvimento da macrófita *Wolffia* sp. como organismo bioincador de contaminação ambiental por agrotóxicos”, foi bolsista por dois anos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) com os projetos intitulados “Ecotoxicologia herbicida e de compostos algicidas para organismos bioindicadores: uma ferramenta para avaliação de risco ambiental da utilização de produtos químicos” e “Avaliação da intoxicação crônica e efeitos histopatológicos do cloro orgânico e do hidróxido de cobre para peixe Mato Grosso (*Hyphessobrycon eques*)”. Estagiou por 4 anos no Laboratório de Ecotoxicologia e Eficácia de agrotóxicos de Barretos (LEEA). Fez estágio obrigatório na Embrapa Hortaliças de Brasília/DF, na área de plantas daninhas e controle químico. Em março de 2018, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia com ênfase na área de Produção Vegetal junto a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/ FCAV), Câmpus de Jaboticabal. Atualmente, integra os grupos de pesquisas do Laboratório de Matologia (LabMato) pertencente ao departamento de Fitossanidade da FCAV e no grupo de pesquisa LEEA do UNIFEB. Em novembro de 2020, submete-se à banca examinadora para a obtenção do título de Mestre em Agronomia

EPÍGRAFE

A vida é um constante recomeço. Não se dê por derrotado e siga adiante. As pedras que hoje atrapalham a sua caminhada amanhã enfeitarão a sua estrada.

Autor desconhecido.

Dedico...

A minha família, pelo o amor e incentivo sempre e em especial para minha mãe Reini de Souza Pereira que nunca mede esforços para me ajudar e está sempre me apoiando em minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por tudo que aconteceu e vem acontecendo durante toda minha trajetória acadêmica.

Agradeço imensamente a minha família, pelo amor, incentivo, apoio e por sempre acreditarem no meu potencial. Principalmente a minha mãe Reini de Souza Pereira, por sempre ter acreditado em mim e em meio das dificuldades nunca me deixou desistir.

Agradeço ao Fernando Donini Lima, por todo amor, paciência, companheirismo e por sempre depositar toda confiança em mim.

Agradeço a Isabella Alves Brunetti, pela amizade e companheirismo em todos os momentos sejam eles pessoais ou profissionais e por fazer dessa caminhada mais fácil.

Ao Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho pela orientação, pela confiança, pelos ensinamentos e contribuição no meu crescimento profissional e pessoal. Agradeço a Nagilla Moraes Ribeiro e Yanna Karoline Santos da Costa pela amizade.

Ao meu Coorientador Prof. Dr. Claudinei da Cruz, pela orientação, atenção, disponibilidade, paciência e pela contribuição no meu crescimento profissional e pessoal. Agraço pela permissão para realizar os experimentos no Laboratório de Eficácia e Ecotoxicologia de Agrotóxicos (LEEA) e a toda equipe do laboratório, principalmente ao Wilson Roberto Cerveira Junior por toda ajuda nos experimentos.

Agradeço ao Dr. Igor Cruz Malaspina e a Dr. Mariluce Pascoina Nepomuceno por terem contribuído na forma de examinadores em minha qualificação.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal –FCAV/UNESP, juntamente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal pela oportunidade da realização do curso de Mestrado, por toda infraestrutura e recursos recebidos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1 Introdução e justificativa	1
1.2. Revisão de Literatura	2
1.2.1 Cana-de-açúcar.....	2
1.2.2 Imazapyr.....	3
1.2.3 Plantas daninhas	4
1.2.4 Plantas não alvo	6
1.3 Referências	7
CAPÍTULO 2 – EFICÁCIA DE IMAZAPYR APLICADO EM PRÉ E PÓS EMERGÊNCIA NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS	13
RESUMO.....	13
2.1 INTRODUÇÃO	14
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	15
2.2.1 Eficácia de imazapyr em pré e pós-emergência das plantas daninhas	15
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
2.3.1 Eficácia de <i>Cynodon dactylon</i>	17
2.3.2 Eficácia de <i>Digitaria horizontalis</i>	21
2.3.3 Eficácia de <i>Digitaria insularis</i>	26
2.3.4 Eficácia de <i>Eleusine indica</i>	30
2.3.5 Eficácia de <i>Ipomoea purpurea</i>	35
2.3.6 Eficácia de controle de <i>Panicum maximum</i>	40
2.3.7 Eficácia de <i>Urochloa decumbens</i>	45
2.4 CONCLUSÃO.....	49
2.5 REFERÊNCIAS	50
CAPÍTULO 3 – EFEITO DE SUBDOSES DO IMAZAPYR EM PLANTAS NÃO ALVOS	53
RESUMO.....	53
3.1 INTRODUÇÃO	53
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	55
3.2.1 Efeito de subdoses do imazapyr em plantas terrestres não alvos.....	55
3.2.2 Efeito de subdoses do imazapyr para plantas aquáticas não alvo	57

3.2.3 Efeito de subdoses de imazapyr em cana-de-açúcar.....	58
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
3.3.1 Efeito de subdoses de imazapyr em plantas terrestres não alvos.....	59
3.3.1.1 Efeito de subdoses na planta <i>Cucurbita pepo</i>	59
3.3.1.2 Efeito de subdoses na planta <i>Lactuca sativa</i>	62
3.3.1.3 Efeito de subdoses na planta <i>Oryza sativa</i>	64
3.3.1.4 Efeito de subdoses na planta <i>Phaseolus vulgaris</i>	66
3.3.1.5 Efeito de subdoses na planta <i>Arachis hypogaea</i>	68
3.3.2 Efeito de subdoses de imazapyr em plantas aquáticas não alvo	71
3.3.2.1 Efeito de subdoses de imazapyr em <i>Hydrocotyla ranunculoides</i>	71
3.3.2.2 Efeito de subdoses de imazapyr em <i>Lemna minor</i>	73
3.3.3 Efeito de subdoses de imazapyr em cana-de-açúcar.....	74
3.3.3.1 Efeito de subdoses do imazapyr em pré-plantio da MPB de cana-de-açúcar	74
3.3.3.2 Efeito de subdoses do imazapyr pós plantio da MPB de cana-de-açúcar	83
3.4 CONCLUSÃO.....	87
3.5 REFERÊNCIAS.....	87

EFICÁCIA DE IMAZAPYR NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E SEU IMPACTO SOBRE PLANTAS NÃO ALVO

RESUMO – Os objetivos deste trabalho foram avaliar a eficácia de imazapyr no controle de plantas daninhas e o impacto de subdoses em plantas não alvo. Os experimentos para eficácia das plantas daninhas foram conduzidos em condições de casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado. As espécies utilizadas foram *Cynodon dactylon*, *Digitaria horizontalis*, *Digitaria insularis*, *Eleusine indica*, *Ipomoeae purpurea*, *Panicum maximum* e *Uroclhoa decumbens*, que foram semeadas em vasos (10x14,5), preenchidos com mistura de solo e substrato orgânico (1:1). As doses testadas foram: 66,5; 133,1; 266,3; 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ mantendo-se testemunha e dez repetições. A aplicação em pré-emergência ocorreu 3 dias após a semeadura e a aplicação em pós-emergência, quando as plantas estavam com 2 a 3 perfilhos. As avaliações foram realizadas em 3, 7, 15, 21, 30, 45 e 60 dias após a aplicação, avaliando a eficácia (pós) e a inibição de emergência (pré). No final do experimento mensuro-se a massa fresca e massa seca. Os experimentos para avaliar o impacto das subdoses para plantas não alvo foram conduzidos em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, as plantas testes terrestres avaliadas foram: *Cucurbita pepo* abóbriinha, *Lactuca sativa*, *Oryza sativa*, *Phaseolus vulgaris* e *Arachis hypogaea*; as plantas testes aquáticas *Hydrocotyle ranunculoides* e *Lemna minor*; e mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. As subdoses utilizadas de imazapyr foram 1,0; 4,15; 16,60 e 66,5 g i.a ha⁻¹, com dez repetições para terrestre e cinco para aquática e uma testemunha. O herbicida foi aplicado em pós-emergência das plantas testes e em pré e pós plantio das mudas pré brotadas de cana-de-açúcar. As avaliações foram realizadas em 3,7,14 e 21 dias após a aplicação para as plantas testes terrestres e aquáticas. E 1,3,7,14,21,30 e 45 dias após a aplicação para mudas pré brotadas de cana-de-açúcar, avaliando os sinais de intoxicação e no final do experimento comprimento da parte aérea e radicular, massa fresca e massa seca. O herbicida aplicado em pré emergência das plantas daninhas é mais eficaz, pois para todas as plantas ele apresentou controle excelente e em pós emergência aos 45 DAA a partir da dose 266,5 g i.a ha⁻¹ apresentou controle excelente para as plantas *C. dactylon*, *D. horizontalis*, *D. insularis* e *P. maximum*. Para *C. pepo*, *P. vulgaris* e cana-de-açúcar (pré e pós) as subdoses de imazapyr causaram intoxicação visual gradual com o aumento das doses. Para *L. sativa* e *H. ranunculoides*, houve poucos sinais de intoxicação, e para *O. sativa*, *A. hypogaea* e *L. minor* ocorreu efeito hormético. Conclui-se que o imazapyr aplicado em pré emergência é mais eficaz para o controle de *C. dactylon*, *D. horizontalis*, *D. insularis*, *E. indica*, *I. purpurea*, *P. maximum* e *U. decumbens* e a deriva de imazapyr, pode causar tanto injurias quanto hormese em plantas não alvo, a depender da espécie e da concentração do herbicida a que cada planta é exposta.

Palavras-chave: deriva, herbicidas, inibidor ALS, manejo, monitoramento ambiental, intoxicação

EFFICACY OF IMAZAPYR TO CONTROL WEEDS AND ITS IMPACT ON NON-TARGET PLANTS

ABSTRACT – The objectives were to evaluate the effectiveness of imazapyr in controlling weeds and the impact of underdoses on non-target plants. The experiments for weed efficacy were conducted in greenhouse conditions, in a completely randomized design. The species used were *Cynodon dactylon*, *Digitaria horizontalis*, *Digitaria insularis*, *Eleusine indica*, *Ipomoeae purpurea*, *Panicum maximum* and *Uroclhoa decumbens*, which were sown in pots (10x14,5), filled with a mixture of soil and organic substrate (1: 1). The doses tested were: 66.5; 133.1; 266.3; 399.4; 532.5 and 665.7 g i.a ha⁻¹, maintaining control and ten repetitions. The pre-emergence application occurred 3 days after sowing and the post-emergence application, when the plants were 2 to 3 tillers. The evaluations were performed at 3, 7, 15, 21, 30, 45 and 60 days after application, evaluating the effectiveness (post) and emergency inhibition (pre), at the end of the experiment measured fresh and dry mass. The experiments to assess the impact of underdoses for non-target plants were carried out in a greenhouse, in a completely randomized design, the ground test plants evaluated were: *Cucurbita pepo zucchini*, *Lactuca sativa*, *Oryza sativa*, *Phaseolus vulgaris* and *Arachis hypogaea*; the aquatic test plants *Hydrocotyle ranunculoides* and *Lemna minor*; and pre-sprouted sugarcane seedlings. The subdoses used for imazapyr were 1.0; 4.15; 16.60 and 66.5 g i.a ha⁻¹, with ten repetitions for terrestrial and five for aquatic and one control. The herbicide was applied in post-emergence of the test plants and in pre and post planting of pre-sprouted sugarcane seedlings. The evaluations were carried out in 3,7,14 and 21 days after the application for the terrestrial and aquatic tests plants. E 1,3,7,14,21,30 and 45 days after application for pre-sprouted sugarcane seedlings, evaluating the signs of intoxication and at the end of the experiment aerial and root length, fresh mass and mass dry. The herbicide applied in weeds pre emergencies is more effective, because for all plants it showed excellent control and in post emergence at 45 DAA from the dose 266.5 g ia ha⁻¹ it showed excellent control for *C. dactylon plants*, *D. horizontalis*, *D. insularis* and *P. maximum*. For *C. pepo*, *P. vulgaris* and sugar cane (pre and post) imazapyr underdoses caused gradual visual intoxication with increasing doses. For *L. sativa* and *H. ranunculoides*, there were few signs of intoxication, and for *O. sativa*, *A. hypogaea* and *L. minor* there was a hormone effect. It is concluded that imazapyr applied in pre-emergence is more effective for the control of *C. dactylon*, *D. horizontalis*, *D. insularis*, *E. indica*, *I. purpurea*, *P. maximum* and *U. decumbens* and the imazapyr drift, it can cause both injuries and hormones in non-target plants, depending on the species and concentration of the herbicide to which each plant is exposed.

Keywords: drift, herbicides, ALS inhibitor, management, environmental monitoring, toxicity

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 Introdução e justificativa

As plantas daninhas competem com as plantas cultivadas por luz, nutrientes minerais e água. Caso não controladas, podem causar significativas reduções de produtividade (Christoffoleti et al., 2015).

Dessa forma, para minimizar as perdas, o controle químico acaba sendo o método mais utilizado em razão das grandes áreas plantadas, da eficiência e do alto rendimento, aliado ao baixo custo em relação a outros métodos de controle e também por haver no mercado vários herbicidas registrados para essa cultura (Christoffoleti et al., 2004).

Dentre os herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar, os residuais aplicados na pré-emergência das ervas daninhas e da cultura são os mais usados frequentemente (Dias et al 2017). Como é o caso do imazapyr com persistência no solo variando de 90 a 730 dias (Ars, 2001). Em geral, a maioria das plantas o imazapyr é translocado rapidamente através do xilema e do floema para meristemas onde se acumula (Duggleby et al., 2008).

O comportamento dos pesticidas no solo depende principalmente do processo de adsorção / dessorção, transformação e transporte (Martins et al 2014; Dechene et al., 2014) e pode mudar de acordo com as propriedades do solo, como pH, carbono orgânico e força iônica (Ramezani et al 2010).

O contato entre plantas não-alvo e herbicidas pode ocorrer através de deriva de pulverização fora do alvo, pulverização excessiva, entre outros (Marrs et al., 1989). A deriva é uma pequena porcentagem do volume total da solução de pulverização que podem atingir plantas não alvo e que pode ocorrer quando aplicadas fora das condições climáticas recomendadas, principalmente quanto houver muito vento. No entanto, foi provado que o desvio do alvo pode causar mortalidade e a supressão do crescimento de espécies de plantas sensíveis que estão nas comunidades naturais adjacentes aos campos de cultivo (Gove et al., 2007).

Diante desse contexto é de extrema importância o estudo do herbicida imazapyr para o controle de plantas daninhas de difícil controle e os possíveis efeitos de subdoses desse herbicida para plantas não alvo.

1.2. Revisão de Literatura

1.2.1 Cana-de-açúcar

A interferência exercida pelas plantas daninhas é um dos principais fatores limitantes da produtividade em cana-de-açúcar, pois essas espécies competem por água, luz, nutriente e espaço, causando perdas significativas tanto na produtividade da cultura quanto na redução da longevidade dos canaviais. Podem também dificultar operações de colheita sendo ainda hospedeiras de pragas e doenças (Negrisoli et al., 2004; Procópio et al., 2004). De acordo com Victoria Filho e Christoffoleti (2004), um dos problemas mais importantes da cultura da cana-de-açúcar é a interferência causada por ervas daninhas, que podem causar perdas de safra de 85%.

Embora existam diferentes métodos de controle de ervas daninhas disponíveis, os métodos químicos são os mais usados pelos produtores de cana-de-açúcar (Reis et al., 2019).

Plantas daninhas consideradas importantes nos canaviais, tais como: *Digitaria horizontalis*, *Brachiaria plantaginea*, *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* (Gravena et al., 2004), juntamente com espécies adaptadas ao sistema de cana-crua, como *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*, estão cada vez mais presentes nos canaviais (Martins et al., 1999).

Atualmente os canaviais estão sendo formados com mudas pré-brotadas. O plantio de cana-de-açúcar por mudas pré-brotadas (MPB) mostra diversas vantagens como a redução do volume de mudas necessárias ao plantio, safras de melhor qualidade e vigor, bem como a redução dos riscos de difusão de doenças e vetores de insetos. Além disso, acelera a introdução de novas cultivares na área (Landell et al., 2012).

Existem poucas informações de como os herbicidas se comportarão quando aplicados em área total antes ou logo após o plantio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

1.2.2 Imazapyr

O herbicida imazapyr pertence ao grupo imidazolinonas, uma classe de herbicidas que pode persistir no solo, com meias-vidas variando de 30 a 150 dias , podendo afetar as culturas subsequentes(Martins et al., 2014).

Imazapyr atua inibindo a síntese de acetolactato sintase (ALS), uma enzima essencial na síntese de leucina, lisina e isoleucina, cessando o crescimento das plantas entre 7 e 10 dias após a pulverização (de Oliveira Jr. et al., 2011), dificulta o desenvolvimento celular da planta, sendo os compostos facilmente transportados pelas raízes e caules (Ulbrich, et al 2005).

O herbicida imazapyr tem potencial de lixiviar para as águas subterrâneas devido a sua persistência e mobilidade em solos, alta solubilidade em água e volatilidade muito baixa. Além disso, a sorção de imazapyr em solos é baixa, podendo variar dependendo das propriedades dos solos (Mangels., 1991) A persistência depende das condições ambientais, tipo de solo, temperatura e umidade do solo. Sua meia vida no solo variam de 25 a 142 dias (Senseman , 2007).

Rahman et al. (1993) obtiveram resíduos de imazapyr que lixiviaram para profundidades de 1,5 a 3 metros, dependendo da taxa de aplicação. Além disso, diferentes estudos revelaram a presença de imazapyr em águas superficiais e subterrâneas (Bush et al 1995; Mulder e Schmidt, 2011). Portanto, a compreensão da retenção e degradação de imazapyr no solo resultará em melhores previsões de seu comportamento e risco potencial para águas subterrâneas. Na Argentina, o transporte de resíduos de imazapyr para safras subsequentes foram relatadas (Istilart, 2005 e Gianelli et al 2011). No entanto, poucas informações estão disponíveis sobre o comportamento de imazapyr no ambiente e no solo (Montoya et al 2010, Costa et al 2011).

1.2.3 Plantas daninhas

A planta daninha *Cynodon dactylon* (grama-seda) é uma espécie de hábito rasteiro que interfere na cana-de-açúcar especialmente pela competição por água e nutrientes. Mesmo sem grande competição por luz, a produtividade da cana-de-açúcar pode ser reduzida em até 32% em convivência com a grama-seda (Richard e Dalley, 2007). Esta planta daninha devido à elevada capacidade produtiva que se dá por rizomas e estolões é considerada de difícil controle tanto mecânico como químico (Santos et al., 2010).

A *Digitaria horizontalis* (capim colchão) é altamente agressiva como infestante e relatada como problema em 60 países, infestando mais de 30 culturas de importância econômica (Kissmann e Groth, 1997). No Brasil, constitui problema sério em muitas culturas de primavera e verão (Kissmann e Groth, 1997). Os herbicidas recomendados para o controle dessa espécie são ametrina, diuron, tebuthiuron, metribuzin, diuron + hexazinone, isoxaflutole, imazapyr e imazapic, aplicados principalmente em pré emergência (Lorenzi, 2008).

Digitaria insularis (capim-amargoso) é uma planta perene, herbácea, ereta, rizomatosa, nativa das regiões tropicais e subtropicais do Continente Americano (Kissmann e Groth, 1997). Propaga-se por sementes e através de curtos rizomas (Lorenzi, 2008). Vegeta com grande vigor, formando touceiras que florescem praticamente durante todo o verão, tem grande facilidade de rebrotamento (Gemelli et al., 2012). É uma das principais plantas daninhas de culturas anuais e perenes na América do Sul (Ovejero et al., 2017). Pertence à família Poaceae com metabolismo fotossintético C4, embora as mudas normalmente tenham uma lenta taxa de crescimento (Machado et al., 2006).

Eleusine indica (capim-pé-de-galinha) uma gramínea C4, é uma das piores ervas daninhas do mundo. Centro de origem na África e está amplamente espalhada por regiões tropicais, subtropicais e temperadas do mundo (Zhang et al 2015), é uma erva daninha problemática principalmente em gramados, em safras anuais e em pomares (Chen et al 2015). O uso de herbicidas como a abordagem primária de manejo de ervas daninhas resultou na resistência da *E. indica* a diferentes grupos de

herbicidas, como inibidores de acetohidroxiácido sintase (ALS), acetil-CoA carboxilase (ACCase), inibidores do fotossistema I e II (PSI e PSII), inibidor de microtúbulos, glutamina sintetase e inibidores de 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS) (Heap e Duke 2018). Propaga-se por sementes. É uma das plantas daninhas mais comuns em cultivos anuais e perenes. Possui um sistema radicular bastante desenvolvido, sendo uma das principais infestantes de solos compactados, em semeadura direta (Gemelli et al., 2012).

Ipomoea purpurea (corda-de-viola, corriola, campainha) planta anual, herbácea, muito ramificada. Sua origem é da América Tropical e Subtropical, ocorrendo em todo o território brasileiro. Foi levada para muitos locais como ornamental e depois se alastrou. O nome *purpurea* sugere plantas com flores de cor púrpura. De fato, essa cor é a que realmente ocorre, entretanto há flores violáceas, róseas, avermelhadas e brancas (Kissmann e Groth, 1997). Pode existir mais de uma cor de flor na mesma planta. As folhas são simples, lisas, com pecíolo desenvolvido, em formato de coração. O caule é cilíndrico, levemente estriado; as partes mais novas de coloração verde, com superfície pilosa. A raiz principal é pivotante. Propaga-se apenas por sementes. É uma das principais infestantes de lavouras anuais do País, principalmente de cereais colhidos mecanicamente (Lorenzi, 2008).

Panicum maximum (capim-colonião) planta perene, robusta, entouceirada, de colmos com cerosidade branca nos entrenós, originária da África (Lorenzi, 2008). Propaga-se por sementes e rizomas. É uma planta cultivada como forrageira. Foi introduzida como pastagem na época da escravidão. Há diversas variedades, de diferentes formas e portes. As unidades de dispersão são as cariopses envoltas pelas glumas, facilmente carregadas pelo vento. O florescimento ocorre durante longo período, bem como a maturação das cariopses. Os rizomas são curtos e robustos, dos quais se originam novos colmos (Kissmann & Groth, 1997). Escapa facilmente ao cultivo e passa a infestar beiras de estradas terrenos baldios e solos que antes foram pasto ou estão próximos a estes. Interfere muito com as culturas infestadas devido a sua grande capacidade competitiva (Gemelli et al., 2012).

Urochloa decumbens (capim-braquiária, braquiária.) planta perene, ereta ou decumbente, entouceirada, rizomatosa, originária da África do Sul (Lorenzi, 2008). Esta planta foi introduzida como forrageira, sendo utilizada até hoje com esse objetivo.

As plantas são bastante enfolhadas, o que contribui para o seu valor forrageiro. Entretanto, toda vez que uma área de pastagem é transformada em solo cultivado, torna-se um sério problema. Propaga-se por sementes e através de rizomas. As sementes podem ser viáveis por até oito anos no solo (Kissmann e Groth, 1997). Apresentam dormência inicial de suas sementes; com isso, a germinação é muito irregular. Os rizomas são de dois tipos: curtos, duros e nodosos; alongados, duros e do tipo estolonífero. As folhas podem ser macias ou rígidas e bastante pilosas e o sistema radicular é do tipo filamentoso (Gemelli et al., 2012)

1.2.4 Plantas não alvo

Mesmo que os herbicidas sejam usados na área agrícola para controle de plantas daninhas (plantas alvos) que competem pelos recursos com as plantas cultivadas, as concentrações letais e subletais de herbicidas podem atingir plantas não alvo, que são aquelas que estão perto da nossa cultura, mas não estão atrapalhando o seu desenvolvimento. Os herbicidas podem atingir essas plantas durante ou após a aplicação, produzindo efeitos diretos por meio de intoxicação (Boutin et al., 2014).

Exposição do herbicida através de doses subletais podem resultar em impactos negativos de longo prazo na estrutura da planta e na comunidade de plantas (Boutin et al., 2004, Londo et al., 2014).

O amendoim (*Arachis hypogaea*) originário da América do Sul, é uma leguminosa utilizada para alimentação humana e animal. É uma ótima opção na rotação de culturas com a cana-de-açúcar, pois aproveita muito bem o adubo residual (Gerin et al., 1996) e tem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico através da associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, acrescentando ao solo uma quantidade significativa do elemento (Perin et al., 2003).

Alface (*Lactuca sativa*) é um vegetal folhoso comum que é cultivado comercialmente e em hortas domésticas em todo o mundo (Matraszek et al., 2016). Alface é rica em vitaminas, fibras dietéticas, alimento com baixa caloriae fonte de carotenóides, o que é benéfico para a saúde humana (Matraszek et al., 2016). A alface

é valorizada por seu alto valor nutritivo e é frequentemente usada em saladas como legume fresco. Tem um alta capacidade de acúmulo de cadimo do solo sem mostrar visível sintomas de intoxicação de metal, o que representa um risco potencial para saúde humana (Cobb et al., 2000).

O arroz (*Oryza sativa*) é um cereal da família das Gramíneas, consumido mundialmente na África, Oriente Médio e América Latina, no qual o Brasil representa o terceiro maior produtor anual com mais de 12 milhões de toneladas (Sellapan et al., 2009). O consumo de arroz fornece uma importante fonte de compostos que nosso organismo não sintetiza, entre estes as vitaminas, minerais, fibras, compostos bioativos e ácidos graxos insaturados (Yu et al., 2016).

A abóbriha italiana (*Cucurbita pepo*), também conhecida como abóbriha de moita, possui crescimento ereto, hastes curtas e folhas mosqueadas. O sistema radicular é comprido e superficial com sua maior concentração na camada de 0-20 cm do solo. Os frutos da abóbriha italiana são alongados e cilíndricos, com a cor verde clara e estrias longitudinais mais escuras (Ribeiro, 2008).

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é cultivado em praticamente todos os estados brasileiros. De acordo com Vieira et al. (2008) essa leguminosa é considerada uma planta muito exigente em condições climáticas, tendo seu desenvolvimento e produção diretamente afetada pelas temperaturas e índices pluviométricos extremos. Guimarães (1992) relata que o feijoeiro é considerado uma planta sensível ao estresse hídrico, principalmente em virtude da baixa capacidade de recuperação após a deficiência hídrica e com sistema radicular pouco desenvolvido.

1.3 Referências

ARS. Pesticide properties database Capturado em 2001. Online. Disponível em: Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=14199>>.

Boutin, C., Elmegaard, N., Kjaer, C., 2004. Toxicity testing of fifteen non-crop plant species with six herbicides in a greenhouse experiment: implications for risk assessment. **Ecotoxicology** 13, 349–369.

Boutin, C., Strandberg, B., Carpenter, D., Mathiassen, S. K., & Thomas, P. J. (2014). Herbicide impact on non-target plant reproduction: What are the toxicological and ecological implications?. **Environmental Pollution**, 185, 295-306.

Bush, P. B., Berisford, Y. C., Taylor, J. W., Neary, D. G., & Miller, K. V. (1995). Operational monitoring of forest site preparation herbicides in the Coastal Plain: assessment of residues in perched water table. In: Southern Weed Science Society.

Chen, J., Huang, H., Zhang, C., Wei, S., Huang, Z., Chen, J., & Wang, X. (2015). Mutations and amplification of EPSPS gene confer resistance to glyphosate in goosegrass (*Eleusine indica*). **Planta**, 242(4), 859-868.

Christoffoleti, P. J., Lopez Ovejero, R. F., & Nicolai, M. (2004). Manejo de plantas daninhas. **Atualidades Agrícolas**, 10-14.

Christoffoleti, P. J., Brunharo, C. A. C. G.; Figueiredo, M. R. A. (2015) Sem controle das plantas invasoras, perdas na cultura do milho podem chegar a 87%. **Visão Agrícola**, 13, 98-101.

Cobb, G.P., Sands, K., Waters, M., et al., 2000. Accumulation of heavy metals by vegetables grown in mine wastes. **Environ. Toxicol. Chem.** 19 (3), 600–607.

Costa, J. L., Aparicio, V., Zelaya, M., Gianelli, V., & Bedmar, F. (2011). Transporte de Imazapir, Atrazina, s-Metolaclo e Acetoclor em el Perfil de un Suelo Argiudol del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. **Martínez Fernández. En, N. Sánchez Martín (Eds.), Estudios de la Zona no Saturada del Suelo**, 10, 157-161.

de Oliveira Jr, R. S., & Inoue, M. H. (2011). Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. **Biologia e manejo de plantas daninhas**, 243.

Dechene, A., Rosendahl, I., Laabs, V., & Amelung, W. (2014). Sorption of polar herbicides and herbicide metabolites by biochar-amended soil. **Chemosphere**, 109, 180-186.

Dias, J. L. C. D. S., Silva Junior, A. C. D., Queiroz, J. R. G., & Martins, D. (2017). Seletividade de herbicidas em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Arquivos do Instituto Biológico**, 84.

Duggleby, R. G., McCourt, J. A., & Guddat, L. W. (2008). Structure and mechanism of inhibition of plant acetohydroxyacid synthase. **Plant Physiology and Biochemistry**, 46(3), 309-324.

Gemelli, A., Oliveira Jr., R.S., Constantin, J., Braz, G.B.P., Jumes, T.M., Oliveira Neto, A.M., Dan, H.A., Biffe, D.F., 2012. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas** 11, 231–240.

Gerin, M. A. N., Feitosa, C. T., Rodrigues Filho, F. S. O., Pereira, J. C. V. N. A., Nogueira, S. S. S., & Igue, T. (1996). Adubação do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em área de reforma de canavial. **Scientia Agricola**, 53(1), 84-87.

Gianelli, V., Bedmar, F., & Monterubbianesi, M. G. (2011). Persistencia del herbicida Imazapir en el suelo y efectos fitotóxicos sobre cultivos de invierno y de verano. **RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias**, 37(1), 18-25.

Gove, B., Power, S. A., Buckley, G. P., & Ghazoul, J. (2007). Effects of herbicide spray drift and fertilizer overspread on selected species of woodland ground flora: comparison between short-term and long-term impact assessments and field surveys. **Journal of Applied Ecology**, 44(2), 374-384.

Gravena, R., Rodrigues, J. P. R. G., Spindola, W., Pitelli, R. A., & Alves, P. L. C. A. (2004). Controle de plantas daninhas através da palha de cana-de-açúcar associada à mistura dos herbicidas trifloxysulfuron sodium+ ametrina. **Planta Daninha**, 22(3), 419-427.

Guimarães, C. M. (1992). Características morfo-fisiológicas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) relacionadas com a resistência a seca.

Heap, I., & Duke, S. O. (2018). Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. **Pest Management Science**, 74(5), 1040-1049.

Istilar, C. M. (2005). Residualidad de imidazolinonas sobre cereales de invierno. In Actas Tercer Congreso Argentino de Girasol, ASAGIR. Buenos Aires, Argentina: INTA. Kissmann, K. G., & Groth, D. (1997). Plantas infestantes e nocivas—tomo 1.

Landell, M. D. A., Campana, M. P., Figueiredo, P., Xavier, M. A., Anjos, I. D., Dinardo-Miranda, L. L., ... & Mendonça, J. D. (2012). Sistema de multiplicação de cana-de-

açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. **Ribeirão Preto: Instituto Agronômico de Campinas, 17.**

Londo, J.P., McKinney, J., Schwartz, M., Bollman, M., Sagers, C., Watrud, L., (2014). Sublethal glyphosate exposure alters flowering phenology and causes transient male sterility in *Brassica spp.* **BMC Pl. Biol.** 14, 70.

Lorenzi, H. (2008). Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas.

Machado, A. F. L., Ferreira, L. R., Ferreira, F. A., Fialho, C. M. T., Tuffi Santos, L. D., & Machado, M. S. (2006). Análise de crescimento de *Digitaria insularis*.

Mangels G. (1991). Behaviour of the imidazolinone herbicides in soil—A review of the literature. In Shaner DL, O'Conner SL, eds, The Imidazolinone Herbicides. CRC Press, **Boca Raton, FL, USA**, pp 191–209.

Marrs, R. H., Williams, C. T., Frost, A. J., & Plant, R. A. (1989). Assessment of the effects of herbicide spray drift on a range of plant species of conservation interest. **Environmental Pollution**, 59(1), 71-86.

Martins, D., Velini, E. D., Martins, C. C., & Souza, L. S. D. (1999). Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, 151-161.

Martins, G. L., Friggi, C. A., Prestes, O. D., Vicari, M. C., Friggi, D. A., Adaime, M. B., & Zanella, R. (2014). Simultaneous LC–MS/MS determination of imidazolinone herbicides together with other multiclass pesticide residues in soil. **Clean–Soil, Air, Water**, 42(10), 1441-1449.

Matraszek, R., Hawrylak-Nowak, B., Chwil, S., & Chwil, M. (2016). Macroelemental composition of cadmium stressed lettuce plants grown under conditions of intensive sulphur nutrition. **Journal of environmental management**, 180, 24-34.

Montoya, J. C., Porfiri, C., & Zelaya, M. J. (2010). Estimación de la adsorción de imazapir y atrazina al suelo y cálculo del Índice GUS. In **Congreso Argentino de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental**. 3. 2010 05 12-14, 12 al 14 de mayo de 2010. Santa Fe. AR.

Mulder, R., & Schmidt, C. H. (2011). Groundwater, surface water, and sediment monitoring for pesticides and nitrate in Billings, Montana. **Montana Department of Agriculture, Helena, USA.**

Negrisoni, E., Velini, E. D., Tofoli, G. R., Cavenaghi, A. L., Martins, D., Morelli, J. L., & Costa, A. G. F. (2004). Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, 567-575.

Ovejero, R. F. L., Takano, H. K., Nicolai, M., Ferreira, A., Melo, M. S., Cavenaghi, A. L., ... & Oliveira, R. S. (2017). Frequency and dispersal of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*) populations across Brazilian agricultural production areas. **Weed Science**, 65(2), 285-294.

Perin, A., Guerra, J. G. M., & Teixeira, M. G. (2003). Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38(7), 791-796.

Procópio, S. D. O. (2004). **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Universidade Federal de Viçosa.

Rahman, A., James, T. K., & Sanders, P. (1993). Leaching and movement of imazapyr in different soil types. In **Proceedings of the New Zealand Plant Protection Conference** (Vol. 46, pp. 115-119).

Ramezani, M. K., Oliver, D. P., Kookana, R. S., Lao, W., Gill, G., & Preston, C. (2010). Faster degradation of herbicidally-active enantiomer of imidazolinones in soils. **Chemosphere**, 79(11), 1040-1045.

Reis, F. C., Victoria Filho, R., Andrade, M. T., & Barroso, A. A. M. (2019). Use of Herbicides in Sugarcane in the São Paulo State. **Planta Daninha**, 37.

Ribeiro, D. D. S. (2008). Parâmetros agrometeorológicos de ambiente protegido com o cultivo de abóbora italiana sob adubação orgânica.

Richard, E. P., & Dalley, C. D. (2007). Sugarcane response to bermudagrass interference. **Weed Technology**, 21(4), 941-946.

Santos, M. V., Freitas, F. C. L., Ferreira, F. A., Carvalho, A. J., Braz, T. G. S., Cavali, J., & Rodrigues, O. L. (2010). Tolerância do Tifton 85 ao glyphosate em diferentes épocas de aplicação. **Planta Daninha**, 28(1), 131-137.

Senseman, S. A. (2007). **Herbicide handbook** (No. 632.954 W394h9). Lawrence, US: Weed Science Society of America.

Sellapan, K.; Datta, K.; Parkhi, V.; Datta, S. K. (2009). Rice caryopsis structure in relation to distribution of micronutrients (iron, zinc, β -carotene) of rice cultivars including transgenic indica rice. **Plant Science**, 177, 557-562.

Ulbrich, A. V., Souza, J. R. P., & Shaner, D. (2005). Persistence and carryover effect of imazapic and imazapyr in Brazilian cropping systems. **Weed Technology**, 19(4), 986-991.

Victoria Filho, R., & Christoffoleti, P. J. (2004). Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, 1(1), 32-37.

Vieira, C.; Paula Júnior, T. J.; Borém, (2006). **A. Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. 2.ed. Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa, p. 600.

Yu, L., Li, G., Li, M., Xu, F., Beta, T., & Bao, J. (2016). Genotypic variation in phenolic acids, vitamin E and fatty acids in whole grain rice. **Food chemistry**, 197, 776-782.

Zhang, C., Li, F. E. N. G., HE, T. T., Yang, C. H., CHEN, G. Q., & TIAN, X. S. (2015). Investigating the mechanisms of glyphosate resistance in goosegrass (*Eleusine indica*) population from South China. **Journal of Integrative Agriculture**, 14(5), 909-918.

CAPÍTULO 2 – EFICÁCIA DE IMAZAPYR APLICADO EM PRÉ E PÓS EMERGÊNCIA NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

RESUMO: As plantas daninhas competem com as culturas por recursos causando perdas na produtividade dos cultivos. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de imazapyr em aplicação pré e pós emergência das plantas daninhas: *Cynodon dactylon*, *Digitaria horizontalis*, *Digitaria insularis*, *Eleusine indica*, *Ipomoea purpurea*, *Panicum maximum* e *Urochloa decumbens*. As doses testadas foram: 66,5; 133,1; 266,3; 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ mantendo-se testemunha e dez repetições em delineamento inteiramente casualizados. As espécies foram semeadas a lanço em vasos (10x14,5), preenchidos com mistura de solo e substrato orgânico (1:1, v/v). A aplicação em pré-emergência ocorreu 3 dias após a semeadura e a aplicação em pós-emergência quando as plantas apresentaram de 2 a 3 perfilhos. As avaliações foram realizadas em 3, 7, 15, 21, 30, 45 e 60 dias após a aplicação. O herbicida aplicado em pré emergência das plantas daninhas é mais eficaz, pois para todas as plantas ele apresentou controle excelente e em pós emergência em 45 DAA a partir da dose 266,5 g i.a ha⁻¹ apresentou controle excelente para as plantas *C. dactylon*, *D. horizontalis*, *D. insularis* e *P. maximum* e em 60 DAA a partir da dose 399,5 g i.a ha⁻¹ apresentou controle excelente para *U. decumbens*. Conclui-se que o imazapyr aplicado em pré emergência é mais eficaz para o controle de *C. dactylon*, *D. horizontalis*, *D. insularis*, *E. indica*, *I. purpurea*, *P. maximum* e *U. decumbens*.

PALAVRAS-CHAVES: herbicidas, inibidor de ALS, manejo,

2.1 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas devem ser controladas devido à sua capacidade de competir por recursos com as culturas o que causa perdas de rendimento (Gharde et al., 2018). No entanto, a perda de rendimento não é causada por uma única espécie de planta daninha, mas por um grupo de espécies com habilidades competitivas variadas (Milberg e Hallgren, 2004). Entre todas as espécies de plantas, aproximadamente 8000 espécies são consideradas plantas daninhas (Parker, 2012).

O uso de herbicidas tem sido a principal ferramenta para controle de plantas daninhas desde o final da década de 1960 (Duke et al., 2012). Os herbicidas da classe imidazolinona podem persistir no solo, com meias-vidas variando de 30 a 150 dias, podendo afetar culturas subsequentes (Martins et al., 2014). Estes inibem enzimas essenciais para as plantas e são caracterizados por doses de aplicação relativamente baixas (Ramezani et al., 2010). O uso desses compostos está relacionada ao controle de plantas daninhas em várias culturas e exibem excelente atividade quando aplicados em pré ou pós-emergência (D'Ascenzo et al., 1998) das plantas daninhas. Um exemplo de herbicida desse grupo é o imazapyr, que diferente de outros herbicidas de contato têm demonstrado ser absorvido pelas raízes, folhas e caules (Senseman, 2007). O imazapyr atua inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), ALS tornou-se a enzima alvo de vários herbicidas desde 1980 (Sathasivan et al., 1991).

O imazapyr mostrou eficácia para as plantas daninhas *Brachiaria subquadrifera* (Costa et al., 2011), *Cynodon flavus* e *C. rotundos* (de Goes Maciel et al., 2013) e para *Cynodon dactylon* (Huripurshad et al., 2018). Com isso a eficácia do imazapyr é fundamental para o manejo de plantas daninhas de difícil controle, aplicado em pré ou pós emergência, para garantir o total controle dessas plantas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia do imazapyr aplicado em pré e pós emergência das plantas daninhas *Cynodon dactylon* (grama bermuda); *Digitaria horizontalis* (capim-colchão), *Digitaria insularis* (capim-amargoso), *Eleusine indica*

(capim-pé-de-galinha), *Ipomoea purpurea*, (corda-de-viola), *Panicum maximum* (capim-colonião) e *Urochloa decumbens* (braquiária).

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em casa de vegetação localizada a latitude sul 20°33'26" e longitude oeste 48°34'04", com altitude de 530 metros. O herbicida utilizado foi o imazapyr com 266.3 g i.a L⁻¹ na formulação (Contain®, Basf, Brasil).

As sementes das plantas daninhas *C. dactylon*; *D. horizontalis*, *D. insularis*, *E. indica*, *I. purpurea*, *P. maximum* e *U. decumbens* foram adquiridas da empresa Agrocósmos sementes®.

2.2.1 Eficácia de imazapyr em pré e pós-emergência das plantas daninhas

As espécies foram semeadas a lanço em vasos de 10x14,5 cm preenchidos com mistura de solo e substrato orgânico (1:1, v/v). A aplicação em pré-emergência ocorreu 3 dias após a semeadura e a aplicação em pós-emergência ocorreu quando as plantas estavam 2 a 3 perfilhos (fase vegetativa com 15-20 cm). As avaliações foram realizadas em 3, 7, 15, 21, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA) (Figura 1).

A aplicação do herbicida foi realizada com pulverizador costal pressurizado (CO₂) à pressão constante de 172,36 KPa, equipado de barra com pontas de jato plano leque DG 11002 (Teejet®), espaçadas 50 cm, com volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹ (Figura 1). As doses testadas foram: 0,25; 0,50; 1,0; 1,5 2,0 e 2,5 L ha⁻¹ equivalentes a 66,5; 133,1; 266,3; 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a L⁻¹, mantendo-se uma testemunha sem aplicação. Utilizou-se de delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições.

Os experimentos foram conduzidos por 60 dias e as avaliações foram realizadas em 3; 7; 15; 21; 30; 45 e 60 dias após a aplicação (DAA) pela escala de notas da SBCPDC (1995) e pela Alam (1974). Com 60 DAA foi realizado a quantificação da massa fresca em balança semianalítica (Figura 1) e em seguida as

plantas foram submetidas a secagem em temperatura ambiente para obtenção e quantificação da massa seca

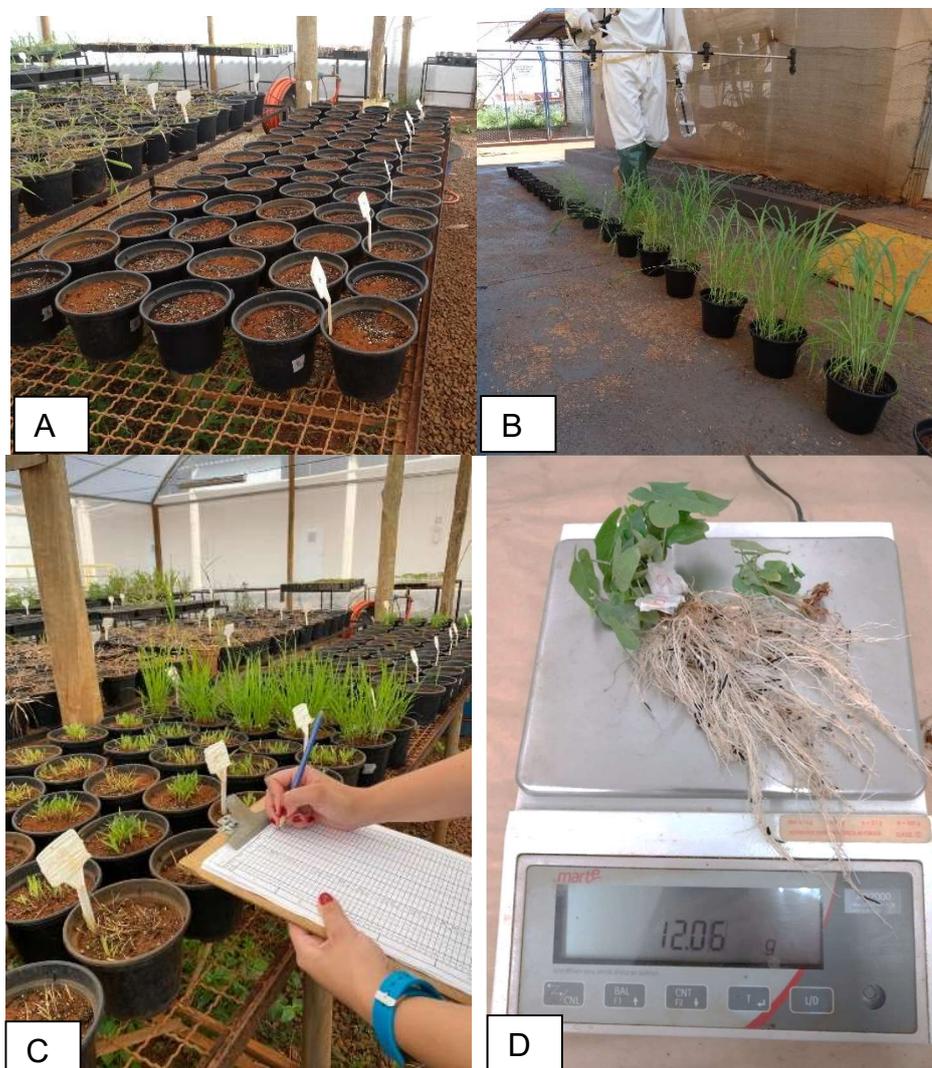


Figura 1. (A) Vasos semeados com planta daninha. (B) Aplicação em pré e pós emergência das plantas daninhas. (C) Avaliação do experimento com aplicação em pré emergência da planta daninha. (D) Pesagem do material fresco no final do experimento.

Os dados de massa fresca e massa seca (condição pré e pós), porcentagem de inibição do *P. maximum* (condição pré) e os dados de eficácia de *D. insularis*, *E. indica*, *I. purpurea*, *P. maximum* e *U. decumbens* (condição pós) foram transformados em $\sqrt{x + 10}$. Posteriormente, utilizamos o software Agroestat (Barbosa e Maldonado., 2015) para submeter os dados à análise de variância (ANOVA) e comparar as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Eficácia de *Cynodon dactylon*

O controle de *C. dactylon* com a aplicação de imazapyr, em pós-emergência foi dependente da concentração da dose utilizada. A partir da dose 266,3 g i.a ha⁻¹ apresentou um excelente controle de *C. dactylon* a partir de 45 DAA, aplicado em pós emergência das plantas (Tabela 1).

Tabela 1. Eficácia (%) do imazapyr aplicado em pós emergência de *C. dactylon*.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após a aplicação (DAA)						
	3	7	15	21	30	45	60
66,5	0,00 d	2,20 f	4,20 e	5,20 f	40,20 f	50,20 f	63,70 c
133,1	5,20 c	6,20 e	7,20 d	10,20 e	50,20 e	61,20 e	73,00 b
266,3	5,20 c	10,20 d	15,20 c	41,20 d	85,20 d	91,20 d	96,60 a
399,4	7,20 b	15,20 c	25,20 b	45,20 c	87,20 c	93,20 c	97,80 a
532,5	10,2a	20,20 b	30,20 a	50,20 b	91,20 b	95,20 b	99,60 a
665,7	10,2a	25,20 a	30,20 a	61,20 a	93,20 a	97,20 a	99,80 a
DMS (5%)	0,51	0,55	0,68	0,56	0,56	0,56	6,04
CV	6,08	3,19	2,76	1,18	0,57	0,52	5,17
F	990,00**	4230,00**	4996,00**	28815,00**	30052,50**	23139,38**	120,42**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Em 3 e 15 dias após aplicação (DAA) as doses 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente. Em 7; 21; 30 e 45 DAA todas as doses diferiram estatisticamente e aos 60 DAA as doses 266,3; 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram significativamente, com controle de 96,80; 97,60; 99,60 e 99,80%, respectivamente (Figura 2).

Foi possível observar visualmente que as plantas apresentaram em 3 DAA clorose inicial nas pontas das folhas, em 7 DAA os entre nós começaram apresentar clorose e em 15 DAA foi possível verificar a paralisação no desenvolvimento das plântulas.

Os pesquisadores de Goes Maciel et al. (2013) obtiveram resultados similares com o imazapyr a 0,8 L ha⁻¹ que aos 49 DAA apresentou 100% de *C. dactylon* e neste estudo a dose de 266,3 g i.a ha⁻¹ (que correspondem a 1,0 L ha⁻¹) de imazapyr apresentou 91,20% em 45 DAA.

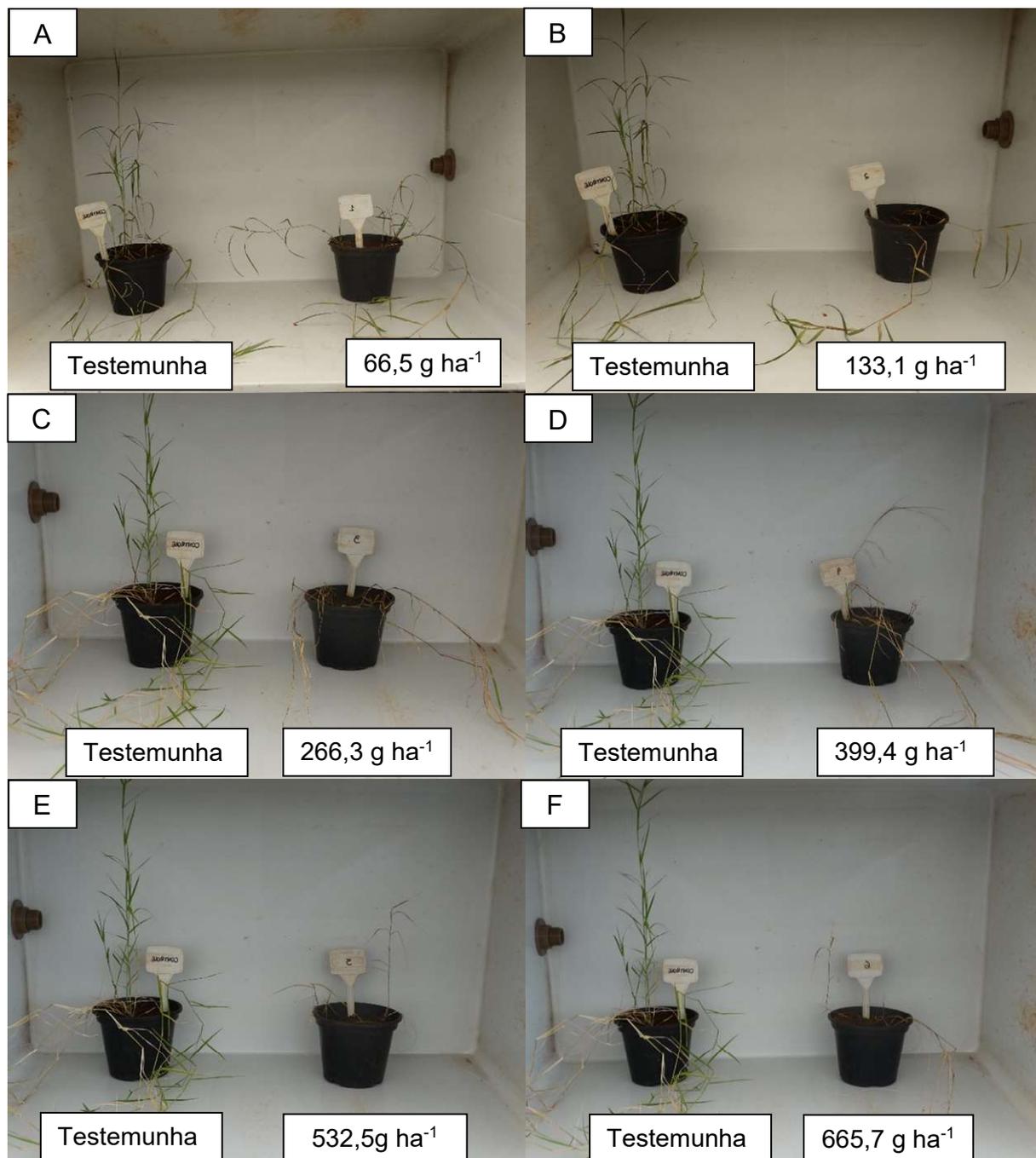


Figura 2. Plantas de *C. dactylon* com aplicação de imazapyr em pós emergência em 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

O imazapyr em 45 DAA na dose 66,5 g i.a ha⁻¹ causou 50,20% de controle e com a dose 665,7 g i.a ha⁻¹ causou 97,20% de controle da *C. dactylon*. Para Silva et al., (2019) essa mesma espécie quando exposta ao saflufenacil (98,0 g ha⁻¹) e ao clomazone (700,0 g i.a ha⁻¹) obtiveram 50% e 100% de eficácia em 45 DAA. Esses mesmos autores apresentaram resultados em 45 DAA com o indaziflam (75,0 g ha⁻¹)

no qual não apresentou o controle para *C. dactylon*, com o herbicida tebuthiuron (800,0 g ha⁻¹) a eficácia foi de 98,75% e o metribuzin (1680,0 g ha⁻¹) apresentou eficácia de 95% para *C. dactylon*.

Para massa fresca da *C. dactylon* as doses 266,3; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram significativamente e a massa seca a testemunha diferiu das doses testadas. O herbicida imazapyr na dose 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ reduziu 99,63 e 99,43% e para massa seca 99,14 e 98,79% (Tabela 2).

O imazapyr (0,8 L ha⁻¹) apresentou redução de 71,5% da massa seca de *C. dactylon* (de Goes Maciel et al., 2013), enquanto neste estudo a dose 266,3 g i.a ha⁻¹ (correspondente a 1,0 L ha⁻¹) de imazapyr reduziu 97,68% da massa seca.

Tabela 2. Massa fresca e massa seca (g) de *C. dactylon* com imazapyr em pós emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Redução de massa fresca (%)	Massa seca (g)	Redução de massa seca (%)
0,0	26,16 a	0,00	9,91 a	0,00
66,5	3,68 b	85,93	1,51 b	84,76
133,1	1,40 bc	94,66	0,95 b	90,42
266,3	0,36 c	98,61	0,23 b	97,68
399,4	0,78 bc	97,02	0,54 b	94,55
532,5	0,10 c	99,63	0,08 b	99,14
665,7	0,15 c	99,43	0,12 b	98,79
DMS (5%)	0,42		0,28	
CV	8,28		6,14	
F	110,67**		46,89**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

O imazapyr aplicado em pré emergência de *C. dactylon* foi capaz de inibir a emergência, variando de 80 a 100% durante o experimento (Figura 3).

Em 7, 45 e 60 DAA as doses não diferiram estatisticamente. Aos 15 DAA as doses 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente. Em 21 DAA as doses 532,5 e 133,1 g i.a ha⁻¹ diferiram significativamente e em 30 DAA a dose 133,1 g i.a ha⁻¹ diferiu significativamente das demais doses (Tabela 3).

A partir da dose 266,3 g i.a ha⁻¹ o imazapyr inibiu a emergência de 93 a 100% para todos os dias de avaliação. Em 7 DAA as plantas apresentaram paralisação no desenvolvimento e em 30 DAA necrose em todas as doses testadas.

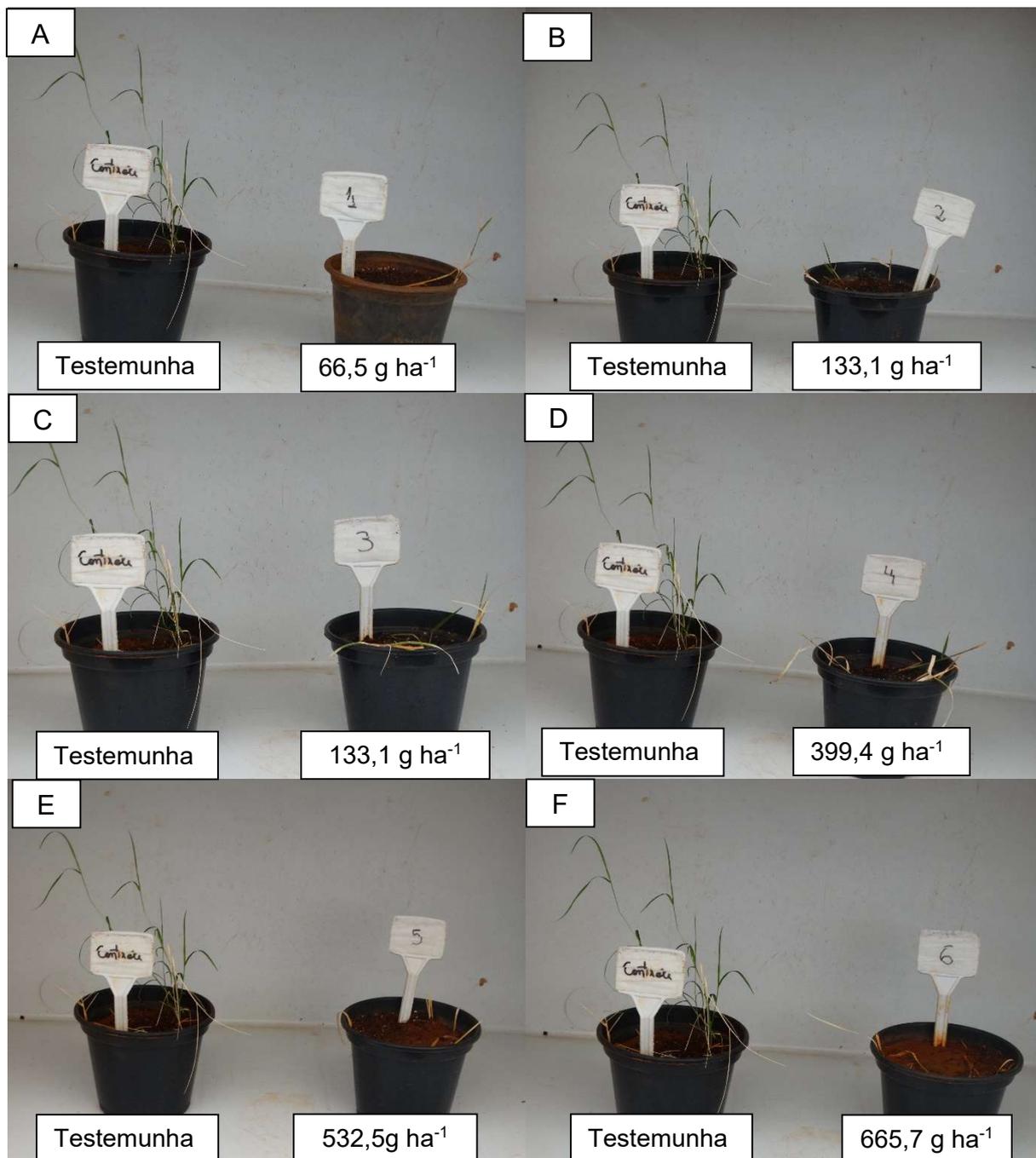


Figura 3. Plantas de *C. dactylon* com aplicação de imazapyr em pré emergência em 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

Tabela 3. Porcentagem de inibição da emergência de *C. dactylon* com imazapyr em pré-emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após a aplicação					
	7	15	21	30	45	60
66,5	94,00 a	91,20 ab	88,00 ab	97,50 a	89,50 a	97,50 a
133,1	94,10 a	80,00 b	87,00 b	91,00 b	94,50 a	94,50 a
266,3	98,00 a	93,80 ab	93,00 ab	97,50 a	97,50 a	97,50 a
399,4	99,00 a	96,00 ab	94,50 ab	97,50 a	100,00 a	97,50 a
532,5	100,0 a	98,30 a	97,70 a	99,00 a	99,00 a	99,0 a
665,7	99,50	99,10 a	96,50 ab	97,50 a	99,00 a	99,0 a
DMS (5%)	6,09	17,46	10,27	6,31	15,56	4,55
CV	4,73	14,19	8,37	4,97	12,19	3,53
F	3,44**	2,87**	3,22*	3,54**	1,14 ^{NS}	2,28 ^{NS}

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade, *Significativo a 1%, ^{NS}=Não significativo.

Para massa fresca da *C. dactylon* as doses 266,3; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente e para massa seca o controle e a dose 399,4 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente. O imazapyr na dose 665,7 g i.a ha⁻¹ o apresentou 96,60% da massa fresca e 93,41% da massa seca (Tabela 4).

Tabela 4. Massa fresca e massa seca (g) de *C. dactylon*, com imazapyr em pré emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Controle de massa fresca (%)	Massa seca (g)	Controle massa seca (%)
0,0	2,53 a	0,00	0,93 a	0,00
66,5	0,31 ab	87,76	0,18 b	80,32
133,1	1,49 ab	41,18	0,26 b	71,35
266,3	0,30 b	88,16	0,21 b	77,08
399,4	0,45 ab	81,12	0,37 ab	60,0
532,5	0,10 b	96,13	0,08 b	91,24
665,7	0,09 b	96,60	0,06 b	93,41
DMS (5%)	0,31		0,09	
CV	6,93		2,06	
F	3,17**		4,63**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

2.3.2 Eficácia de *Digitaria horizontalis*

O imazapyr a partir da dose 266,3 g i.a ha⁻¹ apresentaram um excelente controle de *D. horizontalis* a partir de 45 DAA, aplicado em pós emergência das plantas, a eficácia aumentou com o aumento das doses e com os dias de avaliação (Figura 4).

Tabela 5. Eficácia (%) do imazapyr aplicado em pós emergência da *D. horizontalis*.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)					
	7	15	21	30	45	60
66,5	6,00 f	44,00 f	49,00 f	55,00 c	62,00 c	71,50 b
133,1	13,50 e	61,00 e	65,00 e	73,00 b	85,00 b	95,00 a
266,3	18,50 d	65,00 d	70,00 d	87,00 a	98,50 a	100,00 a
399,4	22,50 c	70,00 c	75,00 c	88,00 a	99,00 a	100,00 a
532,5	29,50 b	75,00 b	80,00 b	88,00 a	98,50 a	100,00 a
665,7	35,00 a	80,00 a	85,00 a	90,00 a	100,00 a	100,00 a
DMS (5%)	2,73	1,14	1,14	5,66	5,70	8,72
CV	9,91	1,31	1,22	5,34	4,77	6,99
F	261,94**	2167,65**	2196,00**	103,73**	121,76**	29,85**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Em 7, 15 e 21 DAA todas as doses diferiram significativamente entre si. Em 30 e 45 DAA as doses 266,3; 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não apresentaram diferença significativa e em 60 DAA a dose 66,5 g i.a ha⁻¹ apresentou 71,5% e diferiu das demais doses testadas (Tabela 5).

Foi possível observar visualmente que as plantas apresentaram a partir dos 15 DAA as folhas das plantas começaram a ficar roxas e paralisou desenvolvimento das plântulas

O imazapyr em 66,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ apresentaram 62 e 100% respectivamente de eficácia para *D. horizontalis* em 45 DAA. No entanto a espécie *Chloris polydactyla* expostas ao indaziflam (75,0 g ha⁻¹), saflufenacil (98,0 g ha⁻¹), clomazone (700,0 g ha⁻¹), tebuthiuron (800,0 g ha⁻¹) e metribuzim (1680,0 g ha⁻¹) apresentaram 80% e os demais 100% respectivamente de eficácia (Silva et al., 2019).

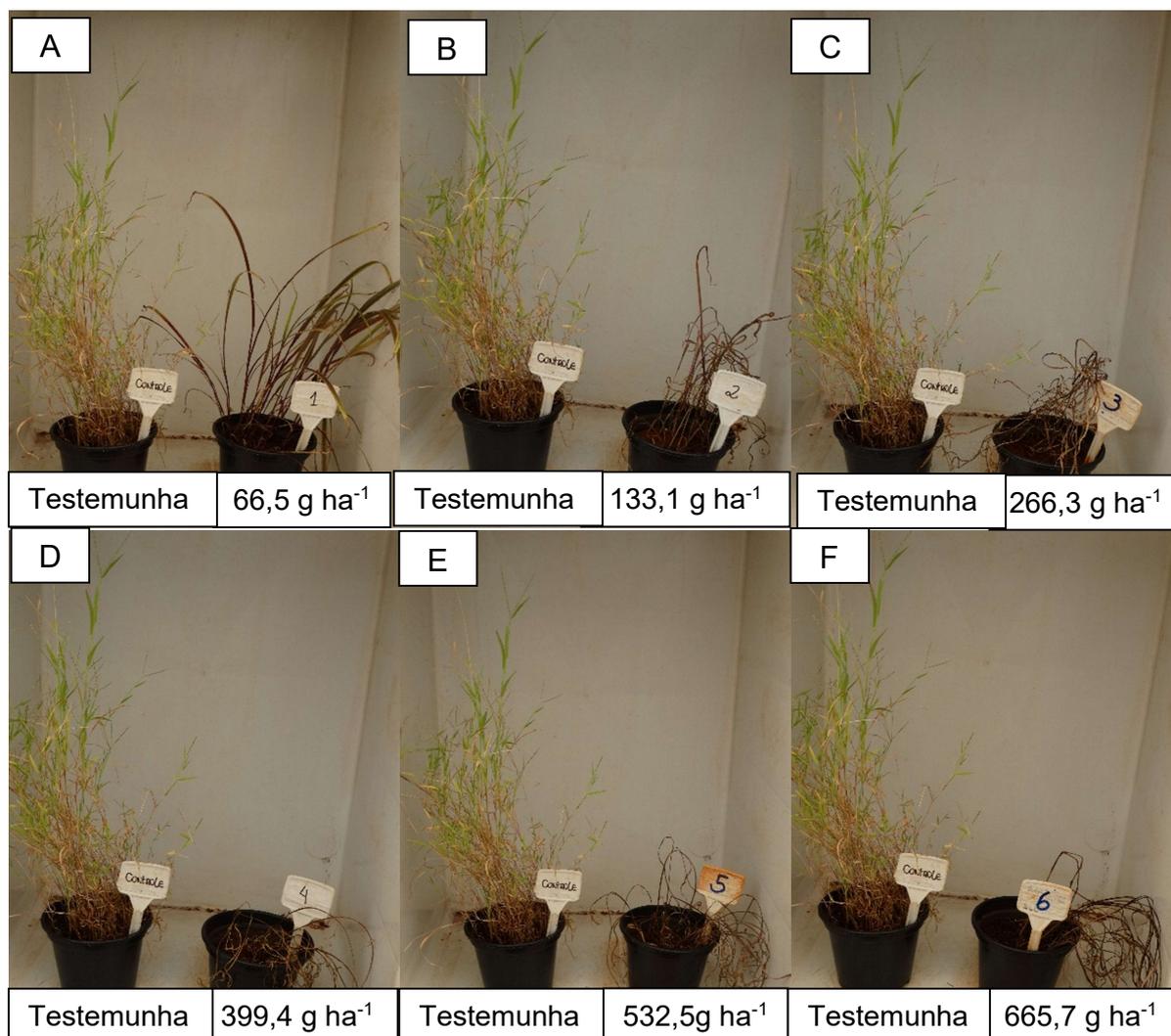


Figura 4. Plantas de *D. horizontalis* com aplicação de herbicida imazapyr em pós emergência com 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

Para massa fresca e massa seca da *D. horizontalis* a testemunha e a dose 66,5 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente entre si e diferiram das demais doses. A partir da dose 266,3 g i.a ha⁻¹ a massa fresca e massa seca apresentaram uma redução de 100,0% (Tabela 6). Wang et al., (2019) utilizando o herbicida QYC101 observaram que o herbicida com 30 g i.a ha⁻¹ apresentou 82,0% de redução da massa seca para *Digitaria sanguinalis*.

Tabela 6. Massa fresca e massa seca (g) da *D. horizontalis* com imazapyr em pós emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Redução de massa fresca (%)	Massa seca (g)	Redução de massa seca (%)
0,0	60,00 a	0,0	18,76 a	0,0
66,5	43,00 a	28,33	13,82 a	26,33
133,1	7,00 b	88,33	2,39 b	88,78
266,3	0,00 b	100,0	0,00 b	100,0
399,4	0,00 b	100,0	0,00 b	100,0
532,5	0,00 b	100,0	0,00 b	100,0
665,7	0,00 b	100,0	0,00 b	100,0
DMS (5%)	1,80		0,75	
CV	29,21		14,75	
F	25,13**		26,70**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

O imazapyr aplicado em pré emergência de *D. horizontalis* foi capaz de inibir da emergência, variando de 63 a 100% durante o experimento (Figura 5).

Tabela 7. Porcentagem de inibição da emergência da *D. horizontalis* com imazapyr em pré emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)						
	3	7	15	21	30	45	60
66,5	95,70 b	92,30 b	86,0 b	75,0 b	74,50 b	73,50 b	63,50 c
133,1	100,0 a	97,40 a	97,8 a	95,8 a	92,30 a	91,80 a	85,50 a
266,3	100,0 a	99,60 a	98,2 a	96,0 a	98,80 a	98,80 a	97,50 a
399,4	99,6 a	99,50 a	98,0 a	96,0 a	97,90 a	99,0	98,50 a
532,5	99,6 a	99,60 a	98,2 a	96,0 a	98,40 a	98,40 a	99,50 a
665,7	99,9 a	100,0 a	98,9 a	96,8 a	97,50 a	97,40 a	99,00 a
DMS (5%)	2,22	4,07	6,18	9,68	9,55	9,39	9,35
CV	1,69	3,14	4,87	7,91	7,75	7,63	7,81
F	10,18**	9,29**	11,42**	13,86**	17,20**	19,79**	40,77

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Em 3, 7, 15, 21, 30 e 45 DAA a dose 66,5 g i.a ha⁻¹ diferiu estatisticamente das demais doses testadas e em 60 DAA as doses 66,5 e 133,1 g i.a ha⁻¹ diferiram significativamente entre si (Tabela 7). A partir da dose 266,3 g i.a ha⁻¹ o imazapyr inibiu de 96 a 100% da emergência da *D. horizontalis* durante os o experimento.

Foi possível observar visualmente que as plantas apresentaram em 3 DAA paralisação no desenvolvimento das plântulas e em 30 DAA necroses.

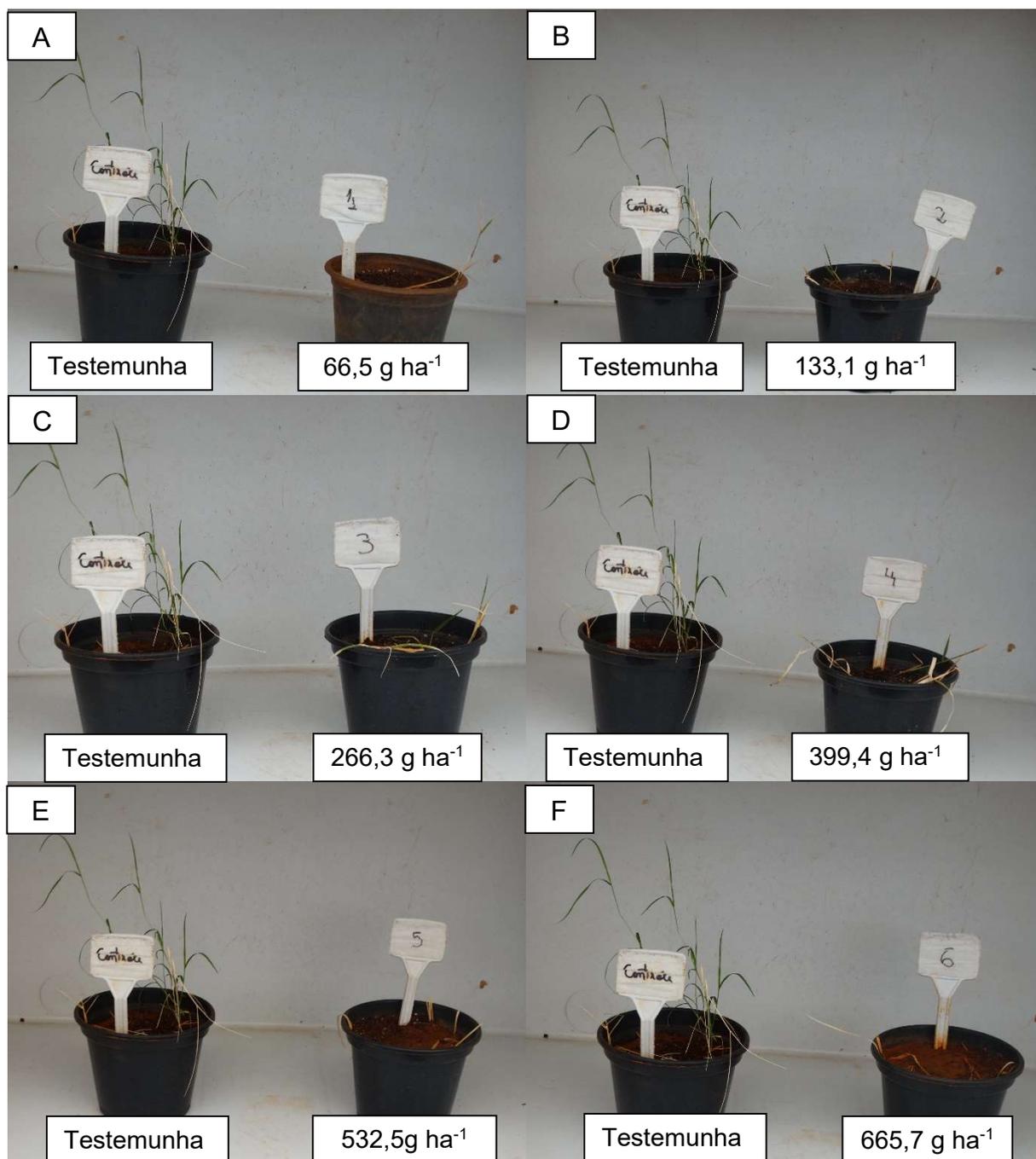


Figura 5. Plantas de *D. horizontalis* com aplicação de imazapyr em pré emergência em 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

Para a massa fresca da *D. horizontalis* as doses 133,1; 266,3; 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ em pré-emergência não apresentaram diferença significativa e para massa seca o controle diferiu estatisticamente de todas as doses testadas. As doses 266,3; 399,4 e 532,5 g i.a ha⁻¹ apresentaram melhor controle de massa fresca e massa seca apresentando em média 99,87% de redução (Tabela 8).

Tabela 8. Massa fresca e massa seca (g) para *D. horizontalis* com imazapyr em pré emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Controle da massa fresca (%)	Massa seca (g)	Controle da massa seca (%)
0,0	112,50 a	0,00	32,63 a	0,00
66,5	21,84 b	80,59	5,52 b	83,09
133,1	4,48 c	96,02	1,31 bc	96,00
266,3	0,13 c	99,80	0,07 c	99,77
399,4	0,06 c	99,95	0,04 c	99,88
532,5	0,05 c	99,96	0,04 c	99,87
665,7	5,01 c	95,55	1,53 bc	95,35
DMS (5%)	1,48		0,64	
CV	23,00		12,35	
F	69,07**		66,90**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

2.3.3 Eficácia de *Digitaria insularis*

Para a *D. insularis* as doses de imazapyr 399,4 e 665,7 g i.a ha⁻¹ apresentou controle excelente a partir de 30 DAA e nas doses 266,3 e 532,5 a partir de 45 DAA apresentaram controle excelente (Figura 6).

Aos 3 DAA as doses 399,4 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram e foram similares estatisticamente a dose 532,5 g i.a ha⁻¹. Em 7 e 15 DAA as doses 399,4 e 665,7 g i.a ha⁻¹ foram similares. Em 21 e 30 DAA a dose 399,4 g i.a ha⁻¹ foi similar estatisticamente as doses 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹. Em 45 e 60 DAA a menor dose (66,5 g i.a L ha⁻¹) diferiu das demais doses (Tabela 9).

Foi possível observar visualmente que as plantas apresentaram em 7 DAA paralisação do desenvolvimento das plântulas e em 21 DAA clorose. A partir de 30 DAA as plantas expostas a partir da dose 266,3 g i.a ha⁻¹ começaram apresentar pigmentação vermelha e roxa e em 45 DAA apresentou necroses a partir da dose 399,4 g i.a ha⁻¹.

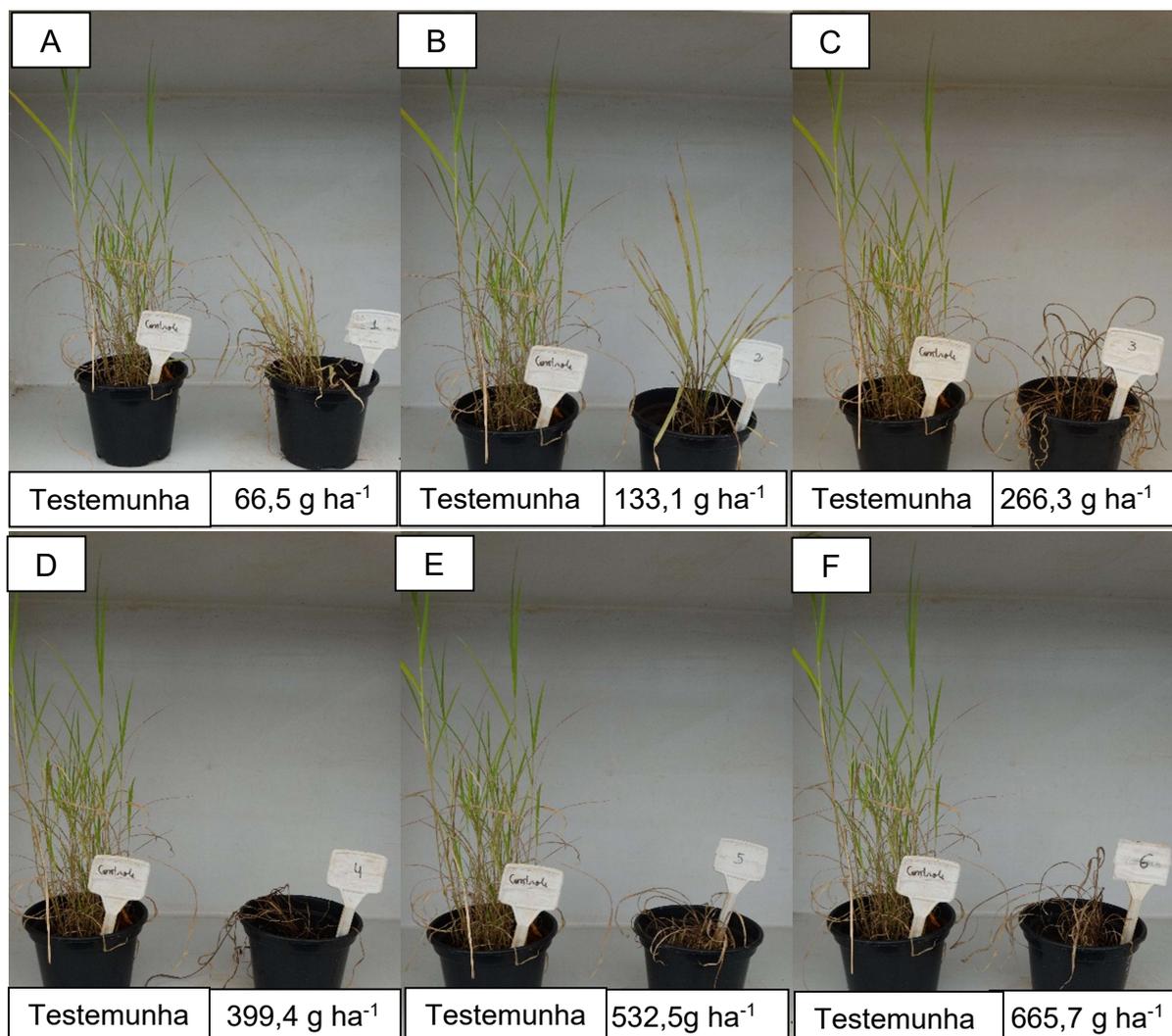


Figura 6. Plantas de *D. insularis* com aplicação de imazapyr em pós emergência com 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

O imazapyr com 70 g ha⁻¹ apresentou 91,75% de eficácia da planta *D. insularis* em 21 DAA (Adegas et al., 2010), diferindo do imazapyr com 66,5 g i.a ha⁻¹ apresentou 15% de eficácia da *D. insularis* em 21 DAA. Ainda para a planta *D. insularis* o glyphosate nas doses 794,80 e 2592,30 g i.a ha⁻¹ apresentaram 90% de eficácia e para o cletodim nas doses 14,0 e 15,9 g i.a ha⁻¹ apresentaram 90,0% de eficácia (Bianchi, et al., 2020).

Tabela 9. Eficácia (%) do imazapyr aplicado em pós emergência no controle da *D. insularis*.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)						
	3	7	15	21	30	45	60
66,5	0,0 c	5,0 e	10,0 c	15,0 c	20,0 d	30,0 b	72,0 b
133,1	5,0 c	10,0 de	18,0 c	32,0 c	49,0 c	82,0 a	92,0 a
266,3	20,0 b	31,5 cd	44,5 b	60,0 b	70,5 bc	92,5 a	93,5 a
399,4	40,0 a	70,0 a	80,0 a	88,0 a	98,0 a	100,0 a	100,0 a
532,5	24,0 ab	49,0 ab	58,0 ab	69,5 ab	90,5 ab	99,0 a	100,0 a
665,7	32,5 a	41,0 bc	47,5 b	73,0 ab	92,5 ab	98,0 a	100,0 a
DMS (5%)	1,24	1,63	1,46	1,67	1,50	1,0	1,07
CV	17,86	19,46	15,83	16,06	12,99	7,86	8,06
F	25,41**	24,45**	28,05**	21,55**	28,72**	46,44**	5,23**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Para a massa fresca e massa seca a testemunha diferiu significativamente das doses testadas. A massa fresca e seca apresentaram 100% de redução, a partir da dose 399,4 g i.a ha⁻¹ (Tabela 10). O imazapyr 70 g ha⁻¹ obteve uma massa seca de 0,090 g para *D. insularis* (Adegas et al 2010), diferindo do imazapyr deste estudo que com 66,5 g i.a ha⁻¹ obteve uma massa seca de 3,34 gramas para *D. insularis*.

O glyphosate com 229,40 g i.a ha⁻¹ reduziu 50% da massa seca da *D. insularis*. (Bianchi, et al., 2020). Os pesquisadores Florencia, et al (2017) observaram que o glyphosate 479 e 534 g i.a ha⁻¹ apresentou redução de 50% da massa fresca das plantas de *Bouteloua curtipendula* e *Setaria pampeana* respectivamente. O herbicida QYC101 com 30,0 g i.a ha⁻¹ apresentou 97,0% de redução de massa seca da planta *Digitaria ischaemum* (Wang et al., 2019).

Tabela 10. Massa fresca e massa seca (g) para *D. insularis* com imazapyr em pós emergência

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Redução de massa fresca (%)	Massa seca (g)	Redução de massa seca (%)
0,0	43,30 ^a	0,0	10,85 ^a	0,0
66,5	15,72 ^b	63,71	3,34 ^b	69,23
133,1	0,97 ^c	97,76	0,63 ^{bc}	94,24
266,3	0,34 ^c	99,21	0,12 ^c	99,89
399,4	0,00 ^c	100,0	0,00 ^c	100,0
532,5	0,02 ^c	100,0	0,00 ^c	100,0
665,7	0,00 ^c	100,0	0,00 ^c	100,0
DMS (5%)	1,03	-	0,41	-
CV	18,77	-	8,66	-
F	41,68**	-	29,39**	-

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

O imazapyr aplicado em pré emergência de *D. insularis*, nas doses 133,1; 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ apresentou controle com excelente de emergência, variando de 92 a 100% durante o experimento (Figura 7). Em todas as avaliações da dose 66,5 g i.a ha⁻¹ diferiram das demais doses (Tabela 11).

Tabela 11. Porcentagem de inibição da emergência da *D. insularis* com imazapyr em pré-emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)					
	7	15	21	30	45	60
66,5	80,00 b	70,0 b	50,0 b	70,0 b	79,80 b	75,0 b
133,1	98,5 a	96,50 a	92,5 a	97,60 a	96,30 a	99,0 a
266,3	96,9 a	93,50 a	88,5 a	94,40 a	98,90 a	99,50 a
399,4	99,2 a	97,30 a	94,3 a	99,0 a	100,0 a	99,50 a
532,5	98,5 a	96,60 a	92,30 a	96,4 a	95,50 a	98,50 a
665,7	99,1 a	97,90 a	96,00 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
DMS (5%)	3,76	5,30	8,83	8,30	11,65	12,24
CV	2,98	4,36	7,79	6,76	9,28	9,73
F	70,64**	73,45**	70,05**	32,87**	7,66**	11,49**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Foi possível observar visualmente que as plantas apresentaram sinais característicos do modo de ação do herbicida, em 15 DAA foi possível verificar paralisação do desenvolvimento das plântulas e em 30 DAA apresentaram necrose.

Para a massa fresca e massa seca todas as doses adotadas diferiram da testemunha e entre as doses não houve diferença significativa. A partir da dose 532,5 g i.a ha⁻¹ a redução foi de 100% de massa fresca e de massa seca (Tabela 12).

Tabela 12. Massa fresca e massa seca (g) para *D. insularis* após a aplicação de imazapyr em pré emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca	Controle de massa fresca	Massa seca	Controle de massa seca
	(g)	(%)	(g)	(%)
0,0	18,5 a	0,0	5,24 a	0,0
66,5	4,57b	75,29	2,14 b	59,22
133,1	0,15 b	99,17	0,09 b	98,32
266,3	0,40 b	97,84	0,32 b	93,99
399,4	0,56 b	96,98	0,16 b	96,91
532,5	0,00 b	99,99	0,58 b	88,90
665,7	0,00 b	100,0	0,00 b	100,0
DMS (5%)	0,70		0,33	
CV	14,42		7,23	
F	22,19**		11,91**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

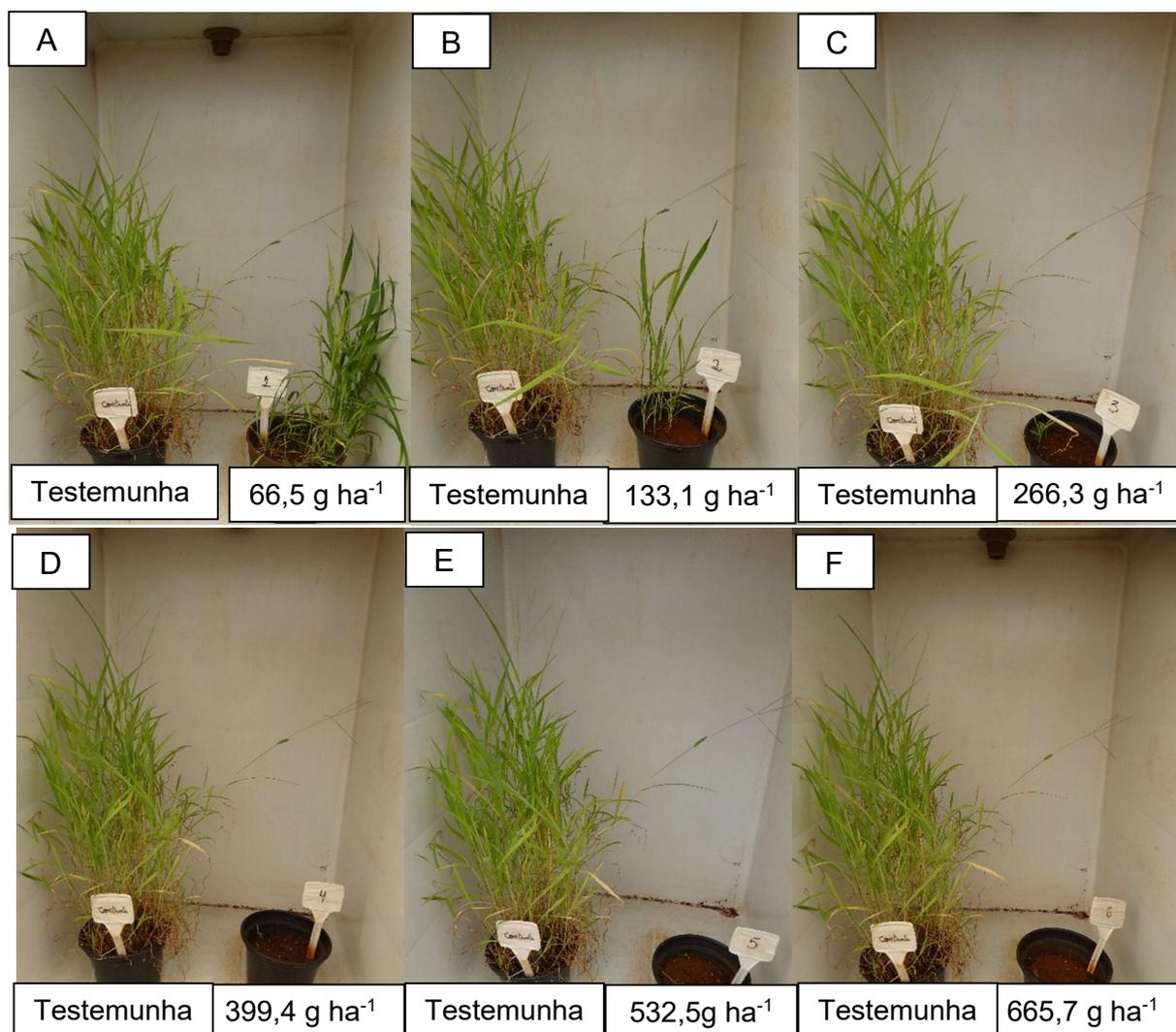


Figura 7. Plantas de *D. insularis* com aplicação de imazapyr em pré emergência com 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

2.3.4 Eficácia de *Eleusine indica*

O imazapyr apresentou controle bom para *E. indica* apenas na dose 399,4 g i.a ha⁻¹ em 60 DAA e nas doses 266,3 e 532,5 g i.a ha⁻¹ apresentaram um controle moderado em 60 DAA, quando aplicado em pós emergência (Figura 8). Segundo os pesquisadores Heap e Duke., (2018) a *E. indica* apresentou resistência para diferentes grupos de herbicidas, sendo inibidores de acetilactato sintase (ALS) um deles.

Em 7 DAA todas as doses testadas diferiram estatisticamente. Em 15 DAA as doses 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram e foram similares as doses 133,1; 266,3 e 399,4 g i.a ha⁻¹. Em 60 DAA as doses não diferiram significativamente (Tabela 13).

Foi possível observar visualmente que as plantas apresentaram sinais característicos do modo de ação do herbicida, em 3 DAA foi possível verificar a paralisação do crescimento e clorose.

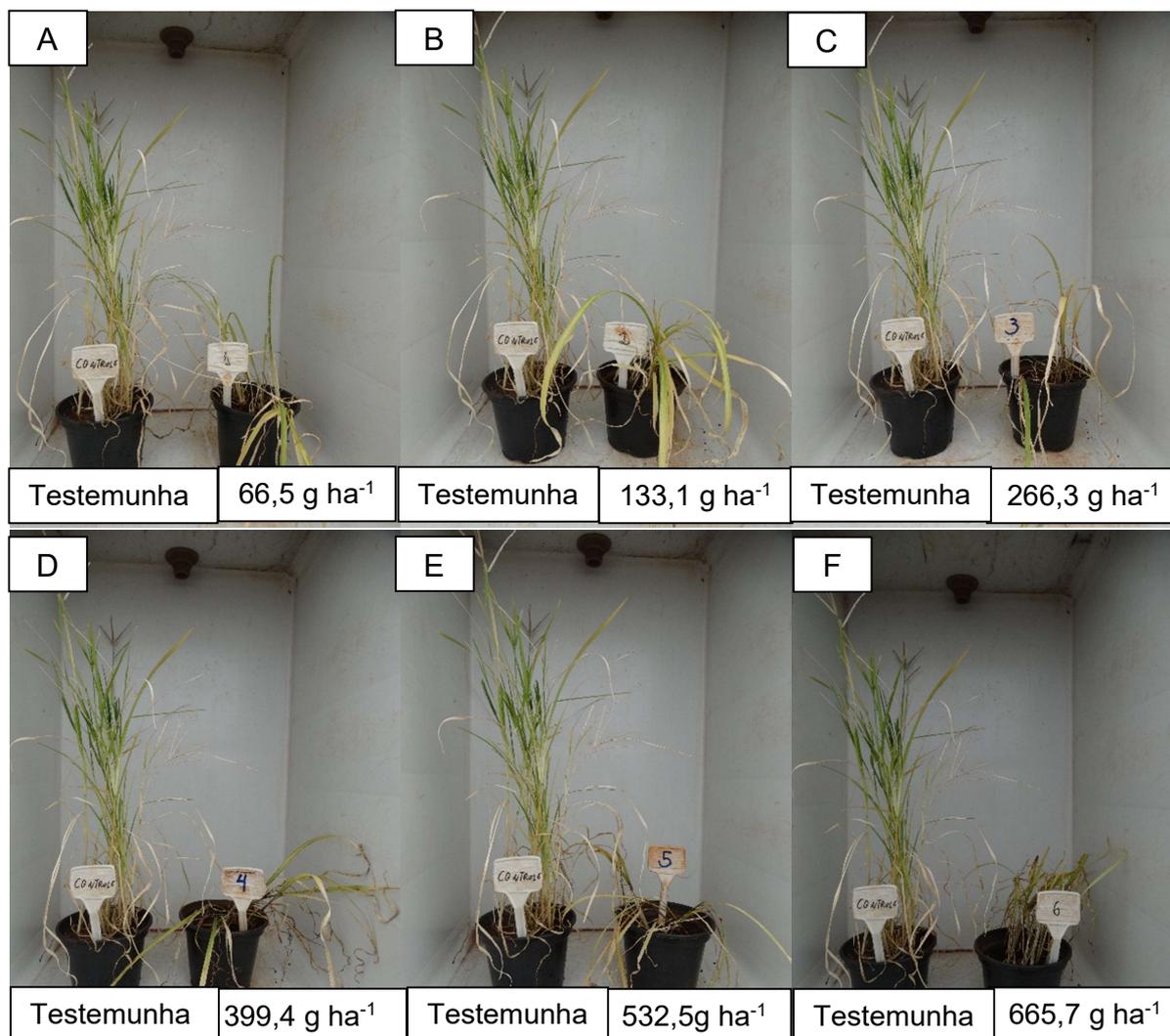


Figura 8. Plantas de *E. indica* com aplicação de imazapyr em pós emergência em 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

Para Jalaludin et al., (2015), a *E. indica* foi suscetível ao imazapyr 50 g i.a ha⁻¹ onde não teve percentual de sobrevivência, diferindo do resultado encontrado neste trabalho que o imazapyr 66,5 g i.a ha⁻¹ controlou apenas 48% da planta *E. indica*. O

herbicida QYC101 30 g i.a ha⁻¹ apresentou 98% para a mesma planta (Wang et al 2019).

Tabela 13. Eficácia (%) do imazapyr aplicado em pós emergência da *E. indica*.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)					
	7	15	21	30	45	60
66,5	2,10 f	5,10 e	8,00 d	10,0 b	15,0 b	48,0 a
133,1	3,10 e	7,10 d	10,0 d	40,0 ab	44,0ab	60,50 a
266,3	4,10 d	10,1 c	15,0 cd	34,0 ab	39,0 ab	67,00 a
399,4	5,10 c	13,50 b	18,5 bc	34,5 ab	40,50 ab	82,0a
532,5	6,10 b	19,50 a	24,5 b	42,0 a	47,0 a	69,0 a
665,7	7,10 a	20,00 a	42,0 a	47,0 a	52,0 a	60,0 a
DMS (5%)	0,05	0,16	0,86	2,28	2,17	2,48
CV	1,10	2,63	12,14	26,94	24,09	22,28
F	357,25**	284,86**	25,33**	3,52**	3,40**	1,48 ^{NS}

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade, ^{NS} = não significativo.

A massa fresca e massa seca reduziram com o aumento das doses, e para ambas a testemunha diferiu das demais doses testadas. A dose 399,4 g i.a ha⁻¹ apresentou melhor redução tanto da massa fresca quanto da massa seca, apresentando 90,63 e 88,93% de redução (Tabela 14).

O imazapyr na dose 66,5 g i.a ha⁻¹ reduziu 74% da massa fresca. Para a *E. indica* o penoxsulam 30 g i.a ha⁻¹, pyribenzoxim 37,5 g i.a ha⁻¹ e o propyrisulfuron 78 g i.a ha⁻¹ reduziram 45,1; 72,2 e 70,7% do peso fresco da planta (Deng et al., 2020).

Tabela 14. Massa fresca e massa seca (g) para *E. indica* com imazapyr em pós emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Redução de massa fresca (%)	Massa seca (g)	Redução de massa seca (%)
0,0	64,0a	0,0	19,5a	0,0
66,5	16,5b	74,22	4,33b	77,82
133,1	9,18b	85,66	2,25b	88,46
266,3	11,50 b	82,03	2,67b	86,28
399,4	6,0 b	90,63	2,16b	88,93
532,5	9,5b	85,16	2,72b	86,04
665,7	9,69b	84,86	2,64b	86,47
DMS (5%)	1,53		0,56	
CV	22,66		10,87	
F	20,85**		29,24**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

O imazapyr aplicado em pré emergência de *E. indica* apresentou controle excelente nas doses 532,5 e 665,7 g i.a. ha⁻¹ durante todo o período experimental (Figura 9). Aos 7 DAA a dose 532,5 g i.a ha⁻¹ foi similar estatisticamente as doses 399,4 e 665,7 g i.a ha⁻¹. Em 14 DAA as doses 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram significativamente e foram similares as doses 133,1 e 399,4 g i.a ha⁻¹. Em 21 DAA a dose 532,5 g i.a ha⁻¹ foi similar estatisticamente as doses 266,3 e 665,7 g i.a ha⁻¹. Em 30 DAA as doses 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram significativamente e em 41 e 60 DAA a dose 66,5 g i.a ha⁻¹ diferiu estatisticamente das demais doses (Tabela 15).

Tabela 15. Porcentagem de controle da inibição de emergência da *E. indica* com imazapyr em pré-emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)					
	7	15	21	30	45	60
66,5	96,30 b	90,50 b	87,5 d	86,5 b	84,0 b	78,0 b
133,1	96,70 b	93,50 ab	88,5 cd	89,0 b	93,10 a	95,8 a
266,3	95,60 b	92,0 b	93,0 abc	87,0 b	95,0 a	98,0 a
399,4	96,70 ab	93,70 ab	90,0 bcd	89,0 b	95,0 a	99,0 a
532,5	98,30 a	97,10 a	95,3 a	95,3 a	95,0 a	99,6 a
665,7	97,30 ab	96,10 a	95,0 ab	95,0 a	95,0 a	100,0 a
DMS (5%)	1,93	3,89	5,18	4,92	5,24	11,33
CV	1,51	3,14	4,28	4,12	4,27	9,02
F	3,96**	7,00**	7,30**	10,94**	12,30**	9,81**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Foi possível observar visualmente que as plantas apresentaram sinais característico do modo de ação do herbicida, em 7 DAA foi possível verificar paralisação no desenvolvimento das plantas. Em 21 DAA clorose nas plantas a partir da dose 266,3 g i.a ha⁻¹.

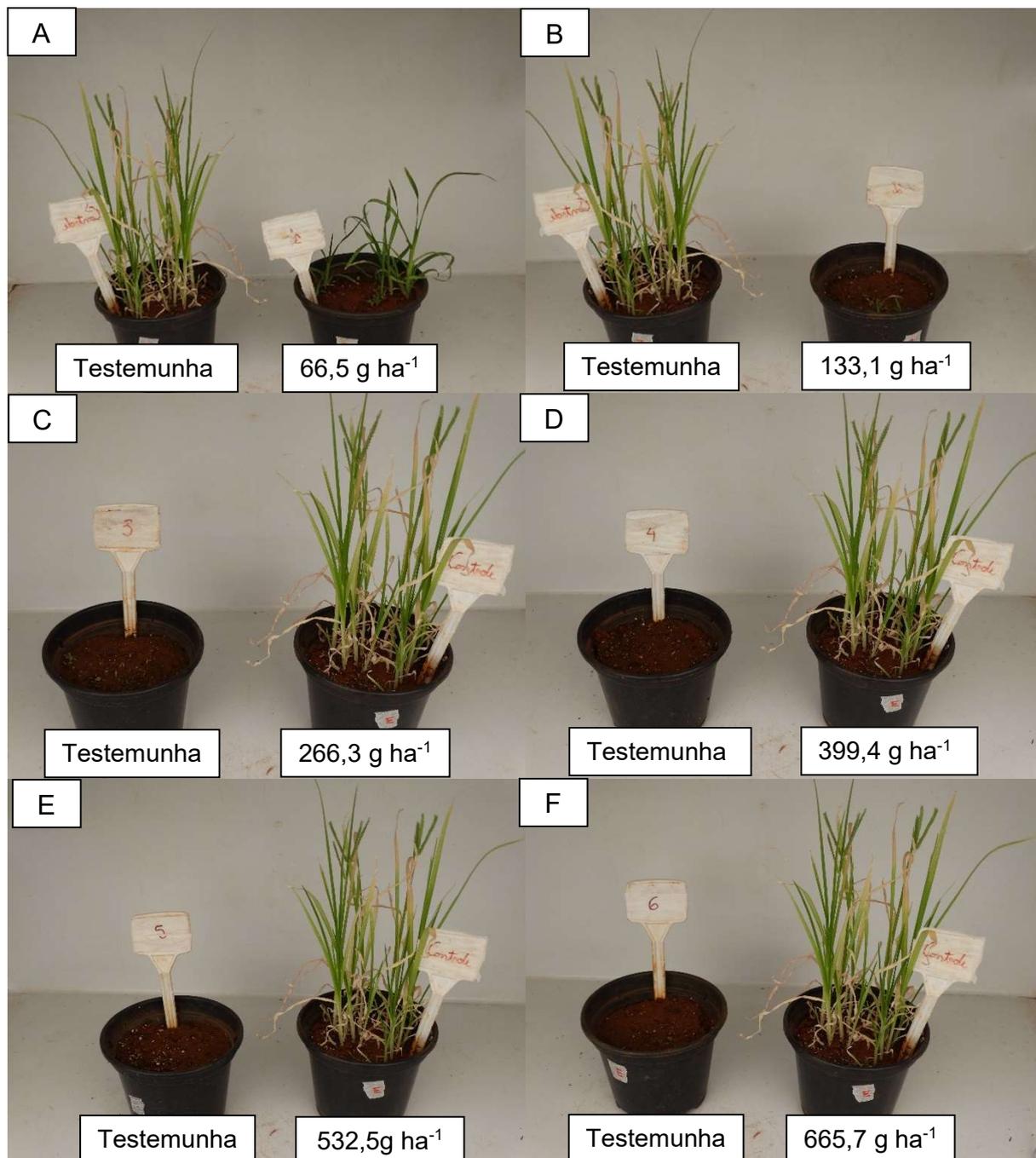


Figura 9. Plantas de *E. indica* com aplicação de imazapyr em pré emergência em 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

O resultado do Luvezuti et al (2014) encontrado para o imazapic (98 g i.a ha⁻¹) aplicado em pré emergência das plantas *Cenchrus echinatus* e *E. indica* em 45 DAA apresentou um controle de 61,6 %, diferindo do imazapyr para *E. indica* que em 45 DAA a dose 66,5 apresentou 84% da emergência.

Para a massa fresca e massa seca a testemunha diferiu das doses testadas as doses 399,4 e 665,7 controlaram 100% da emergência (Tabela 16).

Tabela 16. Massa fresca e massa seca (g) para *E. indica* com imazapyr em pré emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Redução de massa fresca (%)	Massa seca (g)	Redução de massa seca (%)
0,0	27,01 a	0,0	5,94 a	0,0
66,5	2,24 b	91,70	0,47 b	92,03
133,1	0,03 b	99,90	0,00 b	99,98
266,3	2,26 b	91,63	0,34 b	94,24
399,4	0,00 b	100,0	0,00 b	100,0
532,5	1,90 b	92,95	0,35 b	94,10
665,7	0,00 b	100,0	0,00 b	100,0
DMS (5%)	0,67		1,11	
CV	13,40		80,27	
F	45,50**		71,61**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

2.3.5 Eficácia de *Ipomoea purpurea*

O imazapyr para a planta a *I. purpurea* apresentou controle moderado apenas em 60 DAA na dose 532,5 g i.a ha⁻¹ e nas doses 399,4 e 665,7 apresentaram controle deficiente e nas demais doses ausência de controle, quando aplicado em pós emergência (Figura 10). Em 7; 15; 21; 30 e 45 DAA todas as doses diferiram estatisticamente e em 60 DAA as doses 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram significativamente e foram similares estatisticamente a dose 399,4 g i.a ha⁻¹ (Tabela 17).

Foi possível observar que as plantas apresentaram sinais característicos do modo de ação do herbicida, em 3 DAA foi possível verificar a paralisação no desenvolvimento das plântulas e clorose.

O imazapyr 532,5 g i.a ha⁻¹ apresentou 25% de eficácia da *I. purpurea*. O glyphosate 525 g i.a ha⁻¹ para as plantas *Ipomoea nil* e *I. purpurea* apresentou 68,3 e 71,1% de eficácia (Florença et al., 2017).

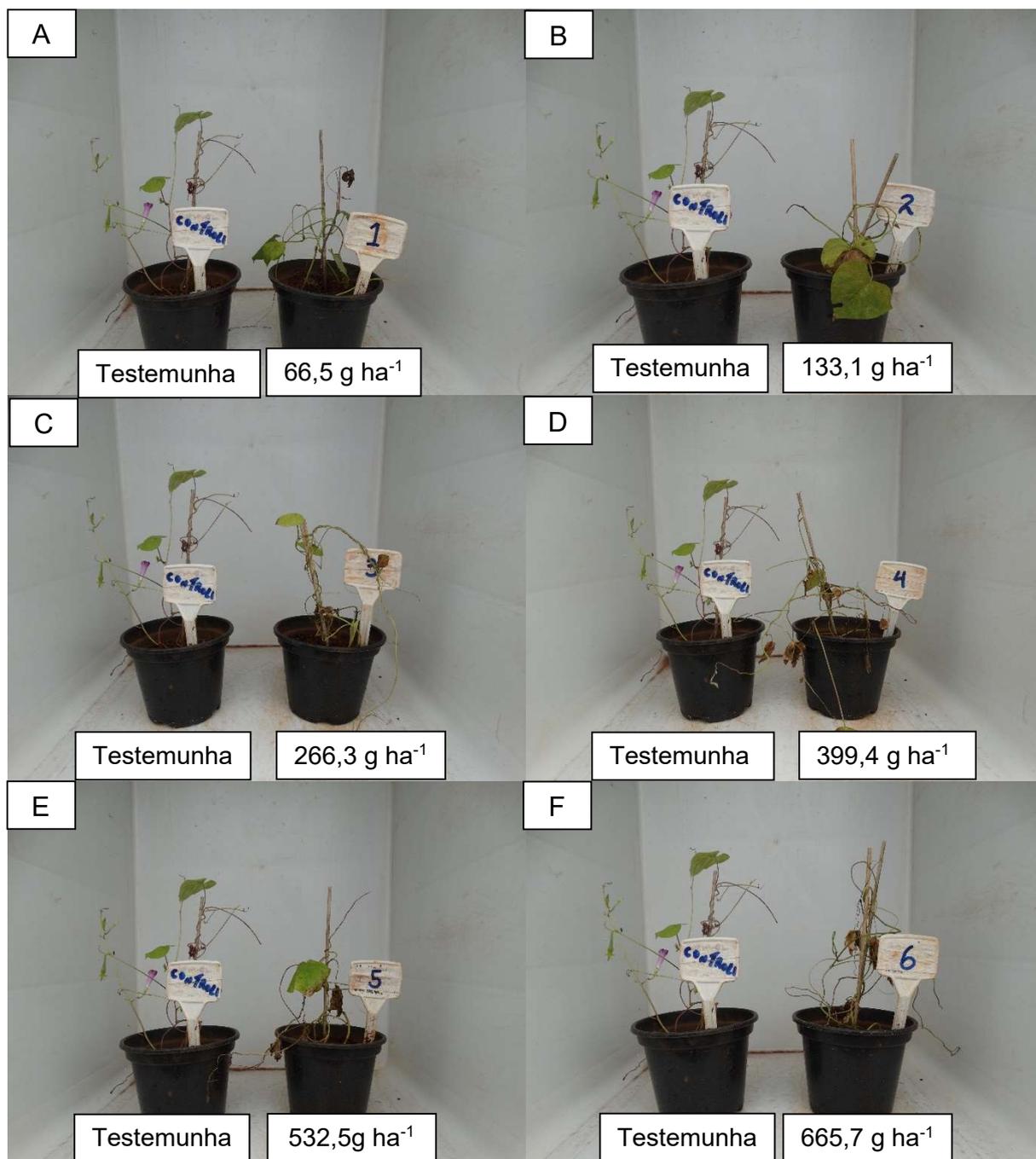


Figura 10. Plantas de *I. purpurea* com aplicação de imazapyr em pós emergência em 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

Nas doses 66,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ em 45 DAA o imazapyr apresentou 16 e 50% de eficácia para a planta *I. purpurea*. Os pesquisadores Silva et al., (2019) observaram que a planta *Merremia aegyptia* exposta aos herbicidas indaziflam 75 g ha⁻¹; saflufenacil 98 g ha⁻¹; clomazone 700 g ha⁻¹ e tebuthiuron 800 g ha⁻¹ apresentaram 73,3; 100; 20 e 10% de eficácia respectivamente.

Tabela 17. Eficácia (%) do imazapyr aplicado em pós emergência no controle da *I. purpurea*.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)					
	7	15	21	30	45	60
66,5	4,10 f	5,50 f	8,70 f	11,0 f	16,0 f	20,0 d
133,1	6,10 e	8,40e	11,00 e	16,0 e	21,0 e	25,5 cd
266,3	8,10 d	10,00 d	15,0 d	20,0 d	30,0 d	35,0 bc
399,4	10,10 c	15,00c	20,0 c	25,0 c	35,0 c	46,0 ab
532,5	12,10 b	20,00 b	25,0 b	30,0 b	40,0 b	61,5 a
665,7	14,10 a	25,0 a	30,0 a	35,0 a	50,0 a	59,5 a
DMS (5%)	0,05	0,16	0,21	0,23	0,18	1,07
CV	0,83	2,55	2,97	3,02	2,19	11,57
F	1406,36**	371,51**	247,34**	213,22**	484,42**	21,58**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Para a massa fresca as doses 66,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ diferiram estatisticamente entre si e da testemunha, mas foram similares as demais doses testadas. Para a massa seca as doses 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não apresentaram diferença significativa e foram similares estatisticamente as doses 133,1 e 266,3 g i.a ha⁻¹. A dose 532,5 g i.a ha⁻¹ apresentou melhor redução de massa fresca e massa seca, sendo de 80,15 e 79,52% de redução (Tabela 18).

Tabela 18. Massa fresca e massa seca (g) para *I. purpurea* com imazapyr em pós emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	massa fresca (g)	Redução de massa fresca (%)	Massa seca (g)	Redução de massa seca (%)
0,0	12,94 a	0,0	2,32 a	0,0
66,5	7,52 b	41,91	2,15 b	35,26
133,1	5,02 bc	61,23	1,43 bc	56,74
266,3	5,02 bc	61,23	1,21 bc	63,53
399,4	4,35 bc	66,42	1,02 c	69,35
532,5	2,57 bc	80,15	0,71c	78,52
665,7	3,69 c	71,49	0,94 c	71,61
DMS (5%)	0,54		0,14	
CV	10,01		2,95	
F	10,42**		16,94**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

O imazapyr com 266,3 g i.a ha⁻¹ causou 65% de redução da massa fresca para *I. purpurea*. Florencia, et al (2017) observaram que o glyphosate com 292 e 200 g i.a ha⁻¹ causou 50% de redução na massa fresca da *I. nil* e *I. purpurea*,

Os pesquisadores Silva et al., (2019) observaram que a planta *M. aegyptia* expostas aos herbicidas indaziflam 75 g ha⁻¹, saflufenacil 98 g ha⁻¹, clomazone 700 g

ha⁻¹ e tebuthiuron 800 g ha⁻¹ apresentaram 0,16; 0,0; 0,44 e 0,42 gramas de massa seca. O herbicida QYC101 30 g i.a ha⁻¹ apresentou 59% de redução de massa seca da planta *Pharbitis purpurea* (Wang et al 2019).

O imazapyr conseguiu inibir a emergência da *I. purpurea*, variando de 60 a 95%. As doses 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ apresentaram um controle excelente a partir de 30 DAA. Em 7 e 30 DAA a dose 532,5 g i.a ha⁻¹ foi similar estatisticamente as doses 399,4 e 665,7 g i.a ha⁻¹. Em 15 DAA as doses 399,4 e 532,5 g i.a ha⁻¹ não diferiram significativamente e foi similar estatisticamente a 665,7 g i.a ha⁻¹. Em 21, 45 e 60 DAA as doses 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram significativamente (Tabela 19).

Tabela 19. Porcentagem de controle de inibição da emergência da *I. purpurea* com imazapyr em pré-emergência.

Dose g(i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)					
	7	15	21	30	45	60
66,5	85,0 c	80,5 bc	69,5 b	85,0 b	76,0 b	60,50 b
133,1	87,0 bc	79,50 bc	60,5 b	85,5 b	75,5 b	60,50 b
266,3	88,4 abc	77,70 c	66,0 b	86,5 b	85,5 ab	79,50 ab
399,4	93,5 ab	90,50 a	87,5 a	91,0 ab	92,5 a	93,0 a
532,5	94,90 a	93,00 a	92,0 a	95,0 a	94,2 a	92,0 a
665,7	92,0 ab	88,10 ab	87,0 a	90,0 ab	92,5 a	93,0 a
DMS (5%)	6,83	8,91	16,39	6,52	11,06	20,18
CV	5,74	7,94	16,10	5,55	9,73	19,15
F	5,74**	9,13**	11,49**	6,19**	10,33**	10,65**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Foi possível observar visualmente que as plantas apresentaram em 21 DAA foi possível verificar paralisação no desenvolvimento das plântulas e em 30 DAA clorose, folhas encarquilhadas e necrose (Figura 11).

O imazapic com dose igual ou superior a 90 g ha⁻¹ apresentou de 90 a 100% de *Ipomoea triloba*, *M. aegyptia* e *M. cissoides* (Moraes et al., 2018) sendo similar aos resultados encontrados para o imazapyr que apresentou a inibição de emergência da *I. purpurea* de 60 a 95%.

Para massa fresca e massa seca a testemunha diferiu de todas as doses testadas, a dose 399,4 g i.a ha⁻¹ apresentou melhor redução de massa fresca, sendo de 99,26% e as doses partir 399,4 e 532,5 g i.a ha⁻¹ apresentaram melhor redução para massa seca, sendo de 98,84% (Tabela 20).

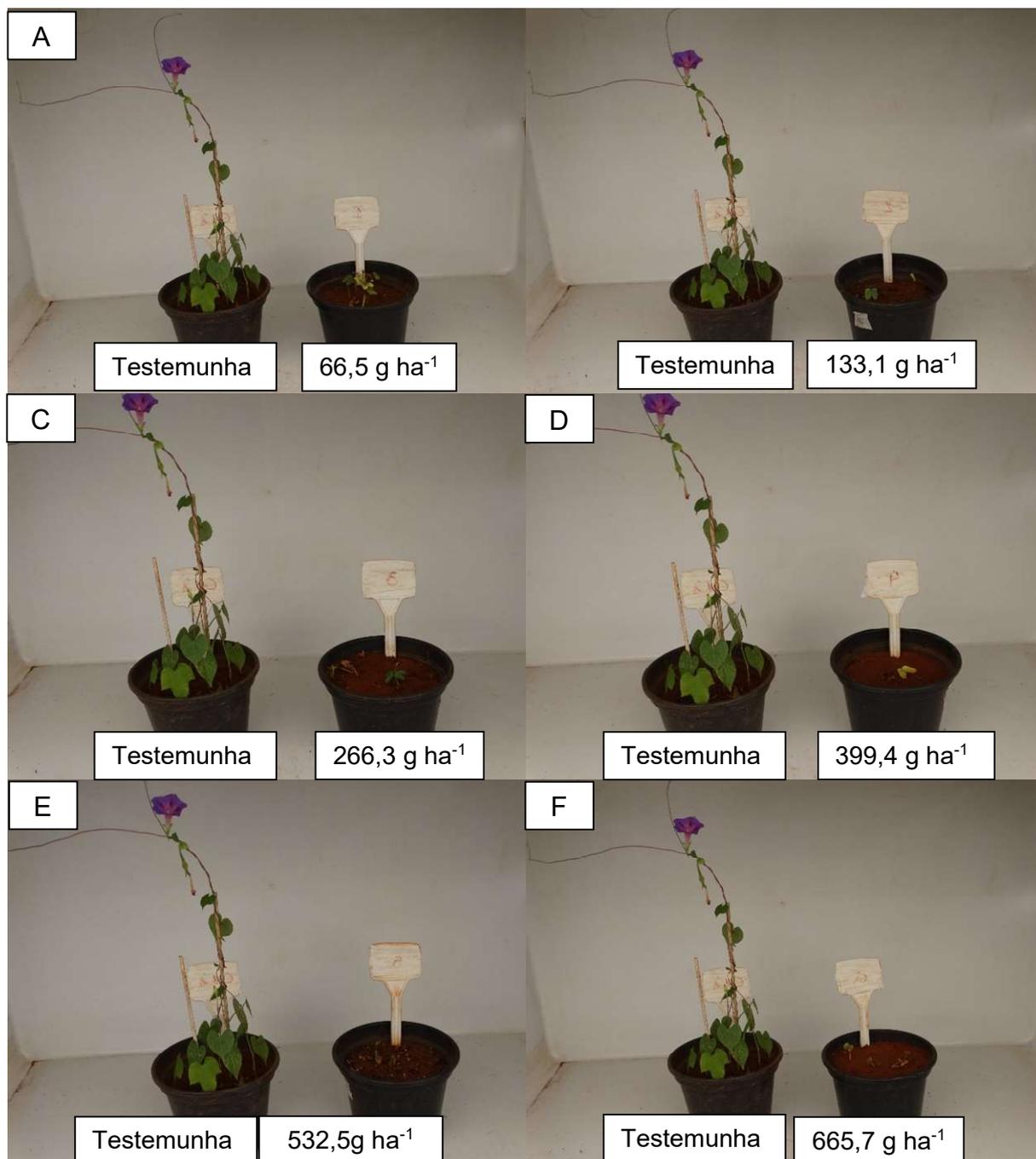


Figura 11. Plantas de *I. purpurea* com aplicação de imazapyr em pré emergência em 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

O imazapic com dose igual ou superior a 90 g ha⁻¹ para *I. triloba* e *M. aegyptia* reduziu 100% da massa fresca (Moraes et al., 2018), sendo similar ao resultado encontrado para o imazapyr para a *I. purpurea* com redução de 96 a 99% da massa fresca.

Tabela 20. Massa fresca e massa seca (g) para *I. purpurea* com imazapyr em pré emergência.

Dose (i.a g ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Redução de massa fresca (%)	Massa seca (g)	Redução de massa seca (%)
0,0	12,23 a	0,0	3,17 a	0,0
66,5	0,63 b	96,14	0,12 b	96,24
133,1	0,35 b	97,87	0,01 b	99,68
266,3	0,25 b	98,44	0,02 b	99,43
399,4	0,12 b	99,26	0,01 b	99,84
532,5	0,16 b	99,02	0,01 b	99,84
665,7	0,09 b	99,43	0,01 b	99,78
DMS (5%)	0,33		0,09	
CV	7,02		2,16	
F	85,32**		61,75**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

2.3.6 Eficácia de controle de *Panicum maximum*

O imazapyr a partir da dose 266,3 g i.a ha⁻¹ apresentaram controle excelente de *P. maximum* a partir de 45 DAA aplicado em pós emergência (Figura 12).

Em 3 e 15 DAA todas as doses diferiram estatisticamente, em 7 DAA a dose 665,7 g i.a ha⁻¹ foi similar as doses 133,1; 399,4 e 532,5 g i.a ha⁻¹. Em 21 DAA as doses 66,5 e 133,1 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente. Em 30 DAA as doses 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram. Em 45 e 60 DAA as doses 266,3; 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente (Tabela 21). Foi possível observar visualmente que as plantas apresentaram 7 DAA paralisação do desenvolvimento das plântulas e em 15 DAA as folhas começaram apresentar clorose.

O imazapyr na dose 532,5 g i.a ha⁻¹ para o *P. maximum*. apresentou 54% de eficácia em 21 DAA. O glyphosate 525 g i.a ha⁻¹ para *Amelichloa brachychaeta* e *Piptochaetium sp* apresentou 28,3 e 25% em 21 DAA (Florença, et al 2017).

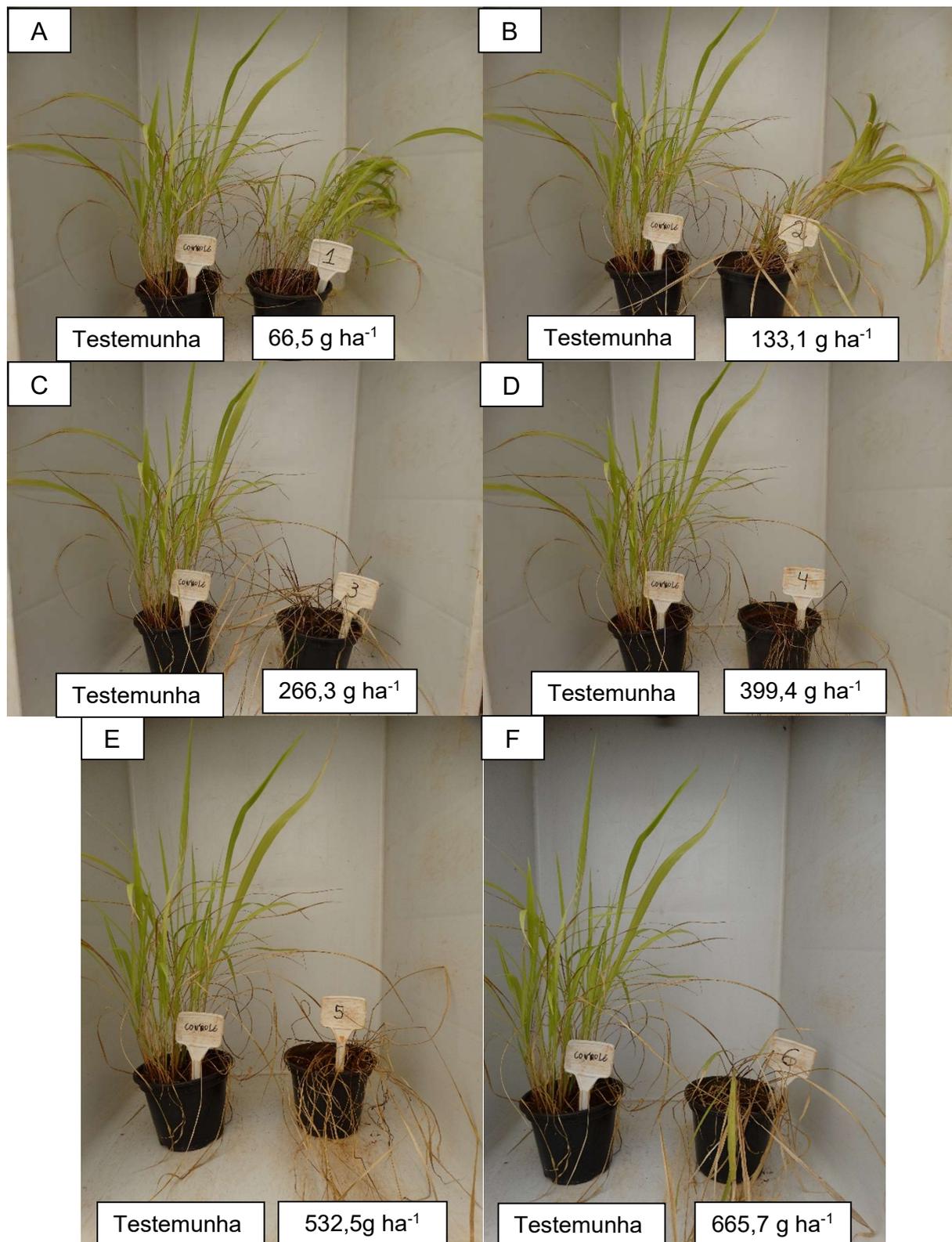


Figura 12. Plantas de *P. maximum* com aplicação de imazapyr em pós emergência em 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

Tabela 21. Eficácia (%) do imazapyr aplicado em pós emergência no controle do *P. maximum*.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)						
	3	7	15	21	30	45	60
66,5	3,10 f	8,0 c	15,10 f	25,0 d	30,0 d	35,0 c	40,0 c
133,1	5,10 e	22,9 abc	20,10 e	30,0 d	35,0 cd	40,0 b	50,5 b
266,3	7,10 d	18,0 bc	25,10 d	38,0 c	43,0 bc	95,5 a	100,0 a
399,4	10,10 c	22,0 ab	30,10 c	48,5 b	53,5 b	97,5 a	100,0 a
532,5	13,10 b	28,0 ab	35,10 b	54,00 b	77,5 a	93,5 a	100,0 a
665,7	15,10 a	32,0 a	40,10 a	67,00 a	80,5 a	96,0 a	100,0 a
DMS (5%)	0,05	1,15	0,03	0,42	0,71	0,33	0,52
CV	0,85	15,76	0,43	4,41	6,85	2,74	4,20
F	2136,90**	8,06**	8597,51**	111,20**	60,63**	488,82**	164,69**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Para a massa fresca e massa seca o controle diferiu de todas as doses e a partir da dose 266,3 g i.a ha⁻¹ a massa fresca e massa seca apresentaram 100% de redução (Tabela 22). O herbicida QYC101 com 30 g i.a ha⁻¹ apresentou 100% da planta *Panicum miliaceum* (Wang et al 2019).

Florença, et al (2017) observaram para o glyphosate com 887 e 122 g i.a ha⁻¹ ocorreu redução de 50% da massa fresca das plantas *Amelichloa brachychaeta* e *Piptochaetium sp.*

Tabela 22. Massa fresca e massa seca (g) para *P. maximum* com imazapyr em pós emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Redução de massa fresca (%)	Massa seca (g)	Redução de massa seca (%)
0,0	69,0 a	0	15,27 a	0
66,5	24,5 b	64,49	7,31 b	52,16
133,1	12,5 c	81,88	4,83 b	68,41
266,3	0,0 c	100	0,0 c	100
399,4	0,0 c	100	0,0 c	100
532,5	0,0 c	100	0,0 c	100
665,7	0,0 c	100	0,0 c	100
DMS (5%)	0,91		0,35	
CV	14,63		7,01	
F	102,48**		77,18**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

O imazapyr aplicado em pré emergência no *P. maximum* a partir da dose 399,4 g i.a ha⁻¹ apresentou controle excelente a partir de 45 DAA.

Tabela 23. Porcentagem de inibição de emergência de *P. maximum* com imazapyr em pré-emergência.

Dose g i.a ha ⁻¹	Dias após aplicação (DAA)					
	7	15	21	30	45	60
66,5	37,0 b	41,0 b	38,0 b	48,5 b	52,5 b	67,5 b
133,1	28,0 b	31,5 b	30,0 b	33,0 b	36,0 b	71,0 b
266,3	38,0 b	42,0 b	46,0 b	50,0 b	54,0 b	94,0 a
399,4	73,5 a	78,5 a	81,5 a	86,5 a	94,0 a	99,0 a
532,5	71,5 a	76,0 a	83,5 a	88,0 a	92,5 a	100,0 a
665,7	72,0 a	77,0 a	83,0 a	89,0 a	92,5 a	100,0 a
DMS	1,82	1,94	2,18	2,23	2,35	0,86
(5%)						
CV	17,79	18,40	20,45	20,06	20,56	6,58
F	11,70**	10,37**	10,94**	9,78**	9,09**	15,30**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Em todos os dias de avaliações as doses 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ foram similares estatisticamente (Tabela 23). Foi possível observar visualmente que as plantas apresentaram em 7 DAA paralisação de crescimento e clorose. Em 15 DAA as folhas em todas as doses estavam roxas e a partir de 45 DAA as plantas que emergiriam começaram a morrer (Figura 13).

Para massa fresca e massa seca a testemunha diferiu das demais doses testadas e a partir da dose 532,5 g i.a ha⁻¹ apresentaram 100% de controle da massa fresca e seca (Tabela 24).

Tabela 24. Massa fresca e massa seca de *P. maximum* com imazapyr em pré emergência

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Controle massa fresca (%)	Massa seca (g)	Controle massa seca (%)
0,0	93,5 a	0,0	19,98 a	0,0
66,5	3,07 b	96,72	0,73 b	96,35
133,1	1,62 b	98,27	0,31 b	98,45
266,3	0,12 b	99,87	0,06 b	99,70
399,4	0,02 b	99,98	0,01 b	99,960
532,5	0,0 b	100,0	0,0 b	100,0
665,7	0,0 b	100,0	0,0 b	100,0
DMS (5%)	0,96		0,40	
CV	16,60		8,42	
F	131,78**		82,01**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

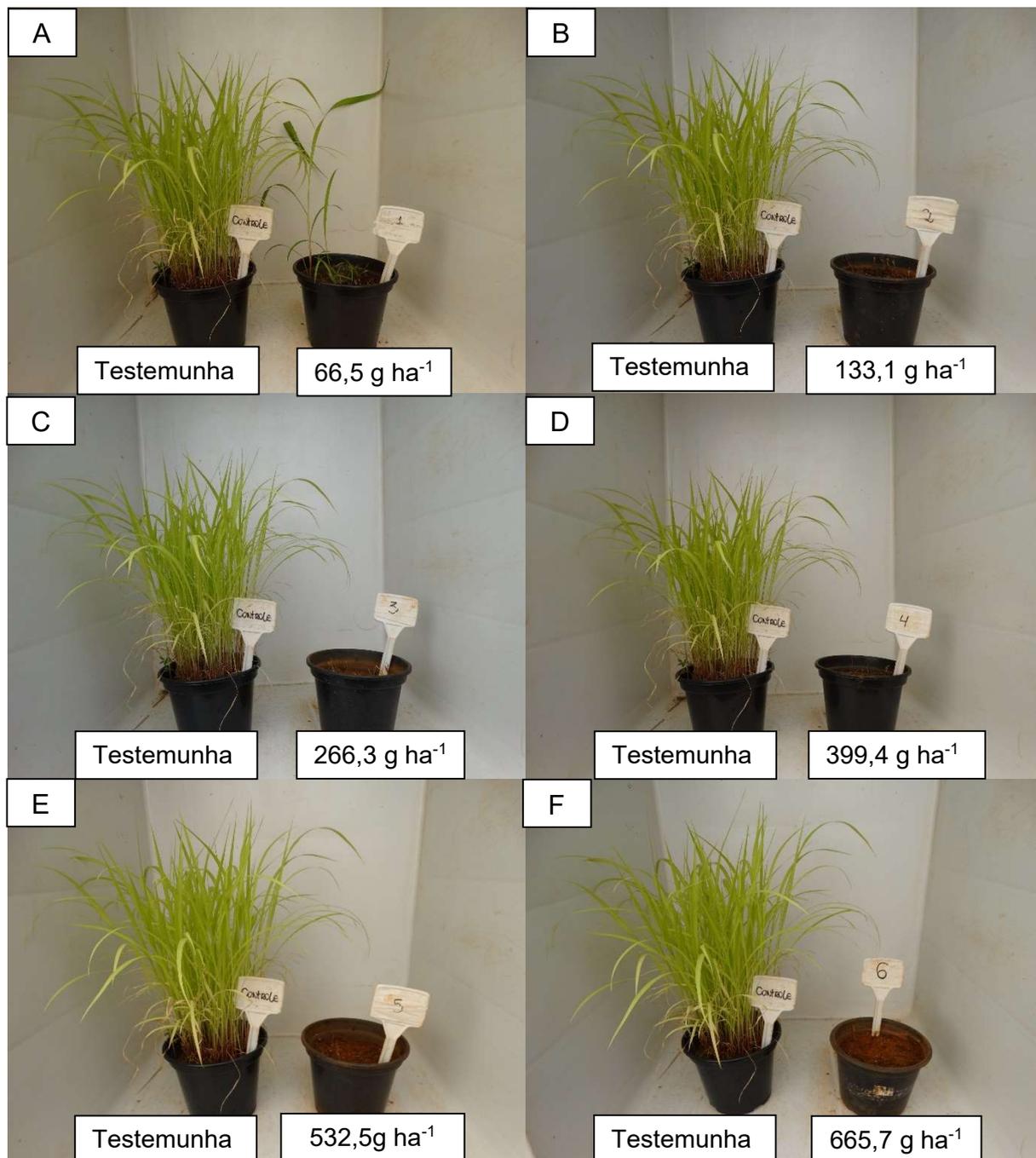


Figura 13. Plantas de *P. maximum* com aplicação de imazapyr em pré emergência em 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

2.3.7 Eficácia de *Urochloa decumbens*

O controle de *U. decumbens* com a aplicação de imazapyr em pós emergência foi dependente da concentração da dose utilizada. As doses 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ apresentaram controle excelente a partir de 45 DAA (Figura 14).

Em 7 DAA todas as doses diferiram estatisticamente. Em 15 DAA as doses 133,1 e 266,3 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente. Em 21 DAA a dose 665,7 g i.a ha⁻¹ foi similar estatisticamente a 532,5 g i.a ha⁻¹. Em 30 e 60 DAA as doses 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente e em 45 DAA as doses 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente (Tabela 25).

Foi possível observar que as plantas apresentaram sinais característicos do modo de ação do herbicida, pois aos 7 DAA as plantas apresentavam nervuras demarcadas, folhas cloróticas e com paralisação do desenvolvimento das plântulas.

Tabela 25. Eficácia (%) do imazapyr aplicado em pós emergência de *U. decumbens*.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)					
	7	15	21	30	45	60
66,5	5,1 f	11,0 e	16,0 c	21,0 b	26,0 d	46,0 c
133,1	10,1 e	17,0 d	22,0 c	27,0 b	32,0 cd	55,0 bc
266,3	15,1 d	20,5 d	32,5 c	37,0 b	41,5 c	72,0 b
399,4	20,1 c	30,0 c	57,5 b	69,0 a	78,0 b	91,0 a
532,5	32,5 b	53,0 b	69,5 ab	76,0 a	97,0 a	100,0 a
665,7	35,0 a	64,0 a	84,0 a	89,0 a	98,0 a	100,0 a
DMS (5%)	0,17	0,59	1,39	1,21	0,98	1,01
CV	2,48	7,05	14,50	11,91	8,99	8,29
F	706,78**	125,10**	30,43**	39,22**	71,06**	29,32**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

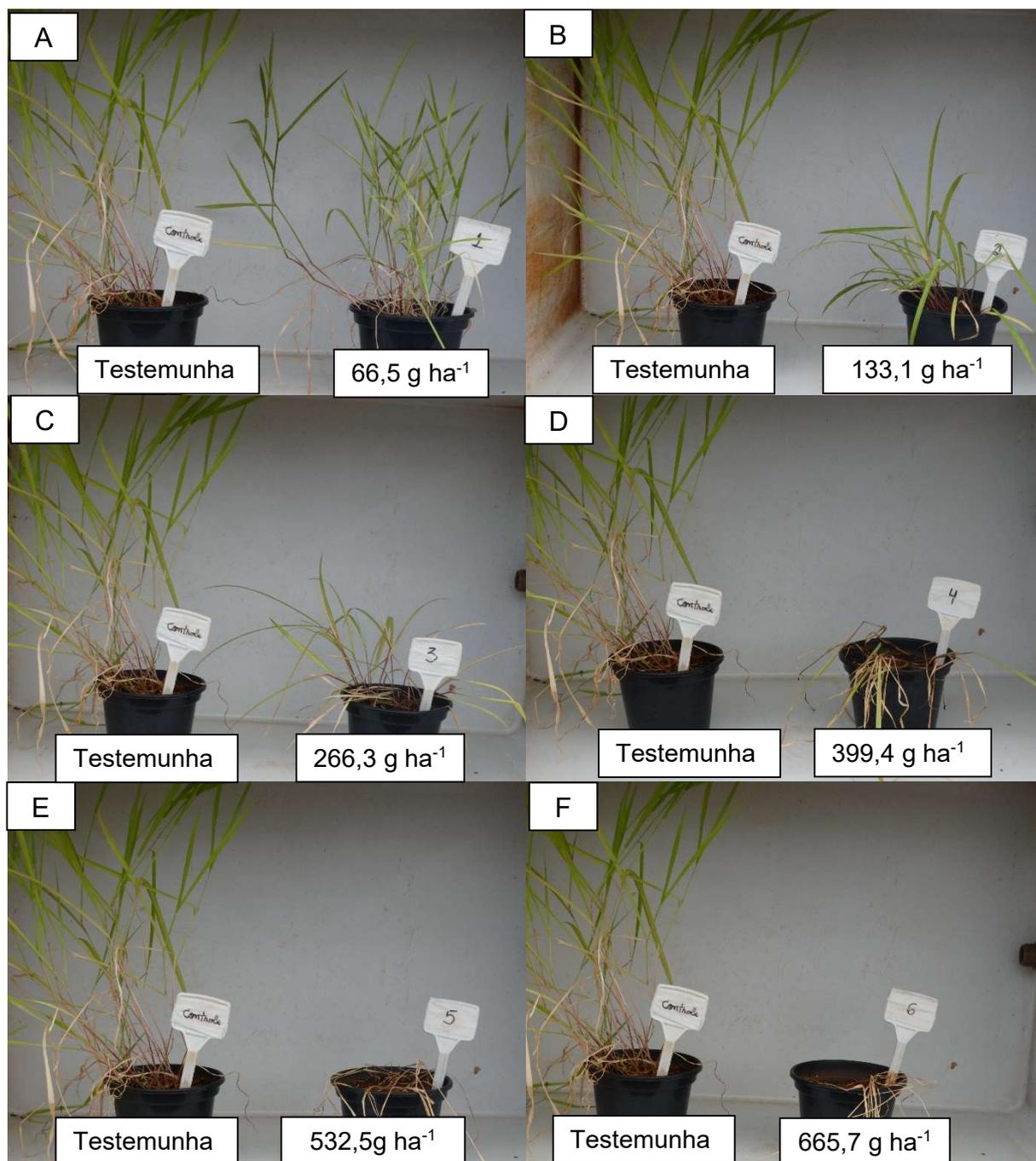


Figura 14. Plantas de *U. decumbens* com aplicação de imazapyr em pós emergência em 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha⁻¹. (B) Dose 133,1 g i.a ha⁻¹. (C) Dose 266,3 g i.a ha⁻¹. (D) Dose 399,4 g i.a ha⁻¹. (E) Dose 532,5 g i.a ha⁻¹. (F) Dose 665,7 g i.a ha⁻¹.

A massa fresca e massa seca diminuiu com o aumento das doses, para a massa fresca a testemunha foi similar a dose 66,5 g i.a ha⁻¹ e para massa seca as doses 266,3; 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente. Para massa fresca e massa seca a partir da dose 532,5 g i.a ha⁻¹ apresentou 100% (Tabela 26). O herbicida QYC101 com 30 g i.a ha⁻¹ apresentou 95% da planta *Setaria glauca*

e *Setaria viridis*, 97% *Echinochloa crus*, 79% *Eriochloa villosa* e 82% *Chloris virgata* (Wang et al 2019).

Tabela 26. Massa fresca e massa seca (g) para *U. decumbens* com imazapyr em pós emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Redução de massa fresca (%)	Massa seca (g)	Redução de massa seca (%)
0,0	36,35 a	0	8,07 a	0
66,5	23,67 ab	34,88	6,88 ab	14,71
133,1	10,73 bc	70,48	2,93 bc	63,71
266,3	3,95 cd	89,13	1,30 c	83,90
399,4	1,54 cd	95,77	0,71 c	91,27
532,5	0,0 d	100	0,0 c	100
665,7	0,0 d	100	0,0 c	100
DMS (5%)	1,32		0,50	
CV	22,56		10,45	
F	18,84**		13,50**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

O imazapyr a partir da dose 266,3 g i.a ha⁻¹ apresentou um controle excelente da emergência de *U. decumbens* em 60 DAA (Figura 15).

Em 7 DAA a dose 532,5 g i.a ha⁻¹ foi similar estatisticamente as doses 399,4 e 665,7 g i.a ha⁻¹. Em 15 DAA as doses 399,4 e 532,5 g i.a ha⁻¹ não apresentaram diferença significativa. Em 21 DAA as doses 399,4; 532,5 e 665,7 não diferiram estatisticamente. Em 30 e 60 DAA as doses 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente e em 45 DAA as doses 266,3; 399,4; 532,5 e 665,7 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente (Tabela 27).

Foi possível observar visualmente que as plantas apresentaram em 7 DAA paralisação no desenvolvimento das plântulas, clorose e nervuras bem demarcadas e em 30 DAA necrose.

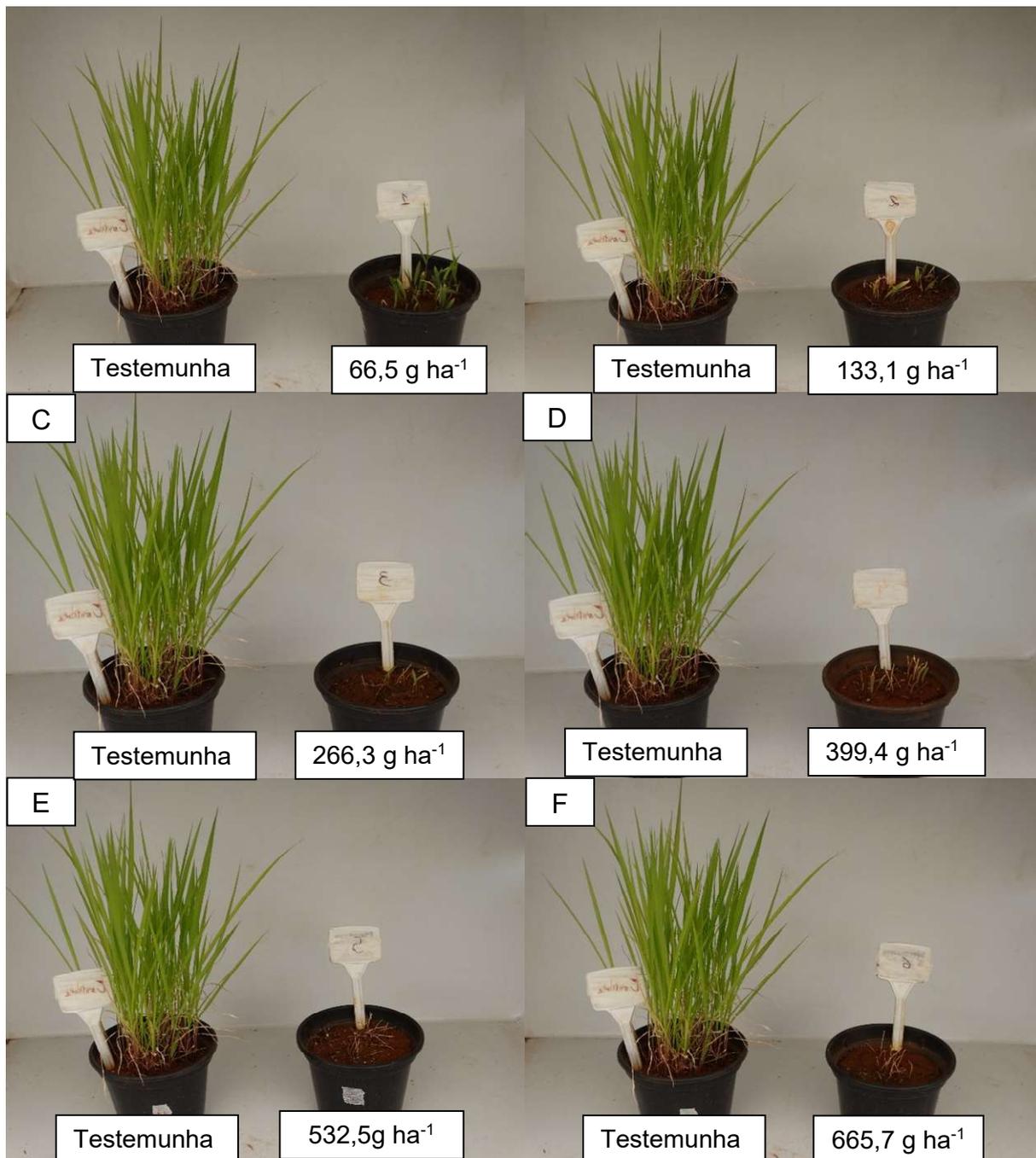


Figura 15. Plantas de *U. decumbens* com aplicação de imazapyr em pré emergência em 60 DAA. (A) Dose 66,5 g i.a ha^{-1} . (B) Dose 133,1 g i.a ha^{-1} . (C) Dose 266,3 g i.a ha^{-1} . (D) Dose 399,4 g i.a ha^{-1} . (E) Dose 532,5 g i.a ha^{-1} . (F) Dose 665,7 g i.a ha^{-1} .

Tabela 27. Porcentagem de controle de inibição de emergência de *U. decumbens* com imazapyr em pré-emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)					
	7	15	21	30	45	60
66,5	85,0 c	80,0 bc	69,5 b	50,0 d	61,0 c	67,5 c
133,1	87,0 bc	79,0 c	60,5 b	68,0 c	74,5 b	82,0 bc
266,3	88,4 abc	78,2 c	66,0 b	88,5 ab	95,0 a	97,6 ab
399,4	93,5 ab	90,0 a	87,5 a	80,0 b	89,0 a	96,0 ab
532,5	94,9 a	92,3 a	91,0 a	92,5 a	97,0 a	100,0 a
665,7	91,0 abc	88,0 ab	87,0 a	91,0 a	96,0 a	100,0 a
DMS (5%)	7,36	8,62	16,43	9,19	12,39	16,24
CV	6,19	7,71	16,16	8,88	10,98	13,58
F	4,76**	9,10**	11,07**	56,86**	24,23	11,42**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

A massa fresca e massa seca diminuiu com o aumento das doses, e para ambas a testemunha diferiu de todas as doses e a partir da dose 532,5 g i.a ha⁻¹ a redução da massa fresca e massa seca foi 100%.

Tabela 28. Massa fresca e massa seca (g) para *U. decumbens* com imazapyr em pré emergência.

Dose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	Redução de massa fresca (%)	Massa seca (g)	Redução de massa seca (%)
0,0	52,35 a	0	11,68 a	0
66,5	1,41 b	97,31	0,42 b	96,44
133,1	0,64 b	98,77	0,24 b	97,91
266,3	0,05 b	99,91	0,03 b	99,77
399,4	0,07 b	99,87	0,04 b	99,666
532,5	0,0 b	100	0,0 b	100
665,7	0,0 b	100	0,0 b	100
DMS (5%)	0,70		0,25	
CV	13,31		5,40	
F	112,92**		90,16**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

2.4 CONCLUSÃO

O imazapyr aplicado em pré-emergência das plantas daninhas apresentou-se mais eficaz do que em pós-emergência, pois para as plantas *C. dactylon*; *D. horizontalis*; *D. insularis*; *E. indica*; *I. purpurea*; *P. maximum* e *U. decumbens* apresentou controle excelente de inibição da emergência. Em pós-emergência foi efetivo no controle de *C. dactylon*, *D. horizontalis*, *D. insularis*, *P. maximum* e *U.*

decumbens. Portanto conclui-se que a melhor maneira para controlar as plantas daninhas é aplicação do imazapyr em pré emergência.

2.5 REFERÊNCIAS

Adegas, F. S., Gazziero, D. L. P., Voll, E., & Osipe, R. (2010). Alternativas de controle químico de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate. In **Embrapa Soja- Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. Responsabilidade social e ambiental no manejo de plantas daninhas. Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 756-760. Trab. 161. 1 CD-ROM. CBCPD.

Asociación latinoamericana de malezas – ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.

Barbosa, J. C.; Maldonado Junior, W. 2015. AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. **Jaboticabal, FCAV/UNESP. 396p.**

Bianchi, L., Anunciato, V. M., Gazola, T., Perissato, S. M., de Carvalho Dias, R., Tropaldi, L., ... & Velini, E. D. (2020). Effects of glyphosate and clethodim alone and in mixture in sourgrass (*Digitaria insularis*). **Crop Protection**, 138, 105322.

Costa, J. L., Aparicio, V., Zelaya, M., Gianelli, V., & Bedmar, F. (2011). Transporte de Imazapir, Atrazina, s-Metolacloro y Acetoclor en el Perfil de un Suelo Argiudol del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. **Martínez Fernández. En, N. Sánchez Martín (Eds.), Estudios de la Zona no Saturada del Suelo**, 10, 157-161.

D'Ascenzo, G., Gentili, A., Marchese, S., & Perret, D. (1998). Development of a method based on liquid chromatography–electrospray mass spectrometry for analyzing imidazolinone herbicides in environmental water at part-per-trillion levels. **Journal of Chromatography A**, 800(1), 109-119.

de Goes Maciel, C. D., Sapia, J. G., Kondo, P. N. Y., Benites, W. L. S., Pereira, J. A. A., Birck, V. E. W., & da Silva, A. F. (2013). Seletividade e eficácia dos herbicidas Kapina® e Kapina Plus® no controle de tiririca em gramas bermuda e esmeralda. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 12(1), 39-46.

Deng, W., Yang, Q., Chen, Y., Yang, M., Xia, Z., Zhu, J., ... & Yuan, S. (2020). Cyhalofop-butyl and Glyphosate Multiple-Herbicide Resistance Evolved in an Eleusine indica Population Collected in Chinese Direct-Seeding Rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 68(9), 2623-2630.

Duke, J. (2012). **Handbook of legumes of world economic importance**. Springer Science & Business Media.

Florencia, F. M., Carolina, T., Enzo, B., & Leonardo, G. (2017). Effects of the herbicide glyphosate on non-target plant native species from Chaco forest (Argentina). **Ecotoxicology and environmental safety**, 144, 360-368.

Gharde, Y., Singh, P. K., Dubey, R. P., & Gupta, P. K. (2018). Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India. **Crop Protection**, 107, 12-18.

Huripurshad, S., Beckett, R. P., & Campbell, P. (2018). Seasonal variation in acetohydroxy acid synthase inhibition by imazapyr in Cynodon dactylon. **South African Journal of Botany**, 116, 82-85.

Jalaludin, A., Yu, Q., & Powles, S. B. (2015). Multiple resistance across glufosinate, glyphosate, paraquat and ACC ase-inhibiting herbicides in an E leusine indica population. **Weed Research**, 55(1), 82-89.

Luvezuti, R. A., Bacha, A. L., Alves, P. L. D. C. A., Pavani, M. D. C. M. D., & Nepomuceno, M. P. (2014). Eficácia de herbicidas no controle de plantas daninhas e seletividade na cultura do amendoim Runner IAC 886. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 13(3), 207-215.

Martins, G. L., Friggi, C. A., Prestes, O. D., Vicari, M. C., Friggi, D. A., Adaime, M. B., & Zanella, R. (2014). Simultaneous LC-MS/MS determination of imidazolinone herbicides together with other multiclass pesticide residues in soil. **Clean-Soil, Air, Water**, 42(10), 1441-1449.

Milberg, P., & Hallgren, E. (2004). Yield loss due to weeds in cereals and its large-scale variability in Sweden. **Field Crops Research**, 86(2-3), 199-209.

Moraes Ribeiro, N., Torres, B. A., Ramos, S. K., Vieira dos Santos, P. H., Simoes, C. T., & Monquero, P. A. (2018). Differential susceptibility of morning glory ('Ipomoea and

Merremia') species to residual herbicides and the effect of drought periods on efficacy. **Australian Journal of Crop Science**, 12(7), 1090.

Parker, C. (2012). Parasitic weeds: a world challenge. **Weed Science**, 60(2), 269-276.

Ramezani, M. K., Oliver, D. P., Kookana, R. S., Lao, W., Gill, G., & Preston, C. (2010). Faster degradation of herbicidally-active enantiomer of imidazolinones in soils. **Chemosphere**, 79(11), 1040-1045.

Sathasivan, K., Haughn, G. W., & Murai, N. (1991). Molecular basis of imidazolinone herbicide resistance in *Arabidopsis thaliana* var Columbia. **Plant Physiology**, 97(3), 1044-1050.

Senseman, S. A. (2007). **Herbicide handbook** (No. 632.954 W394h9). Lawrence, US: Weed Science Society of America.

Silva, R. P., Torres, B. A., Souza, J. L., Souza, P. H. V., & Monquero, P. A. (2019). Uso de herbicidas no controle de plantas daninhas e em mudas pré-brotadas (MBPS) de diferentes variedades de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 18(1), 640-1.

Sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas – SBCPD. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: 1995. 42 p

Wang, H., Huang, Y., Zhao, K., Liu, W., & Wang, J. (2019). Greenhouse and field evaluation of the novel herbicide QYC101 for weed control in maize (*Zea mays* L.) in China. **Crop Protection**, 124, 104788.

CAPÍTULO 3 – EFEITO DE SUBDOSES DO IMAZAPYR EM PLANTAS NÃO ALVOS

RESUMO – O controle de plantas daninhas com o uso de imazapyr é prática comum em cana-de-açúcar. A aplicação do herbicida em condições inadequadas pode proporcionar a exposição de plantas não alvo, tanto da cultura quanto outras plantas de áreas e corpos d'água vizinhos. O objetivo foi avaliar o efeito de subdoses de imazapyr em modelos biológicos terrestres, aquáticos e em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado. Foram avaliadas as plantas testes terrestres: *Cucurbita pepo* (abóbriha), *Lactuca sativa* (alface), *Oryza sativa* (arroz), *Phaseolus vulgaris* (feijão) e *Arachis hypogaea* (amendoim); as plantas testes aquáticas *Hydrocotyle ranunculoides* (chapéu-de-sapo) e *Lemna minor* (lentilha d'água); e mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar MPB. As subdoses utilizadas de imazapyr foram 1,0; 4,15; 16,60 e 66,5 g i.a ha⁻¹, com dez repetições para terrestre e cinco para aquática e uma testemunha (sem aplicação). O herbicida foi aplicado em pós-emergência das plantas testes e em pré-plantio e pós plantio das MPB. As avaliações foram realizadas em 3, 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) para as plantas testes terrestres e aquáticas e para MPB 1,3,7,14,21,30 e 45 DAA, avaliando os sinais de intoxicação e no final do experimento comprimento da parte aérea e radicular, massa fresca e massa seca. Para *C. pepo*, *P. vulgaris* e cana-de-açúcar (pré e pós) as subdoses de imazapyr causaram intoxicação visual gradual com o aumento das doses. Para *L. sativa* e *H. ranunculoides*, houve poucos sinais de intoxicação, e para *O. sativa*, *A. hypogaea* e *L. minor* ocorreu efeito hormético. A deriva de imazapyr, portanto pode causar tanto injurias quanto hormese em plantas não alvo, a depender da espécie e da concentração do herbicida a que cada planta é exposta.

PALAVRAS-CHAVES: deriva, herbicida, monitoramento ambiental, intoxicação;

3.1 INTRODUÇÃO

Os pesticidas são produtos desenvolvidos para serem utilizados como uma ferramenta para minimizar o prejuízo causado pela ação danosa de plantas daninhas, insetos e fungos (Barboza et al., 2018). Porém os pesticidas podem atingir áreas e espécies não alvo através de deriva do vento, escoamento superficial e lixiviação (Fantke et al., 2012) e podem também poluir diferentes áreas ambientais afetando

organismos não-alvo que habitam ambientes aquáticos e terrestres (Rasheed et al., 2019). Por isso a importância dos ensaios de intoxicação em organismos não alvos terrestres e aquáticos.

Os ensaios com bioindicadores são fundamentais em todo o processo de avaliação ambiental, pois incorporam a interação entre os contaminantes e as propriedades ambientais, possibilitando a avaliação ecológica dos efeitos derivados da exposição (Rodrigues e Raya-Rodriguez, 2012).

Lemna minor (lentilha d'água) é uma macrófita padronizada para ensaios de intoxicação (OCDE, 2002) e tem sido usada em estudos com pesticidas imazapyr (Cruz et al., 2015), diquat (Garlich et al., 2016), atrazina, bentazon + imazamox e clomazone (Vechia et al., 2016), níquel (Lewis e Trusby, 2018).

Boutin et al (2012) estudou várias plantas terrestres com o herbicida PAR III® (1140 g de 2,4D + 60 g de ativo mecroprop + 18 g de dicamba) para observar a sua intoxicação, sendo elas: *Brassica oleracea*, *Helianthus strumosus*, *Zea mays*, *Lactuca sativa*, *Cucumis sativus*, *Raphanes sativus*, *Lycopersicon esculentum*, *Beta vulgaris*, *Allium sativum* e *Avena sativa*. Egorova et al (2019) estudou a intoxicação de sal de ródio e de metais (Pd, Fe, Ni, Cu) para as plantas *Pisum sativum*, *Lupinus angustifolius* e *Cucumis sativus*.

A aplicação de subdoses é amplamente utilizada para simular deriva, e alguns pesquisadores já utilizaram com a finalidade de avaliação dos casuais efeitos em culturas sensíveis com glyphosate, oxyfluorfen e 2,4-D (Yamashita et al 2013); glyphosate (Beck et al., 2019) e nicossulfuron (Tiburcio et al 2012). O glyphosate apresentou efeito de hormese em diversas plantas como *O. sativa* (arroz) (Gitti et al., 2011), *Phaseolus vulgaris* carioca tipo II (feijão) (da Silva et al., 2012) e *Egeria densa* e *E. najas* (Peres et al., 2017).

O imazapyr é um herbicida não seletivo de amplo espectro do grupo Imidazolinonas. Seus principais usos são na agricultura em cultivos de *Saccharum officinarum* (cana-de-açúcar), *Zea mays* (milho), *Hevea brasiliensis* (seringueira) e pastagens, controle da vegetação em florestas, campos de golfe, ferrovias (León et al., 2019). Embora o imazapyr possa sofrer fotólise rapidamente quando é dissolvido em água, com meia-vida em torno de 3 ou 4 dias; sua persistência no solo pode ser superior a vários meses, dependendo do pH e da composição do solo (Tu et al., 2001).

É também móvel no solo; portanto, as doses utilizadas e os períodos de segurança devem ser cuidadosamente controlados para evitar riscos que podem afetar plantas e culturas não-alvo (León et al 2019).

Devido à escassez de estudos na literatura dos possíveis efeitos ambientais de subdoses do imazapyr para plantas não alvos, esse estudo tem como objetivo avaliar o efeito de subdoses em modelos biológicos terrestres e aquáticos.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em casa de vegetação localizada a latitude sul 20°33'26" e longitude oeste 48°34'04", com altitude de 530 metros. O herbicida utilizado foi imazapyr com 266.3 g i.a L⁻¹ na formulação (Contain®, Basf, Brasil).

3.2.1 Efeito de subdoses do imazapyr em plantas terrestres não alvos

As sementes de *Cucurbita pepo* (abóbriinha), *Lactuca sativa* (alface), *Oryza sativa* (arroz), *Phaseolus vulgaris* (feijão) e *Arachis hypogaea* (amendoim) foram semeadas em bandejas de germinação com substrato orgânico (Carolina Soil®). Após a emissão da terceira folha verdadeira, foi transplantada uma planta por vaso (10x14,5 cm) preenchido com solo e substrato orgânico (Carolina Soil®) na proporção 1:1 (Figura 1).

As plantas cresceram por mais 16 dias após o transplante para aclimação, e, em seguida, foi realizada a aplicação do herbicida com pulverizador costal pressurizado (CO₂) à pressão constante de 172,36 kPa, com barra com pontas de jato plano leque DG 11002 (Teejet®), espaçadas em 50 cm, com volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹ (Figura 1). Foram testadas as seguintes subdoses de imazapyr; 1,0; 4,15; 16,6 e 66,5 g i.a ha⁻¹, que correspondem a 0,19%; 0,78%; 3,12% e 12,49% da maior dose recomendada no campo (2 L ha⁻¹). Uma testemunha sem aplicação foi mantida para cada espécie. Utilizou-se do delineamento experimental inteiramente casualizado com 10 repetições.

Os experimentos foram conduzidos por 21 dias após a aplicação (DAA). As avaliações dos sinais de intoxicação foram realizadas em 1; 3; 7; 14; e 21 (DAA). Em que eram observado clorose, necrose, atraso no desenvolvimento do limbo foliar, crescimento irregular do caule e do limbo foliar e perda da capacidade de sustentação. Após 21 DAA as plantas foram medidas (parte aérea e radicular) e foi realizado a quantificação da massa fresca em balança semianalítica (Figura 1). Em seguida, as plantas foram submetidas a secagem em temperatura ambiente para obtenção e quantificação da massa seca.

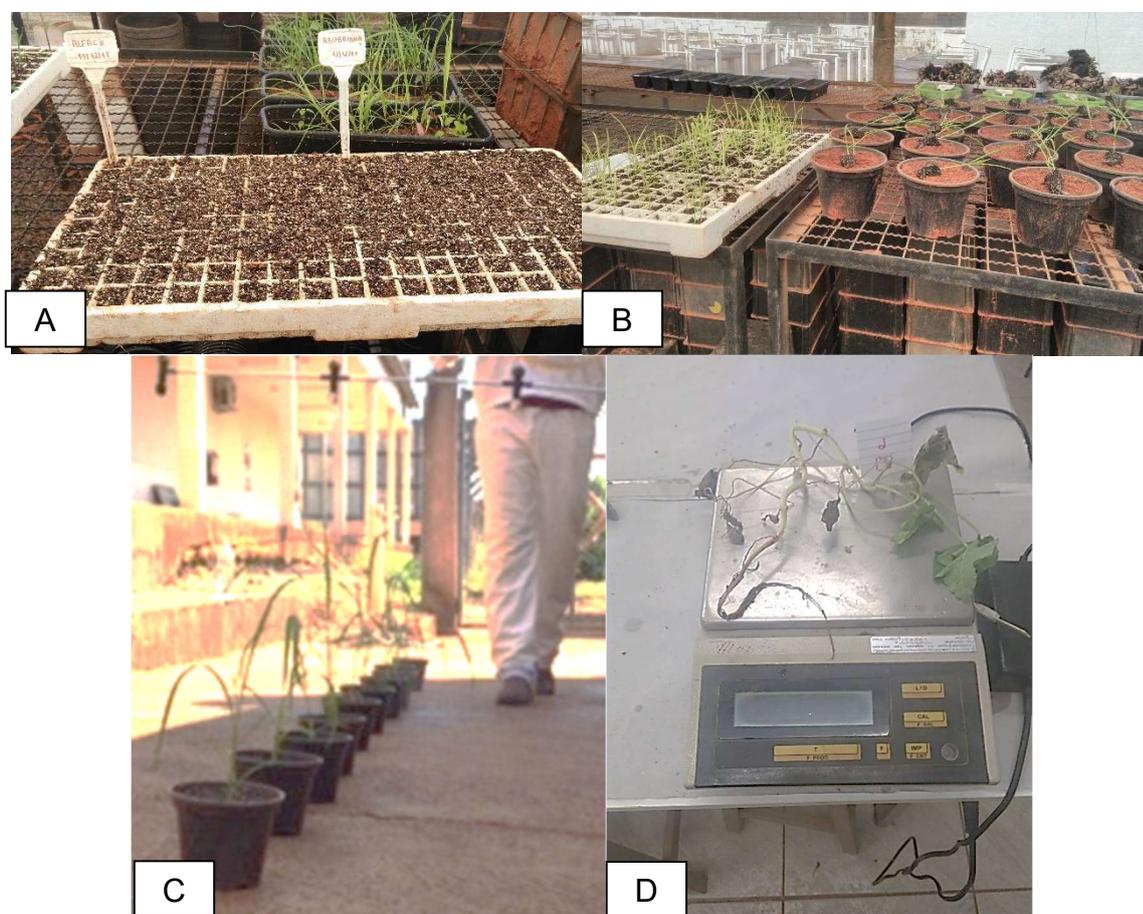


Figura 1. (A) Semeadura das plantas em bandejas. (B) Transplante após a emissão da terceira folha verdadeira para vasos. (C) Aplicação das subdoses do imzapyr. (D) Pesagem das plantas para quantificação da massa fresca.

Posteriormente, utilizamos o software Agroestat (Barbosa e Maldonado, 2015) para submeter os dados à análise de variância (ANOVA) e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de crescimento da parte aérea

e radicular, massa fresca, massa seca (todas as espécies) e porcentagem de intoxicação (apenas para *A. hypogaea*) foram transformados em $\sqrt{x + 10}$.

3.2.2 Efeito de subdoses do imazapyr para plantas aquáticas não alvo

Neste experimento foram utilizadas caixa tipo box (41,5 x 29,5 x 7,5 cm). Adicionou-se 2,0 kg de solo (Latosolo Vermelho Distrófico) + areia fina lavada (2,0 mesh) e em foram adicionados 3 L de água formando uma interface solo-água.

Após 24 horas, plantas de *Hydrocoyle. ranunculoides* (chapéu de sapo) foram transplantadas no solo mantido junto a uma das bordas da caixa e 15 frondes de *Lemna minor* (lentilha d'água) foram adicionadas na água mantendo-se esta condição por 7 dias para aclimação.

Os tratamentos e o delineamento experimentais foram os mesmos descritos anteriormente, utilizando-se de cinco repetições. A aplicação do herbicida foi realizada de maneira similar à descrita para as plantas terrestres (Figura 2).

O experimento foi conduzido por 21 dias e as avaliações foram realizadas em 3, 7, 14 e 21 DAA, em que foram avaliados sinais de intoxicação, tais como clorose e necrose das plantas. Após os 21 DAA as plantas foram retiradas para a quantificação da massa fresca em balança semianalítica e em seguida foram submetidas a secagem em temperatura ambiente para obtenção e quantificação da massa seca.

Posteriormente utilizamos o software Agroestat (Barbosa e Maldonado., 2015) para submeter os dados análise de variância (ANOVA) e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram transformados em $\sqrt{x + 10}$.

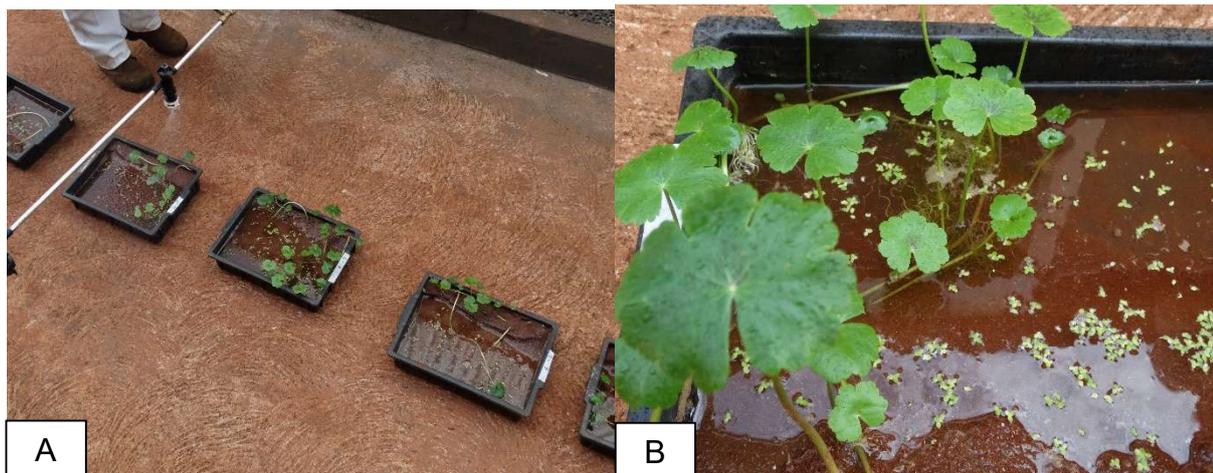


Figura 2. (A) Aplicação das subdoses de imazapyr nas plantas *H. ranunculoides* e *L. minor* (B) Plantas após a aplicação do herbicida.

3.2.3 Efeito de subdoses de imazapyr em cana-de-açúcar

Foram testadas mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar variedade IAC SP01-5503, em aplicações pré-plantio e pós-plantio. Foram utilizados vasos (18x25,5 cm) preenchidos com solo e substrato orgânico (Carolina Soil®).

Os tratamentos e o delineamento experimentais foram os mesmos descritos anteriormente, utilizando-se 10 repetições. A aplicação do herbicida foi realizada de maneira similar à descrita para as plantas terrestres.

Em pré-plantio, a aplicação foi realizada diretamente no solo e após 1 hora da aplicação foi realizado o plantio das mudas de cana. Em pós-plantio, as mudas foram transplantadas para os vasos (Figura 3) e a aplicação foi realizada depois de 18 dias.

Os experimentos foram conduzidos por 45 dias. As avaliações dos sinais de intoxicação foram realizadas em 1, 3, 7, 14, 20, 30 e 45 DAA, em que foram observados sinais de intoxicação tais como: clorose, necrose, atraso no desenvolvimento, crescimento irregular do caule, perda da capacidade de sustentação, encarquilhamento das folhas. Após 45 DAA as plantas foram medidas (parte aérea e radicular) e foi realizado a quantificação da massa fresca em balança semianalítica. Em seguida, as plantas foram submetidas a secagem em temperatura ambiente para obtenção e quantificação da massa seca.

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de crescimento da parte aérea e radicular, massa fresca e massa seca foram transformados em $\sqrt{x + 10}$.



Figura 3. Vista geral das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar após o transplante para os vasos.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Efeito de subdoses de imazapyr em plantas terrestres não alvos

3.3.1.1 Efeito de subdoses na planta *Cucurbita pepo*

A intoxicação de *C. pepo* aumentou com o aumento das subdoses de imazapyr e com os dias de avaliação. As subdoses testadas 16,6 e 66,5 g i.a L⁻¹ não apresentaram diferenças significativas em 3 e 7 DAA, ambas apresentaram 55% de intoxicação em 3 DAA e em 7 DAA apresentaram 58 e 60% respectivamente. Em 14 e 21 DAA todas as subdoses diferiram estatisticamente (Tabela 1). A *C. pepo* apresentou 91% em 14 DAA exposto a 66,5 g ha⁻¹ de imazapyr. Carvalho et al., (2010)

observaram que o *Cucumis sativus* (pepino) apresentou 1,5 a 5% de sinais de intoxicação quando semeados em 7 e 15 dias após a aplicação de 60 g ha⁻¹ de nicosulfuron.

Tabela 1. Porcentagem de sinais de intoxicação do imazapyr para a planta teste *C. pepo*.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)			
	3	7	14	21
1,00	10,7 b	17,5 b	48,6 d	70,0 d
4,15	7,9 b	21,6 b	59,0 c	80,0 c
16,60	55,0 a	58,0 a	76,8 b	90,0 b
66,50	55,0 a	60,0 a	91,0 a	96,5 a
DMS (5%)	5,54	6,54	9,94	3,49
CV	14,32	13,82	11,99	3,45
F	329,08**	177,21**	51,88**	160,34**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

A maior subdose testada do herbicida nas plantas *C. pepo* apresentou os seguintes sinais: as folhas sofreram abscisão, paralização do crescimento das plantas, pouco desenvolvimento das raízes e com 21 dias causou morte das plantas.

Todas as subdoses apresentaram clorose de borda da folha e necroses pontuais ou de borda de folha. Em 1,0 g i.a ha⁻¹ ocorreu necrose de gema apical. Em 4,15 g i.a ha⁻¹ ocorreu epinastia de folhas, perda da capacidade de sustentação do caule e necrose da gema apical. Para 16,6 g i.a ha⁻¹ ocorreu atraso no desenvolvimento do limpo foliar, epinastia de folha e crescimento irregular do caule e em 66,5 g i.a ha⁻¹ ocorreu atraso no desenvolvimento do limpo foliar, epinastia de folha e necrose da gema primeira + abscisão de folhas (Figura 4).

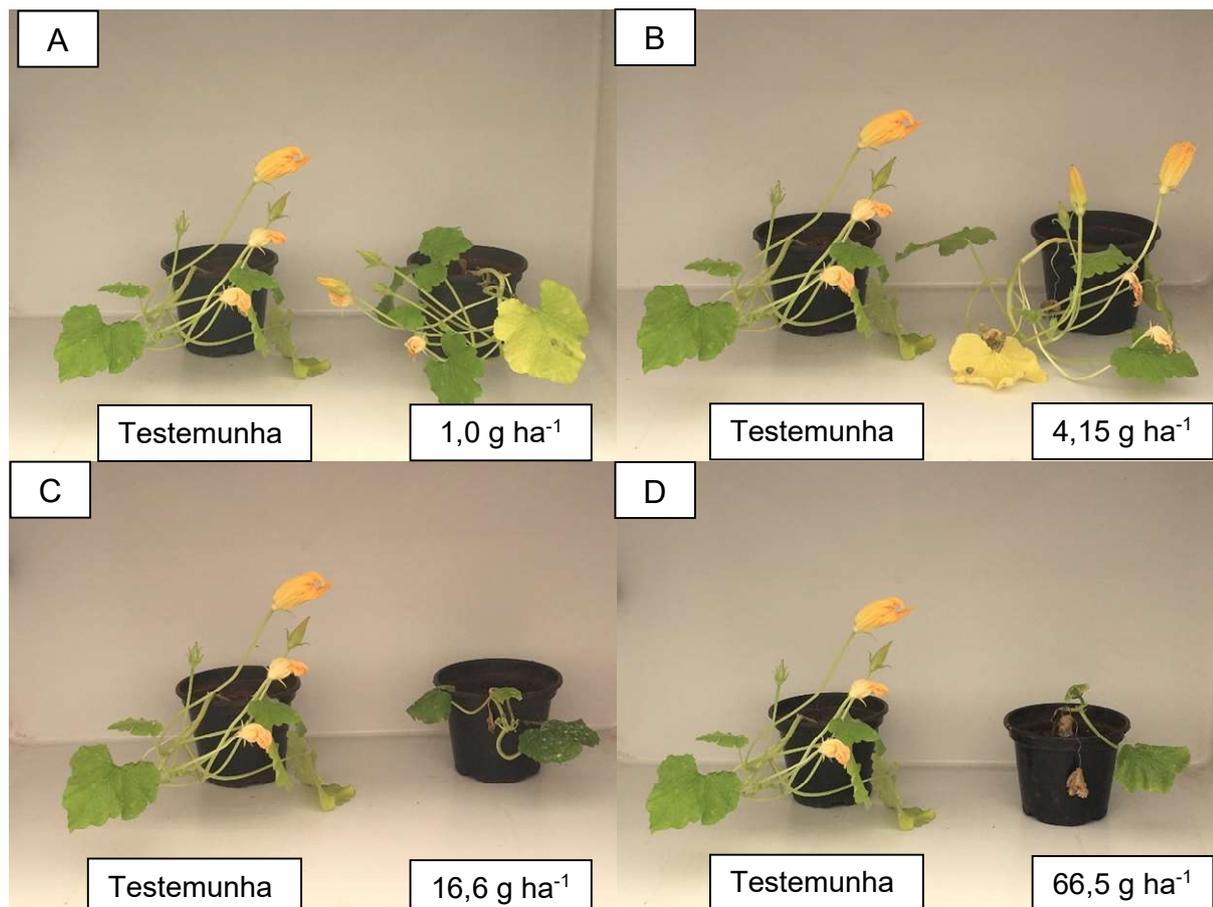


Figura 4. Plantas testes de *C. pepo* com aplicação de imazapyr em 21 DAA. (A) Subdose 1,00 g i.a ha⁻¹. (B) Subdose 4,15 g i.a ha⁻¹. (C) Subdose 16,6 g i.a ha⁻¹. (D) Subdose 66,5 g i.a ha⁻¹.

Para o comprimento aéreo e radicular foi notável a paralização do crescimento nas subdoses 16,6 e 66,5 g i.a ha⁻¹, para massa fresca apesar de não apresentar diferença estatística a subdose 1,00 g i.a ha⁻¹ apresentou um acréscimo em relação a testemunha.

Para o comprimento da parte aérea, radicular, massa fresca e massa seca de *C. pepo* ocorreu diminuição com aumento das subdoses testadas. Para o comprimento da parte aérea e radicular e para massa fresca a testemunha e as subdoses 1,00 e 4,15 g i.a ha⁻¹ não diferiram estatisticamente e para massa seca a subdose 1,00 g i.a ha⁻¹ não diferiu da testemunha e da subdose 4,15 g i.a ha⁻¹. A massa fresca apresentou 93,69% de redução e a massa seca 92,32%. (Tabela 2). A subdose 1,00 apresentou um acréscimo de massa fresca de 6,09% (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho vegetativo da planta teste *C. pepo* exposta a subdoses de imazapyr.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Comp. parte aérea (cm)	Comp. radicular (cm)	Massa fresca (g)	+ ou - massa fresca (%)	Massa seca (g)	+ ou - Massa seca (%)
0,00	32,2 a	13,2 a	13,13 a	0,00	2,76 a	0,00
1,00	32,6 a	12,2 a	13,93 a	+6,09	2,45 ab	-11,20
4,15	30,2 a	12,9 a	10,59 a	-19,35	1,92 b	-30,48
16,60	15,0 b	2,7 b	5,79 b	-55,86	1,17 c	-57,48
66,50	3,9 c	2,7 b	0,83 c	-93,69	0,21 d	-92,32
DMS (5%)	0,65	0,65	0,44		0,08	
CV	9,14	11,97	8,09		1,90	
F	60,41**	17,70**	36,54**		54,63**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; + acréscimo; - redução.

3.3.1.2 Efeito de subdoses na planta *Lactuca sativa*

Na subdose 66,5 g i.a ha⁻¹ é notável o aumento da intoxicação em 14 e 21 DAA da *L. sativa*. Em 7 DAA as subdoses 4,15 e 16,60 g i.a ha⁻¹ não diferiram entre si apresentando 6,2 e 7,2% de intoxicação, em 14 e 21 DAA todas as subdoses diferiram (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de sinais de intoxicação do imazapyr para a planta teste *L. sativa*.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)		
	7	14	21
1,00	5,2 d	6,2 d	7,2 d
4,15	6,2 b	7,2 c	8,2 c
16,60	7,2 b	8,2 b	9,2 b
66,50	8,2 a	35,2 a	40,2 a
DMS (5%)	0,51	0,51	0,51
CV	6,29	2,97	2,60
F	93,75**	11062,50**	14437,50**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Todas subdoses apresentaram clorose de borda e em 66,50 g i.a ha⁻¹ apresentaram também necroses pontuais e atraso no desenvolvimento do limbo foliar. A maior subdose testada do herbicida na *L. sativa* apresentou sintomas característicos do seu modo de ação, como: paralização do crescimento das plantas e pouco desenvolvimento das raízes (Figura 5).

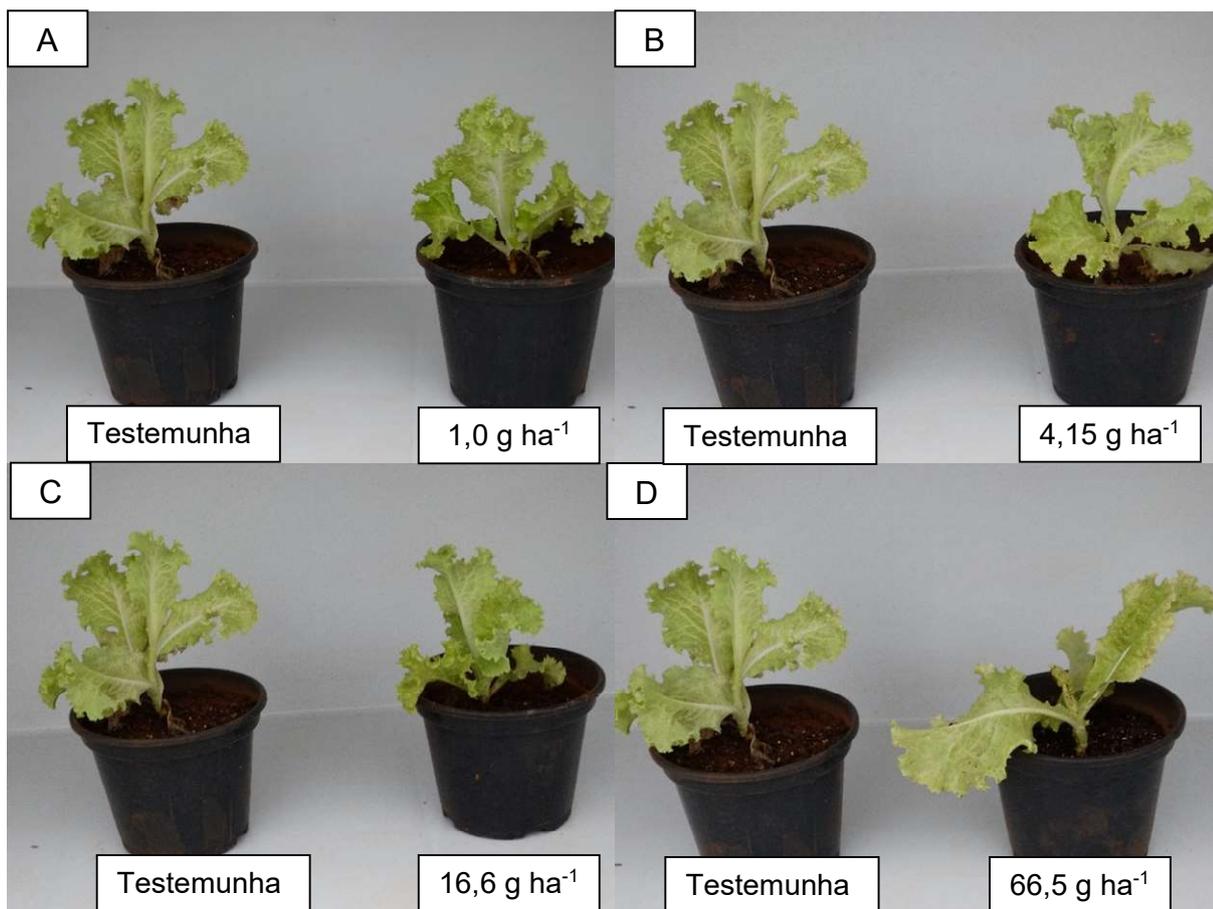


Figura 5. Plantas testes de *L. sativa* com aplicação de imazapyr em 21 DAA. (A) Subdose 1,0 g i.a ha⁻¹. (B) Subdose 4,15 g i.a ha⁻¹. (C) Subdose 16,6 g i.a ha⁻¹. (D) Subdose 66,5 g i.a ha⁻¹.

O crescimento aéreo mesmo que similares a subdose 16,6 g i.a ha⁻¹ apresentou um acréscimo em relação a testemunha e para o crescimento radicular aconteceu uma queda na subdose 4,15 g i.a ha⁻¹. Para massa seca apresentou um acréscimo nas subdoses 1,0 e 16,6 g i.a ha⁻¹ em relação a testemunha.

O crescimento da parte aérea da *L. sativa* apresentou diferença significativa apenas na subdose 66,50 g i.a ha⁻¹ que apresentou 6,12 cm e para o comprimento radicular a subdose 1,0 e 16,60 g i.a ha⁻¹ não diferiu entre si apresentando 18,30 e 17,75 cm e foram similares a testemunha que apresentou 17,50 cm (tabela 4).

Tabela 4. Desempenho vegetativo da planta teste *L. sativa* exposta a subdoses de imazapyr.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Comp. Parte aérea (cm)	Comp. Raiz (cm)	Massa fresca (g)	+ ou - massa fresca (%)	Massa seca (g)	+ ou - Massa seca (%)
0,00	14,7 a	17,50 ab	13,11 a	0,00	1,96 a	0
1,00	12,80 a	18,30 a	14,47 a	+ 10,37	2,13 a	+ 8,83
4,15	15,05 a	10,65 bc	11,52 a	- 12,11	1,52 a	- 22,55
16,60	17,95 a	17,75 a	13,68 a	+ 4,41	2,50 a	+ 27,55
66,50	6,12 b	10,75 c	8,52 a	- 34,97	1,50 a	- 23,37
DMS (5%)	0,81	0,67	0,71		0,21	
CV	13,34	10,64	11,96		4,67	
F	5,16**	5,62**	1,95 ns		1,35 ns	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo; + acréscimo; - redução.

3.3.1.3 Efeito de subdoses na planta *Oryza sativa*

O imazapyr não causou sinais de intoxicação na *O. sativa* (Figura 6), sendo similar para a mesma planta *O. sativa* (arroz vermelho) e *O. sativa* (cultivar Clearfield) expostos a imazamox (40; 80; 160, 320 e 640 g i.a ha⁻¹) e imazethapyr (35, 70, 140, 280 e 560 g i.a ha⁻¹) onde não apresentou sinais de intoxicação. (Kaloumenos et al., 2013).

Boutin et al., (2012) observaram que as plantas *Lolium perene*, *Zea mays* (milho) e *Avena sativa* (aveia) expostas a 4,0 g i.a ha⁻¹ do herbicida PAR III® apresentou 50% de intoxicação.

Os resultados da *O. sativa* exposto ao imazapyr diferiu da *O. sativa* semeada em 7; 15; 30 e 45 dias após a aplicação de 60 g ha⁻¹ de nicosulfuron, que apresentaram sinais de intoxicação de 2 a 14% (Carvalho et al., 2010), enquanto o *O. sativa* exposto ao imazapyr não apresentou nenhum sinal de intoxicação.

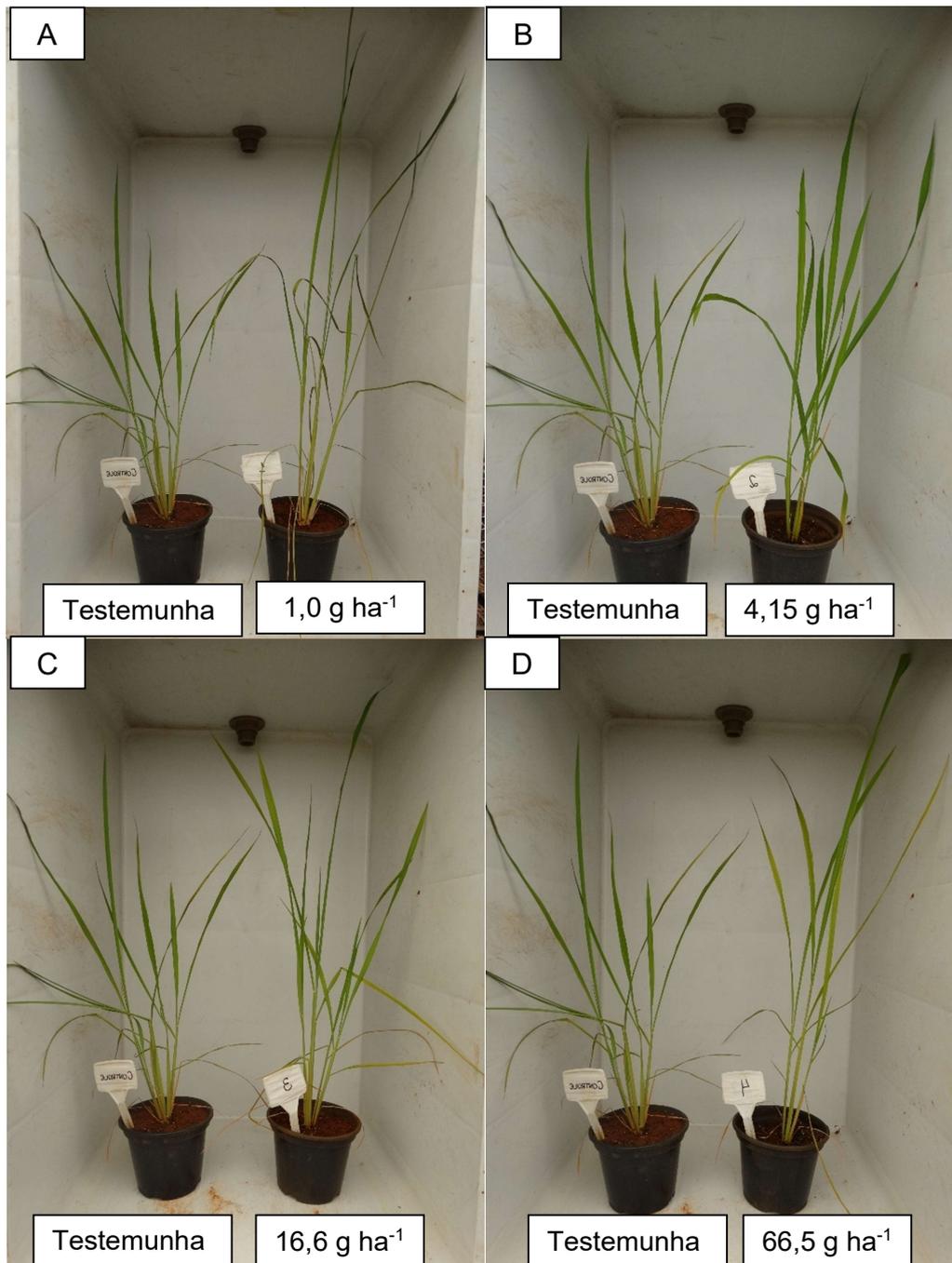


Figura 6. Plantas testes de *O. sativa* com aplicação de imazapyr em 21 DAA. (A) Subdose 1,0 g i.a ha⁻¹. (B) Subdose 4,15 g i.a ha⁻¹. (C) Subdose 16,6 g i.a ha⁻¹. (D) Subdose 66,5 g i.a ha⁻¹.

Para o comprimento aéreo das plantas apesar de não apresentarem diferença estatística a subdose 1,0 g i.a ha⁻¹ apresentou um acréscimo em relação ao controle, já o comprimento radicular, massa fresca e seca permaneceu mais semelhantes

O comprimento da parte aérea, radicular, massa fresca e seca não apresentaram diferença significativa. Para massa fresca ocorreu redução de 38,78%

e a massa seca de 36,64% (Tabela 5), onde diferiu para as plantas *O. sativa* (arroz vermelho) e *O. sativa* (cultivar Clearfield) que para redução de 50% do peso fresco é necessário doses 27,8 e 19,5 g i.a ha⁻¹ de imazamox e 26,8 e 26,5 g i.a ha⁻¹ de imazethapyr (Kaloumenos et al., 2013).

Tabela 5. Desempenho vegetativo da planta teste *O. sativa* exposta a subdoses de imazapyr.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Comp. Parte aérea (cm)	Comp. Raiz (cm)	Massa fresca (g)	+ ou - massa fresca (%)	Massa seca (g)	+ ou - Massa seca (%)
0,00	76,60 a	22,75 a	22,18 a	0,00	5,54 a	0,00
1,00	83,80 a	23,80 a	19,33 a	-12,85	5,04 a	-9,03
4,15	75,80 a	22,70 a	16,67 a	-24,83	4,03 a	-27,29
16,60	76,70 a	21,90 a	19,91 a	-10,23	5,06 a	-8,60
66,50	75,60 a	19,70 a	13,58 a	-38,78	3,51 a	-36,64
DMS (5%)	0,87	0,52	0,86		0,37	
CV	7,31	7,28	12,90		7,76	
F	0,70 ns	1,08 ns	2,00 ns		1,28 ns	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; NS = não significativo; + acréscimo; - redução.

3.3.1.4 Efeito de subdoses na planta *Phaseolus vulgaris*

A intoxicação de *P. vulgaris* aumentou com o aumento das subdoses e com os dias de avaliação. Em 3 DAA as subdoses testadas 16,60 e 66,50 g i.a ha⁻¹ não diferiram entre si apresentando 37,40 e 38,00% de intoxicação e foi similar a subdose 4,15 g i.a ha⁻¹ que apresentou 33,10% de intoxicação. Em 7, 14 e 21 DAA todas as subdoses testadas diferiram entre si (Tabela 6).

Tabela 6. Porcentagem de sinais de intoxicação do imazapyr para a planta teste *P. vulgaris*.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)			
	3	7	14	21
1,00	33,10 b	31,3 d	38,20 d	40,40 d
4,15	36,00 ab	38,2 c	40,20 c	44,10 c
16,60	37,40 a	40,0 b	45,00 b	50,00 b
66,50	38,00 a	45,0 a	50,00 a	60,00 a
DMS (5%)	4,10	0,68	0,54	0,78
CV	9,40	1,42	1,03	1,34
F	4,13*	36377**	1389,83**	1720,84**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1% de probabilidade.

Os resultados encontrados diferiram para a mesma planta *P. vulgaris* quando semeado após 7 e 15 dias de aplicação de 60 g ha⁻¹ de nicosulfuron que apresentou de 2 a 6% de intoxicação (Carvalho et al., 2010).

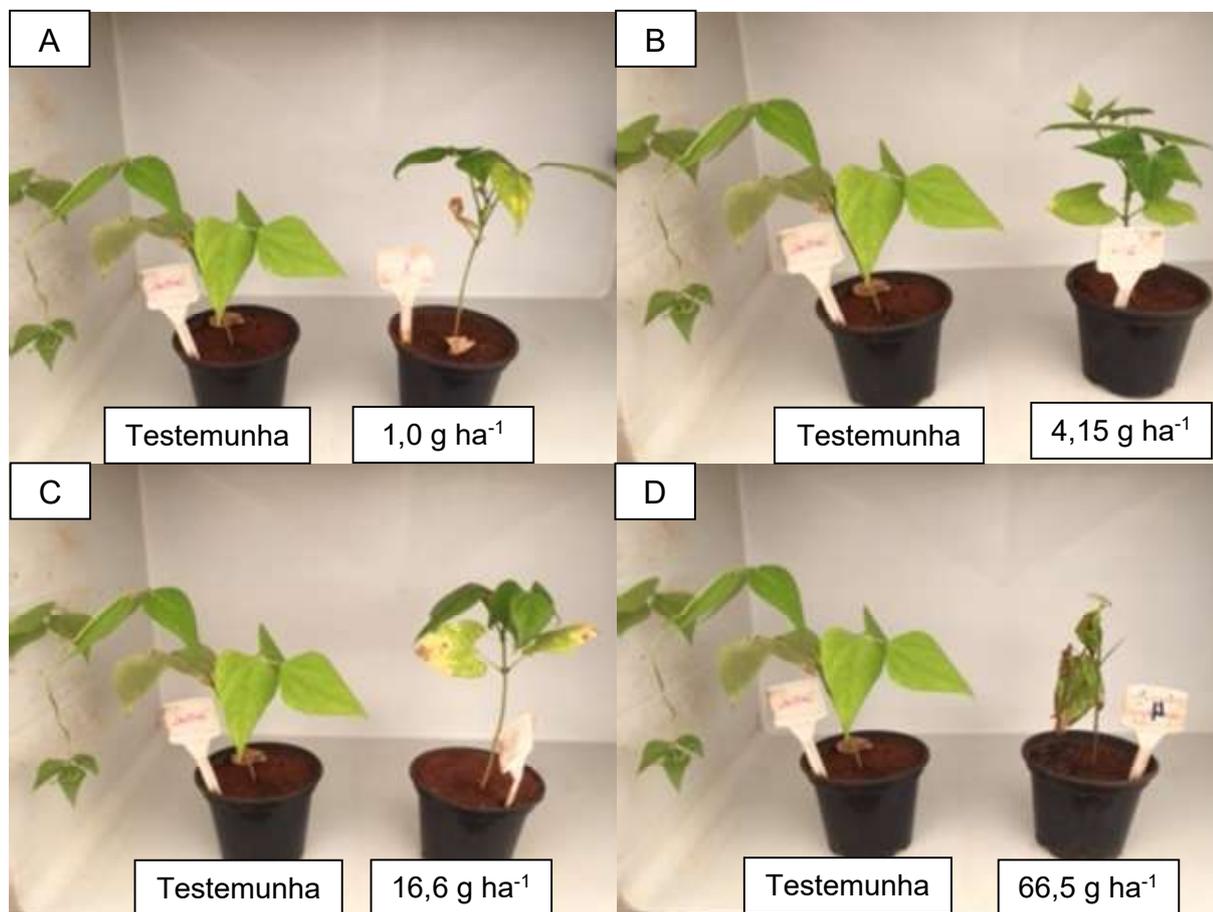


Figura 7. Plantas testes de *O. sativa* com aplicação de imazapyr em 21 DAA. (A) Subdose 1,0 g i.a ha⁻¹. (B) Subdose 4,15 g i.a ha⁻¹. (C) Subdose 16,6 g i.a ha⁻¹. (D) Subdose 66,5 g i.a ha⁻¹.

Todas subdoses apresentaram clorose de borda, necrose pontual (Figura 7). E as subdoses 16,60 e 66,50 g i.a ha⁻¹ apresentaram também crescimento irregular do caule. A maior subdose testada do herbicida nas plantas *P. vulgaris* apresentou sintoma característico do seu modo de ação como: paralização do crescimento das plantas.

O comprimento aéreo diminui com o aumento das subdoses, o comprimento radicular apesar de não apresentarem diferença estatística a subdose 1,0 g i.a ha⁻¹ apresentou um acréscimo. Para massa fresca a subdose 66,5 g i.a ha⁻¹ reduziu e a massa seca permaneceu semelhante.

Para o comprimento da parte aérea de *P. vulgaris* o controle diferiu de todas as subdoses testadas apresentando 87,50 cm. Os comprimentos radiculares não diferiram estatisticamente. Para massa fresca a subdose 66,50 g i.a ha⁻¹ diferiu de todas as outras subdoses com 5,92 g. Para massa seca a testemunha e a subdose 1,00 não diferiram entre si e foram similares a 4,15 e 16,60 g i.a ha⁻¹ (Tabela 7).

Tabela 7. Desempenho vegetativo da planta teste *P. vulgaris* exposta a subdoses de imazapyr.

Subdose. (g i.a ha ⁻¹)	Comp. Parte aérea (cm)	Comp. Raiz (cm)	Massa fresca (g)	+ ou - massa fresca (%)	Massa seca (g)	+ ou - Massa seca (%)
0,00	87,50 a	13,05 a	11,90 a	0,00	2,65 a	0,00
1,00	43,30 b	28,90 a	12,17 a	+2,29	3,18 a	+ 19,98
4,15	32,70 bc	21,60 a	11,45 a	-3,77	2,31 ab	- 12,88
16,60	23,00 c	20,50 a	11,85 a	-0,39	2,24 ab	- 15,30
66,50	19,60 c	12,60 a	5,92 b	-50,29	0,97 b	- 63,35
DMS (5%)	1,28	1,41	0,42		0,24	
CV	14,59	21,00	7,38		5,45	
F	28,68**	2,16 NS	8,46**		3,47*	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1% de probabilidade; NS = não significativo; + acréscimo; - redução.

A massa fresca apresentou 50,29% de redução e a massa seca 63,64% (Tabela 7). Florencia et al., (2017) relatam que as plantas *Rhynchosia edulis* e *Acacia aromav* expostas a 962 e 793 g i.a ha⁻¹ de glifosato apresentaram uma redução de peso seco de 25 e 23,3%. Apesar da massa fresca e seca terem sido similares a testemunha, a subdose 1,00 g i.a ha⁻¹ apresentou acréscimo de 2,29 e 19,98%.

3.3.1.5 Efeito de subdoses na planta *Arachis hypogaea*

As subdoses do imazapyr para o *A. hypogaea* apresentou pouco sinais de intoxicação, aumentando a partir de 14 DAA (Figura 8).

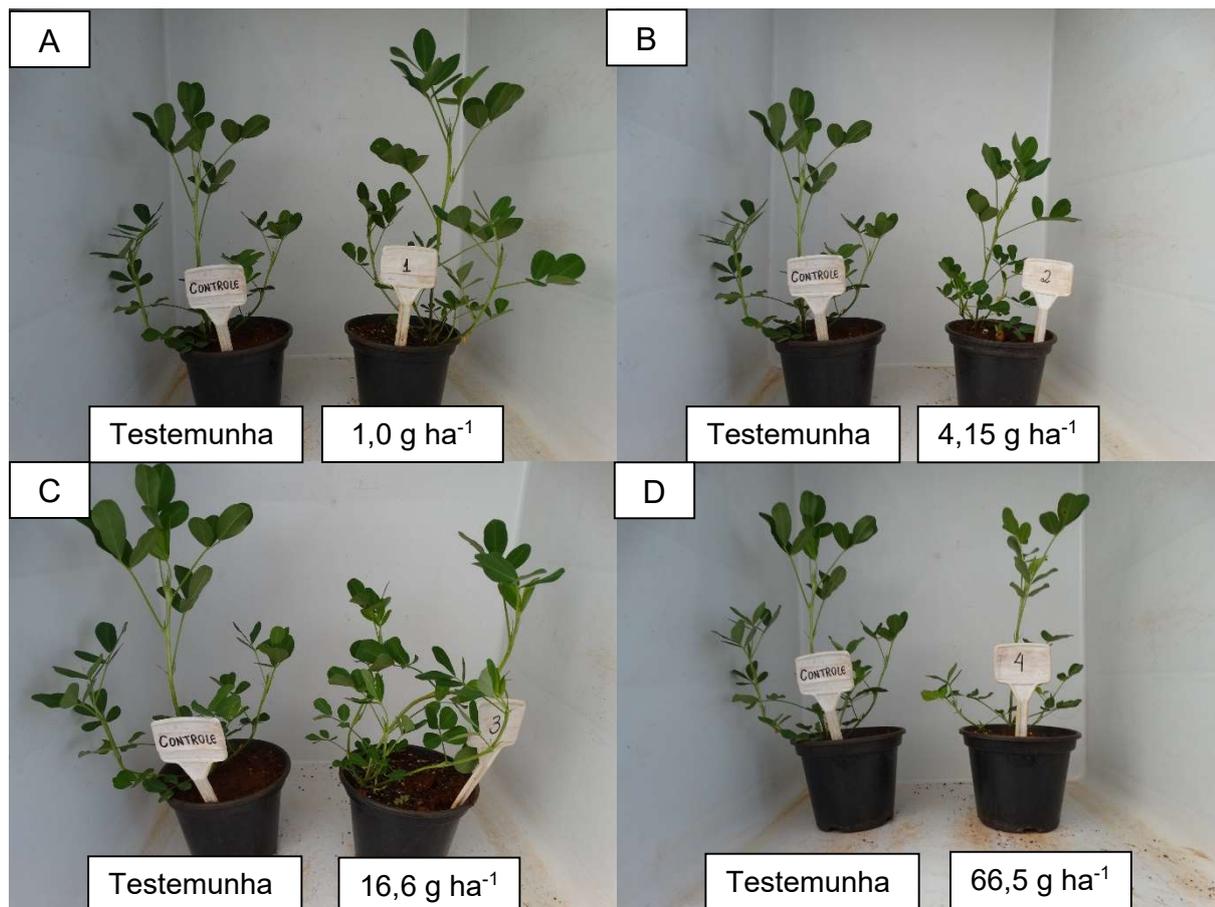


Figura 8. Plantas testes de *A. hypogaea* com aplicação de imazapyr em 21 DAA. (A) Subdose 1,0 g i.a ha⁻¹. (B) Subdose 4,15 g i.a ha⁻¹. (C) Subdose 16,6 g i.a ha⁻¹. (D) Subdose 66,5 g i.a ha⁻¹.

Em 7 DAA as subdoses testadas não diferiram para o *A. hypogaea*, em 14 DAA a subdose 4,15 g i.a ha⁻¹ apresentou 10,00% de intoxicação e foi similar a 1,00 e 16,60 g i.a ha⁻¹ e em 21 DAA a subdose 1,0 g i.a ha⁻¹ foi similar a 4,15 g i.a ha⁻¹, e a subdose 16,60 g i.a ha⁻¹ apresentou 35,00% de intoxicação e foi similar a 66,50 g i.a ha⁻¹ (Tabela 8). A subdose 1,00 g i.a ha⁻¹ apresentou clorose de borda e as subdoses 4,15; 16,60 e 66,50 g i.a ha⁻¹ apresentaram necrose pontual e atraso no desenvolvimento do limbo foliar.

Tabela 8. Porcentagem de sinais de intoxicação do imazapyr para a planta teste *A. hypogaea*.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após aplicação (DAA)		
	7	14	21
1,00	0,0 a	1,0 c	3,0 b
4,15	0,0 a	10,0 bc	14,0 b
16,60	0,0 a	21,0 b	35,0 a
66,50	2,5 a	40,0 a	44,0 a
DMS (5%)	0,34	1,46	1,38
CV	8,63	24,43	20,68
F	3,53*	17,76**	23,59**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1% de probabilidade; NS = não significativo.

O comprimento da parte aérea da *A. hypogaea* não apresentou diferença significativa e no comprimento radicular o controle apresentou 26,25 cm diferindo da subdose 1,00 g i.a ha⁻¹ que apresentou 33,90 cm. Para massa fresca e massa seca a testemunha apresentou 11,94 e 2,51 g respectivamente e foi similar a subdose 66,50 g i.a ha⁻¹ que apresentou 14,94 e 3,70 g respectivamente (tabela 9).

Tabela 9. Desempenho vegetativo da planta teste *A. hypogaea* exposta a subdoses de imazapyr.

Subdose. (g i.a ha ⁻¹)	Comp. Parte aérea (cm)	Comp. Raiz (cm)	Massa fresca (g)	+ ou - massa fresca (%)	Massa seca (g)	+ ou - Massa seca (%)
0,0	30,15 a	26,25 b	11,94 b	0,00	2,51 b	0,00
1,0	34,25 a	33,90 a	19,57 a	+63,91	4,18 a	+66,61
4,15	32,20 a	30,95 ab	17,51 a	+46,67	3,95 a	+57,72
16,6	35,0 a	27,60 ab	18,43 a	+54,36	4,49 a	+19,02
66,5	31,35 a	31,0 ab	14,94 ab	+25,09	3,70 ab	+47,47
DMS (5%)	0,39	0,54	0,48		0,19	
CV	4,69	6,70	7,35		3,98	
F	2,67*	3,39*	6,57**		4,98**	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1% de probabilidade; + acréscimo; - redução.

A massa fresca e seca apresentou acréscimo em todas as subdoses testadas e mesmo elas não apresentando diferença significativa a subdose 1,0 foi a que apresentou maior acréscimo de massa fresca e seca, sendo de 63,91 e 66,61% (Tabela 9).

Para a planta *Melilotus officinalis* expostas a 118,1 g i.a ha⁻¹ de glyphosate houve redução de 25% da massa fresca da planta e para *Vicia americanos* precisou de 304,5 g i.a ha⁻¹ para reduzir 25% (Boutin et al., 2012), enquanto nesta mesma

pesquisa o imazapyr causou acréscimos na massa fresca e massa seca. Diferiu para as plantas de amendoim e soja expostas a 18000 mL ha⁻¹ de acetoclor, onde reduziu 15,23% da massa seca da parte aérea do amendoim e 10% da soja (Guan et al., 2020).

3.3.2 Efeito de subdoses de imazapyr em plantas aquáticas não alvo

3.3.2.1 Efeito de subdoses de imazapyr em *Hydrocotyla ranunculoides*

A *H. ranunculoides* em 7 DAA a subdose 66,5 g i.a ha⁻¹ apresentou 8,20% de intoxicação e foi similar as subdoses 1,0 e 16,6 g i.a ha⁻¹ (Figura 9). Em 14 e 21 DAA a subdose 66,50 diferiu das demais subdoses estatisticamente (Tabela 10).

Tabela 10. Porcentagem de sinais de intoxicação do imazapyr para a planta teste *H. ranunculoides*

Subdose. (g i.a ha ⁻¹)	Dias após a aplicação (DAA)		
	7	14	21
1,0	3,40 ab	9,60 b	18,60 b
4,15	1,40 b	6,00 b	11,00 b
16,6	4,20 ab	10,80 b	18,20 b
66,5	8,20 a	20,60 a	52,00 a
DMS (5%)	0,70	0,83	1,37
CV	10,29	9,90	13,16
F	4,36*	9,72**	17,31**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade; *Significativo a 1% de probabilidade.

O resultado para *H. ranunculoides* diferiu ao da planta *Pistia stratiotes* (alface d'água) exposta a hexazinoma (0,000333 g L⁻¹) que em 21 DAA causou 40% de intoxicação e diferiu também para a planta *Eichhornia crassipes* (aguapé) que apresentou 20% de intoxicação em 21 DAA, em 7 e 14 DAA as duas macrófitas apresentaram clorose e em 21 DAA apresentaram necroses (Ribeiro et al., 2019), sendo similar ao resultado encontrado nesse estudo para *H. ranunculoide* que em 1 e 14 DAA a planta apresentou apenas clorose e em 21 DAA apresentou necrose.

Para a massa fresca e massa seca as subdoses testadas não apresentaram diferenças (Tabela 11), a massa fresca apresentou redução de 26,62% em 66,50 g i.a ha⁻¹ diferindo do resultado encontrado para simazina (0,005 g L⁻¹) que em 28 DAA

causou redução de massa fresca para *Elodea canadensis* (elodea) de 85,6%, para *Glyceria maxima* (capim-maná) reduziu 40,5%, para *Persicaria amphibia* reduziu 58,46% e em 14 DAA para *Myriophyllum spicatum* reduziu 65,5% (Vervliet-Scheebaum et al., 2010). Diferiu também para *P. stratiotes* (alface d'água) expostas a hexazinoma (0,000333 g L⁻¹) que em 14 DAA a massa fresca desta espécie reduziu 13% (Ribeiro et al., 2019).

Tabela 11. Desempenho vegetativo da planta teste *H. ranunculoides* exposta a subdoses de imazapyr.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	+ ou - Massa fresca (%)	Massa seca (g)	+ ou - Massa fresca (%)
0,00	38,94 a	00,00	5,99 a	00,00
1,00	40,66 a	+4,42	6,01 a	+0,37
4,15	23,45 a	-39,78	4,46 a	-25,58
16,60	28,99 a	-25,53	5,15 a	-14,09
66,50	28,57 a	-26,62	4,69 a	-21,77
DMS (5%)	1,53	0,49	7,80	23,44
CV	12,57	6,63	45,96	44,30
F	2,39 ^{NS}	0,62 ^{NS}	1,02 ^{NS}	0,50 ^{NS}

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; NS = não significativo; + acréscimo; - redução.

A massa seca reduziu 21,77% em 66,50 g i.a ha⁻¹ diferindo para a planta *Glyceria maxima* que em 28 DAA a massa seca reduziu 33,5% exposta a simazina (0,005 g L⁻¹) e diferiu das plantas *E. canadensis*; *P. amphibia* e *M. spicatum* que expostas a mesma concentração de produto em 28 DAA apresentaram 87,5 e 56,0% de redução e em 14 DAA apresentou 85,3% de redução, respectivamente (Vervliet-Scheebaum et al., 2010).

Os resultados encontrados para *H. ranunculoides* diferiu do efeito do herbicida 2,4-D, que em subdoses, causou estímulo no crescimento (efeito hormese) de *E. densa* e *E. najas* e foi similar ao efeito do clomazone que provocou efeito herbicida nas macrófitas *E. densa* e *E. najas* (Peres et al., 2017).

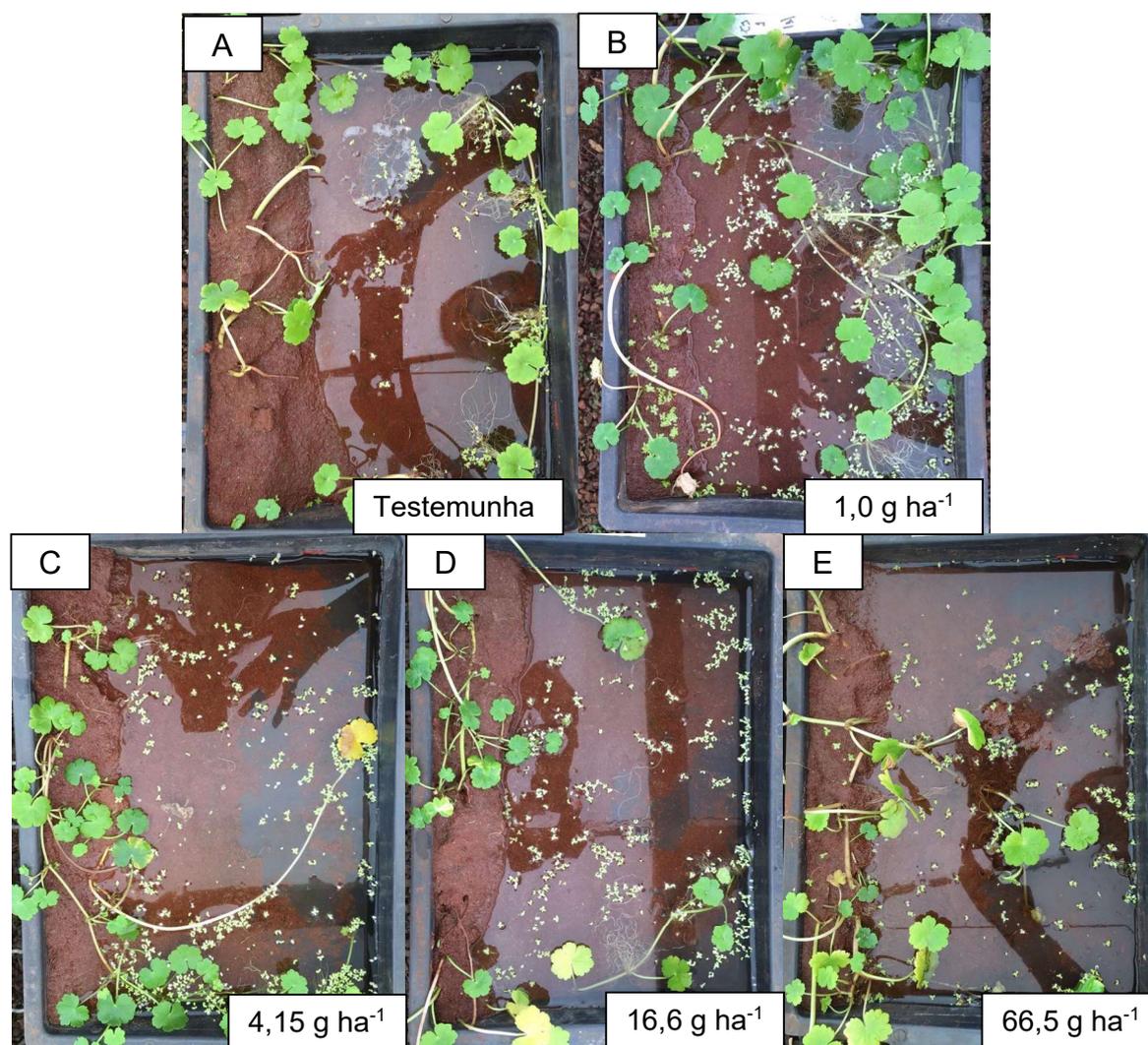


Figura 9. Plantas testas *H. ranunculoides* e *L. minor* com aplicação de imazapyr em 21 DAA. (A) Testemunha. (B) Subdose 1,0 g i.a ha⁻¹. (C) Subdose 4,15 g i.a ha⁻¹. (D) Subdose 16,6 g i.a ha⁻¹. (E) Subdose 66,5 g i.a ha⁻¹.

3.3.2.2 Efeito de subdoses de imazapyr em *Lemna minor*

As subdoses testada não diferiram em todas as avaliações de *L. minor* (Tabela 12) (Figura 9). Os resultados encontrados de *L. minor* submetidos as subdoses de imazapyr diferiu para a mesma planta exposto ao mesmo herbicida onde a concentração letal 50% em 7 dias (CL50;7d) foi de 0,00106 g L⁻¹ (Cruz et al., 2015) e diferiu também para atrazine e clomazone que apresentaram CI50;7d de 0,00527 e 0,01023 g L⁻¹ respectivamente (Vechia et al., 2016).

Tabela 12. Porcentagem de sinais de intoxicação do imazapyr para a planta teste *L. minor*.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após a aplicação (DAA)		
	7	14	21
1,00	11,80 a	16,40 a	23,6 a
4,15	10,40 a	15,60 a	22,0 a
16,60	10,40 a	17,40 a	25,0 a
66,50	10,00 a	16,40 a	21,0 a
DMS (5%)	0,74	0,57	0,60
CV	9,06	6,12	5,79
F	0,20 ^{NS}	0,26 ^{NS}	1,03 ^{NS}

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo.

Os resultados da massa fresca e seca para *L. minor* não apresentaram diferença significativa entre as subdoses testadas (Tabela 13). A massa fresca e seca teve um acréscimo na maioria das subdoses testadas, mesmo sendo similar ao controle, e a dose 4,15 foi a que apresentou maior acréscimo, sendo ele de 60,42% e 71,94. Diferindo do resultado encontrado para *L. minor* submetido a dose de Sekator OD que reduziu o peso fresco em 57,2% (Žaltauskaitė e Norvilaitė., 2013).

Tabela 13. Desempenho vegetativo da planta teste *L. minor* exposta a subdoses de imazapyr.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Massa fresca (g)	+ ou - Massa fresca (%)	Massa seca (g)	+ ou - Massa seca (%)
0,00	2,18 a	00,00	0,28 a	00,00
1,00	1,83 a	+16,16	0,10 a	-63,31
4,15	3,49 a	+60,42	0,48 a	+71,94
16,60	2,16 a	-00,64	0,11 a	-61,87
66,50	2,83 b	+29,75	0,34 a	+21,58
DMS (5%)	0,48	0,10	1,84	3,08
CV	7,13	1,73	26,59	22,54
F	0,65 ^{NS}	0,99 ^{NS}	0,69 ^{NS}	0,71 ^{NS}

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; NS = não significativo; + acréscimo; - redução.

3.3.3 Efeito de subdoses de imazapyr em cana-de-açúcar

3.3.3.1 Efeito de subdoses do imazapyr em pré-plantio da MPB de cana-de-açúcar

A intoxicação das mudas de cana-de-açúcar após a exposição do imazapyr em pré plantio aumentou com o aumento das subdoses testadas e os dias de avaliação.

As mudas começaram apresentar sinais de intoxicação aos 14 DAA, em todas as avaliações as subdoses testadas diferiram uma das outras (Tabela 14).

Tabela 14. Porcentagem de sinais de intoxicação do imazapyr para a muda de cana-de-açúcar com aplicação em pré plantio.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após a aplicação (DAA)			
	14	21	30	45
1,00	5,0 d	10,00 d	15,0 d	30,0 d
4,15	16,5 c	21,50 c	26,50 c	41,50 c
16,60	31,5 b	41,50 b	51,50 b	81,50 b
66,50	42,0 a	52,00 a	63,50 a	92,50 a
DMS (5%)	2,58	2,58	3,52	2,60
CV	9,01	6,85	7,47	3,51
F	579,82**	787,09**	580,95**	1972,43**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Em todos os dias de avaliação as plantas apresentavam clorose em todas as subdoses testadas e essa clorose foi se intensificando com o aumento das subdoses e dos dias. Em 14 DAA na subdose 66,50 g i.a ha⁻¹ as plantas apresentaram paralização no crescimento e em 30 DAA a subdose 16,60 g i.a ha⁻¹ também paralisou o crescimento das plantas. Em 45 DAA a subdose 66,50 g i.a ha⁻¹ apresentou encarquilhamento das folhas (Figura 10). Resultados estes similares ao estudo de Dias et al., (2017) que observaram também em MPB de cana expostas ao diclosulam clorose e redução da altura das plantas.

Quando os herbicidas são aplicados antes do plantio das mudas pré-brotadas, as raízes das mudas estão localizadas na zona tratada com herbicida, de forma diferente desde os plantios convencionais em que as raízes estão localizadas abaixo da zona tratada. Esse fato pode levar à perda de seletividade e, portanto, a danos significativos (Dias et al 2017).

Beluci et al (2015) estudou a cultivar de cana IAC 95-5000, que apresentou sinais de intoxicação quando transplantada em 20 dias após a aplicação do imazapyr (500 g ha⁻¹) e de imazapique (245 g ha⁻¹), em que apresentaram sinais de intoxicação aos 20 dias após o plantio e decorridos 60 dias já estavam recuperadas. Ambos os estudos diferiram do resultado encontrado neste estudo, onde o imazapyr aplicado 1 hora antes do plantio causou graves sintomas e principalmente na estrutura das

mudas, e os sinais de intoxicação foram aumentando atingindo 92,50% de intoxicação em 45 DAA.

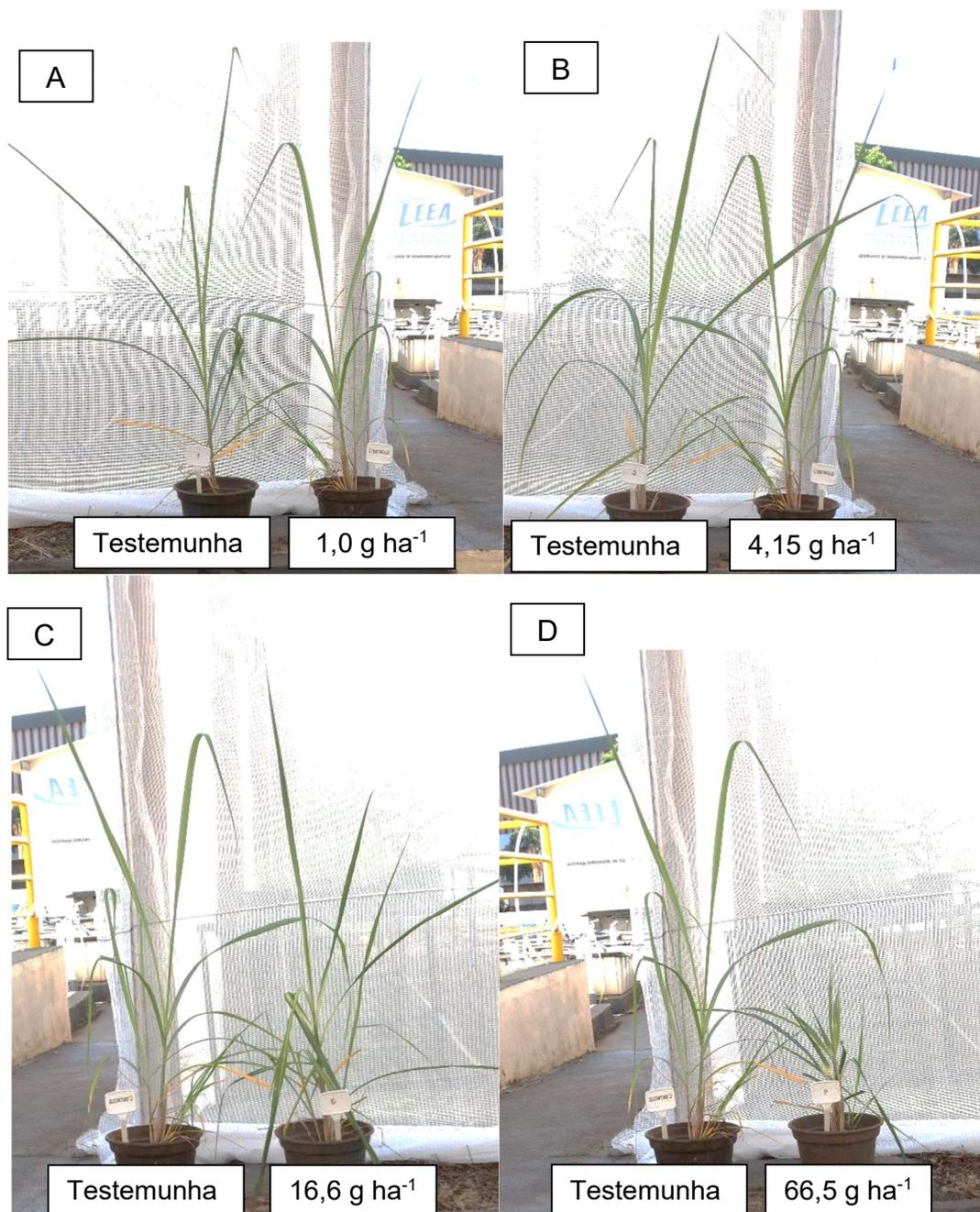


Figura 10. Mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar com aplicação de imazapyr em pré plantio em 21 DAA. (A) Subdose 1,0 g i.a ha⁻¹. (B) Subdose 4,15 g i.a ha⁻¹. (C) Subdose 16,6 g i.a ha⁻¹. (D) Subdose 66,5 g i.a ha⁻¹.

Dias et al (2017) estudou as variedades CTC 14; CTC 7 e RB 966928 que apresentaram sinais de intoxicação quando transplantadas após o uso de diclosulam

onde apresentaram sintomas de intoxicação entre 35 e 49 DAA e sulfentrazone em 21 e 42 DAA e depois as plantas foram se recuperando chegando em 63 DAA sem sinais de intoxicação.

Para os comprimentos total, parte aérea e radicular apenas a subdose 66,5 g i.a ha⁻¹ diferiu das demais, que não apresentaram diferença. (Tabela 15), que foi similar ao estudo de Beluci et al (2015) onde as plantas expostas ao imazapique (245 g ha⁻¹) e ao imazapir (500 g ha⁻¹) as alturas das doses testadas não diferiram do controle.

A altura das plantas nesse estudo foi maior que no estudo de Dias et al., (2017) que em 56 DAA as plantas expostas ao sulfentrazone (800 g ha⁻¹) e diclosulam (200 g ha⁻¹) apresentaram 16,56 e 11,10 cm, enquanto nesse estudo em 45 DAA para a maior subdose 66,5 g i.a ha⁻¹ as plantas estavam com 65,63 cm.

Para massa fresca total e da parte aérea apenas a subdose 66,5 g i.a ha⁻¹ diferiu das demais. Para massa fresca radicular o controle diferiu das subdoses 1,0 e 66,5 g i.a ha⁻¹. Para massa total seca o controle e as subdoses 4,15 e 66,5 g i.a ha⁻¹ diferiram entre si. Para a massa da parte aérea seca o controle e a subdose 1,0 g i.a ha⁻¹ não diferiram e para massa radicular seca apenas o controle diferiu das demais subdoses (Tabela 15).

A massa das plantas nesse estudo desenvolveu bem mais que no estudo de Dias et al (2017) que em 56 DAA as plantas expostas ao sulfentrazone (800 g ha⁻¹) e diclosulam (200 g ha⁻¹) apresentaram massa seca da parte aérea de 10,03 e 3,02 g e massa seca da raiz 5,28 e 1,81 g, enquanto nesse estudo em 45 DAA para a maior subdose 66,5 g i.a ha⁻¹ a massa seca da parte aérea foi 18,4 g e da raiz foi 5,36 g.

A massa seca total deste estudo exposto a 66,5 g i.a ha⁻¹ de imazapyr diferiu do estudo de Beluci et al (2015) que os tratamentos imazapir (500 g ha⁻¹) e imazapique (245 g ha⁻¹) apresentaram 5,79 g e 7,31 g de massa seca, enquanto 66,5 g i.a ha⁻¹ de imazapyr causou 23,50 g.

Tabela 15. Desempenho vegetativo das mudas da cana-de-açúcar exposta a subdoses de imazapyr aplicado em pré plantio.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Comp. Total (cm)	Comp. Parte aérea (cm)	Comp. radicular (cm)	Massa total (g)		Massa parte aérea (g)		Massa radicular (g)	
				Fresca	Seca	Fresca	Seca	Fresca	Seca
0,00	190,80 a	143,40 a	47,40 a	210,5 a	51,0 a	161,94 a	39,08 a	48,56 a	11,92 a
1,00	186,40 a	151,40 a	35,00 a	162,30 a	36,5 ab	134,62 a	30,23 a	27,68 b	6,27 b
4,15	199,60 a	158,80 a	40,80 a	146,00 a	35,0 b	116,59 a	27,92 ab	29,41 ab	7,08 b
16,60	165,00 a	129,00 a	36,00 a	150,50 a	39,0 bc	116,95 a	30,37 ab	33,55 ab	8,63 b
66,50	82,13 b	65,63 b	16,50 b	83,50 b	23,50 c	63,55 b	18,14 b	19,95 b	5,36 b
DMS (5%)	1,81	2,26	1,23	2,54	0,99	2,64	1,05	1,36	0,49
CV	10,92	15,35	14,67	16,13	11,50	18,75	13,30	16,90	9,26
F	19,95**	9,62**	8,24**	8,99**	8,33**	6,37**	5,09**	5,80**	5,75**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV

= coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

3.3.3.2 Efeito de subdoses do imazapyr pós plantio da MPB de cana-de-açúcar

Para as mudas de cana-de açúcar expostas as subdoses do imazapyr após o plantio a intoxicação das plantas aumentaram com o aumento das doses e com os dias de avaliação (Figura 11). Os sinais de intoxicação começaram aparecer em 7 DAA., em todas as avaliações as subdoses diferiram estatisticamente, exceto em 30 DAA que as subdoses 4,16 e 16,6 g i.a ha⁻¹ foram similares (Tabela 16). Em 7, 14 e 21 DAA as subdoses 4,15; 16,60 e 66,50 g i.a ha⁻¹ apresentaram clorose nas plantas, que foram aumentando com o aumento das subdoses e dos dias. Em 14 DAA a subdose 16,60 e 66,50 g i.a ha⁻¹ parou o desenvolvimento das plantas, em 30 DAA os sinais estavam bem mais severos e na última subdose ocorreu algumas mortes. Em 45 DAA na última subdose começou apresentar necrose e a maioria das plantas morreram.

Tabela 16. Porcentagem de sinais de intoxicação do imazapyr para a muda de cana-de-açúcar em pós plantio.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Dias após a aplicação (DAA)				
	7	14	21	30	45
1,00	0,0 d	0,0 d	0,0 d	10,20 c	15,20 d
4,15	10,0 c	15,0 c	20,20 c	25,20 b	30,10 c
16,60	14,80 b	20,20 b	30,00 b	35,00 b	40,00 b
66,50	20,20 a	25,20 a	50,20 a	78,00 a	90,00 a
DMS (5%)	0,44	0,44	0,25	11,98	6,36
CV	3,23	2,41	1,70	26,82	12,04
F	5509,00**	8900,75**	50852,25**	85,62**	377,60**

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p<0,05); DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

Os pesquisadores dos Santos Sabbag et al (2017) estudou as variedades RR8675, RB855156, RB966928 e RB975201 com aplicação de tebuthiuron (800 g i.a ha⁻¹) e clomazone (1120 g i.a ha⁻¹) em 3 e 10 dias após o plantio apresentaram intoxicação aos 30 dias após a aplicação de 2 a 39%, sendo similar ao resultado encontrado neste estudo que as mudas de cana com aplicação, em 18 dias após o plantio do imazapyr (1,0; 4,15 e 16,60 g i.a ha⁻¹) apresentou intoxicação após 30 dias da aplicação de 10,2, 25,2 e 35%.

O resultado encontrado para variedade RB 867515 exposta ao herbicida indaziflam (75 g ha⁻¹) causou 90% de intoxicação em 45 dias após a aplicação (Silva

et al., 2019), que foi similar ao resultado encontrado para o imazapyr (66,50 g i.a ha⁻¹) que após 45 dias apresentou 90% de intoxicação.

Para as variáveis comprimento total, parte aérea e radicular, massa total, parte aérea e radicular fresca e seca, o controle e as subdoses 1,0 e 4,15 g i.a ha⁻¹ foram similares e diferiram das 16,6 e 66,5 g i.a ha⁻¹ (Tabela 17).

Os resultados encontrados por Silva et al (2019) para as variedades RB 867515 e RB 966928 apresentaram massa fresca de 19,47 a 33,94 g após a exposição de 45 dias dos herbicidas: metribuzim (1680 g ha⁻¹), tebuthiuron (800 g ha⁻¹), saflufenacil (98 g ha⁻¹) e clomazone (700 g ha⁻¹) sendo similar ao resultado encontrado para 66,4 g i.a ha⁻¹ de imazapyr para as MPB que apresentaram 28,80 g de massa fresca.

O herbicida diclosulam, interferiu negativamente no acúmulo de massa seca da parte aérea e do sistema radicular das cultivares CTC 14, CTC 7 e RB 96 6928 quando aplicado sobre mudas pré-brotadas (Dias, 2017).

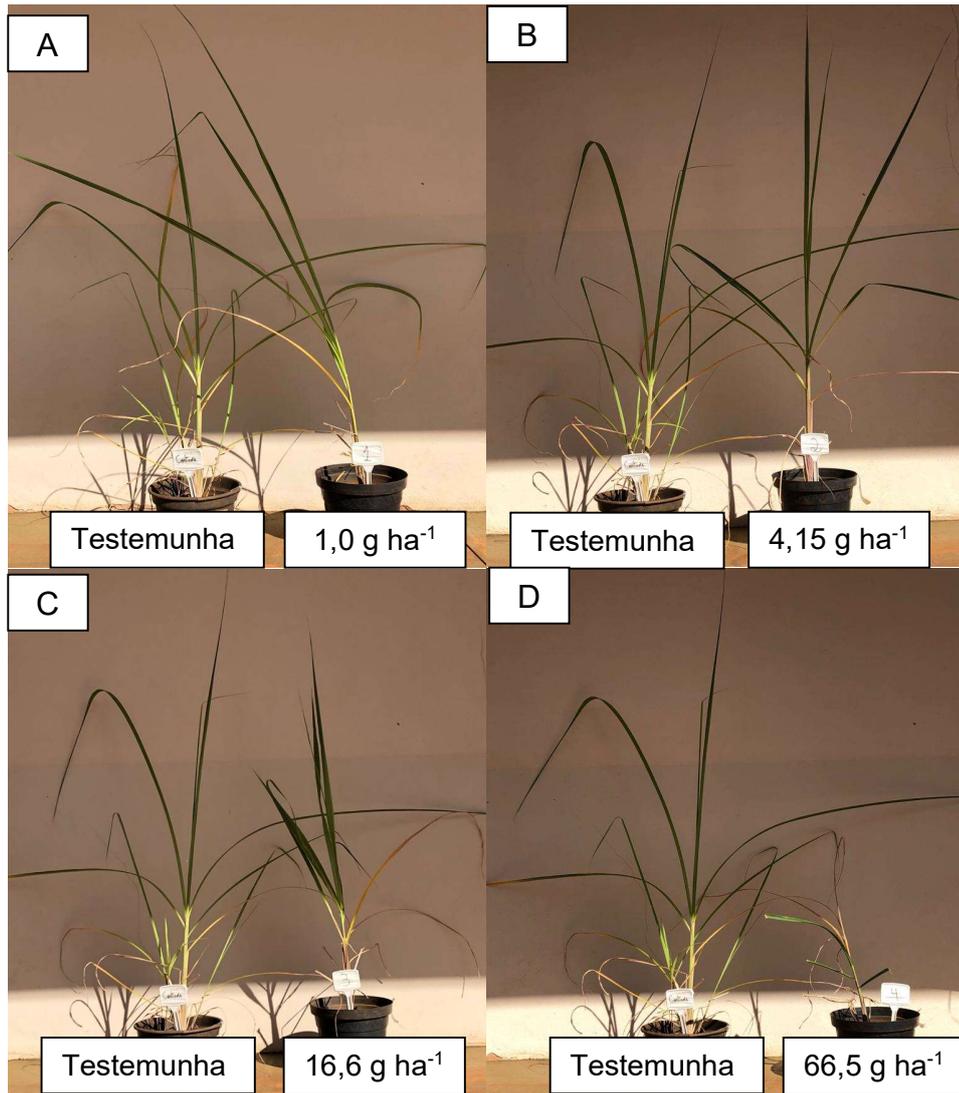


Figura 11. Mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar com aplicação de imazapyr em pós plantio em 21 DAA. (A) Subdose 1,0 g i.a ha⁻¹. (B) Subdose 4,15 g i.a ha⁻¹. (C) Subdose 16,6 g i.a ha⁻¹. (D) Subdose 66,5 g i.a ha⁻¹.

1 **Tabela 17.** Desempenho vegetativo das mudas da cana-de-açúcar exposta a subdoses de imazapyr aplicado em pós plantio.

Subdose (g i.a ha ⁻¹)	Comp. Total (cm)	Comp. Parte aérea (cm)	Comp. radicular (cm)	Massa total (g)		Massa parte aérea (g)		Massa radicular (g)	
				Fresca	Seca	Fresca	Seca	Fresca	Seca
0,00	223,30 a	161,40 a	61,90 a	143,50 a	33,01 a	60,50 ab	15,08 a	83,00 ab	17,94 ab
1,00	208,00 a	161,00 a	47,00 ab	186,50 a	41,18 a	85,00 a	19,66 a	101,50 a	23,22 a
4,15	204,30 a	142,30 a	62,00 a	153,00 a	41,91 a	70,50 a	18,70 a	82,50 ab	23,22 a
16,60	113,30 b	87,10 b	26,20 b	77,00 b	15,36 b	30,50 bc	5,56 b	46,50 bc	9,80 bc
66,50	39,40 c	33,70 c	5,70 c	28,80 b	6,03 b	14,30 c	2,40 b	14,50 c	3,64 c
DMS (5%)	3,00	2,60	2,02	2,66	1,07	2,15	0,57	2,23	1,02
CV	20,16	20,23	27,71	19,51	14,27	22,58	9,65	21,20	16,42
F	35,31**	31,90**	26,27**	24,84**	28,13**	13,99*	38,17**	16,84**	11,11**

2 Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); DMS = diferença mínima significativa; CV =
3 coeficiente de variação; **Significativo a 5% de probabilidade.

4

5

6

3.4 CONCLUSÃO

As subdoses do imazapyr causou injurias nas plantas de *C. pepo*; *L. sativa*; *P. vulgaris*; *H. ranunculoides* e nas MPB de cana-de-açúcar. E causou efeito hormético nas plantas *O. sativa*; *A. hypogaea* e *L. minor*. A deriva de imazapyr, pode causar tanto injurias quanto hormese em plantas não alvo, a depender da espécie e da concentração do herbicida que cada planta é exposta.

3.5 REFERÊNCIAS

Barboza, H. T. G., Nascimento, X. P. R., Freitas-Silva, O., Soares, A. G., & DaCosta, J. B. N. (2018). Compostos organofosforados e seu papel na agricultura. **Revista Virtual de Química**, 10(1).

Barbosa, J. C.; Maldonado Junior, W. 2015. AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. **Jaboticabal, FCAV/UNESP. 396p.**

Beck, M., Pigatto, C. S., Ogoshi, C., Cereza, T. V., Zanon, A. J., & da Rosa Ulguim, A. (2019). A deriva de glyphosate interfere no desenvolvimento e produtividade de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 18(1), 637-1.

Beluci, L. R., Vitorino, R., Azania, C. A. M., Azania, A. D. P. A. M., & Tortorelli, H. F. (2015). Utilização do perfil isoenzimático como ferramenta na avaliação da seletividade de herbicidas em cana-de-açúcar. **Nucleus**, 12(2), 157-166.

Boutin, C., Aya, K. L., Carpenter, D., Thomas, P. J., & Rowland, O. (2012). Phytotoxicity testing for herbicide regulation: shortcomings in relation to biodiversity and ecosystem services in agrarian systems. **Science of the Total Environment**, 415, 79-92.

Carvalho, F. T., Moretti, T. B., & Souza, P. A. (2010). Efeito do residual no solo de nicosulfuron isolado e em mistura com atrazine sobre culturas agrícolas subsequentes. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 9(1), 26-34.

Cruz, C. D., Silva, A. F., Shiogiri, N. S., Garlich, N., & Pitelli, R. A. (2015). Imazapyr herbicide efficacy on floating macrophyte control and ecotoxicology for non-target organisms. **Planta Daninha**, 33(1), 103-108.

da Silva, J. C., Arf, O., Gerlach, G. A. X., Kuryiama, C. S., & Rodrigues, R. A. F. (2012). Efeito hormese de glyphosate em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 42(3), 295-302.

Dias, J. L. C. D. S., Silva Junior, A. C. D., Queiroz, J. R. G., & Martins, D. (2017). Herbicides selectivity in pre-budded seedlings of sugarcane. **Arquivos do Instituto Biológico**, 84.

dos Santos Sabbag, R., Monquero, P. A., Hirata, A. C. S., & dos Santos, P. H. V. (2017). Crescimento inicial de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar submetidas a aplicação de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 16(1), 38-49.

Egorova, K. S., Sinjushin, A. A., Posvyatenko, A. V., Eremin, D. B., Kashin, A. S., Galushko, A. S., & Ananikov, V. P. (2019). Evaluation of phytotoxicity and cytotoxicity of industrial catalyst components (Fe, Cu, Ni, Rh and Pd): A case of lethal toxicity of a rhodium salt in terrestrial plants. **Chemosphere**, 223, 738-747.

Fantke, P., Friedrich, R., & Jolliet, O. (2012). Health impact and damage cost assessment of pesticides in Europe. **Environment international**, 49, 9-17.

Florencia, F. M., Carolina, T., Enzo, B., & Leonardo, G. (2017). Effects of the herbicide glyphosate on non-target plant native species from Chaco forest (Argentina). **Ecotoxicology and environmental safety**, 144, 360-368.

Garlich, N., Da Cruz, C., Da Silva, A. F., Carraschi, S. P., Malaspina, I. C., Pitelli, R. A., & Bianco, S. (2016). Diquat associated with copper sources for algae control: Efficacy and ecotoxicology. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, 51(4), 215-221.

Gitti, D. D. C., Arf, O., Peron, I. B. G., Portugal, J. R., Corsini, D. C. D. C., & Rodrigues, R. A. F. (2011). Glyphosate como regulador de crescimento em arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 41(4), 500-507.

Guan, X., Chen, X., Qiu, C., Qian, Y., Chen, J., Shao, C., ... & Peng, C. (2020). Effects of long-term herbicide application on the crops in soybean-peanut rotations in the red soil upland of Southern China. **Field Crops Research**, 248, 107723.

Guideline for testing of chemicals (OECD): *Lemna* sp. Growth inhibition test. Organization for economic cooperation and development. 2002, 22p.

Kaloumenos, N. S., Capote, N., Aguado, A., & Eleftherohorinos, I. G. (2013). Red rice (*Oryza sativa*) cross-resistance to imidazolinone herbicides used in resistant rice cultivars grown in northern Greece. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 105(3), 177-183.

León, L., Mozo-Mulero, C., Martín-Infante, F. J., Maraver, J. J., Carbajo, J., & Mozo, J. D. (2019). Inexpensive FIA method to determine trace levels of imazapyr by UV-detection enhanced with electrochemical polarization. **Arabian Journal of Chemistry**, 12(7), 1042-1049.

Lewis, M., & Thursby, G. (2018). Aquatic plants: Test species sensitivity and minimum data requirement evaluations for chemical risk assessments and aquatic life criteria development for the USA. **Environmental Pollution**, 238, 270-280.

Peres, L. R. S., DELLA VECHIA, J. F., & Cruz, C. (2017). Hormesis Effect of Herbicides Subdoses on Submerged Macrophytes in Microassay Conditions. **Planta Daninha**, 35.

Rasheed, T., Bilal, M., Nabeel, F., Adeel, M., & Iqbal, H. M. (2019). Environmentally-related contaminants of high concern: potential sources and analytical modalities for detection, quantification, and treatment. **Environment international**, 122, 52-66.

Ribeiro, V. H. V., Alencar, B. T. B., dos Santos, N. M. C., da Costa, V. A. M., dos Santos, J. B., Francino, D. M. T., ... & Silva, D. V. (2019). Sensitivity of the macrophytes *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* to hexazinone and dissipation of this pesticide in aquatic ecosystems. **Ecotoxicology and environmental safety**, 168, 177-183.

Rodrigues, M.S. Raya-Rodrigues, M.T.M. Análise de risco ecológico com o uso do Bioindicador *Lolium multiflorum*. J. Braz. Soc. Ecotoxicol – JBSE, 2012, 7(1).

Silva, R. P., Torres, B. A., Souza, J. L., Souza, P. H. V., & Monquero, P. A. (2019). Uso de herbicidas no controle de plantas daninhas e em mudas pré-brotadas (MBPS) de diferentes variedades de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 18(1), 640-1.

Tiburcio, R. A. S., Ferreira, F. A., Paes, F. A. S. V., Melo, C. A. D., & Medeiros, W. N. (2012). Crescimento de mudas de clones de eucalipto submetidos à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Revista Árvore**, 36(1), 65-73.

Tu, M., Hurd, C., & Randall, J. M. (2001). Weed control methods handbook: tools & techniques for use in natural areas.

Vechia, J. D., Cruz, C., Silva, A. F., & Garlich, N. (2016). Macrophyte bioassay applications for monitoring pesticides in the aquatic environment. **Planta Daninha**, 34(3), 597-603.

Vervliet-Scheebaum, M., Straus, A., Tremp, H., Hamer, M., Maund, S. J., Wagner, E., & Schulz, R. (2010). A microcosm system to evaluate the toxicity of the triazine herbicide simazine on aquatic macrophytes. **Environmental pollution**, 158(2), 615-623.

Yamashita, O. M., Orsi, J. V. N., Resende, D. D., da Silva Mendonça, F., Campos, O. R., Massaroto, J. A., ... & Alberguini, A. L. (2013). Deriva simulada de herbicidas em mudas de Coffea canephora. **Scientia Agraria Paranaensis**, 12(2), 148-156

Žaltauskaitė, J., & Norvilaitė, R. (2013). Phytotoxicity of amidosulfuron (sulfonilureas herbicide) to aquatic macrophyte Lemna minor L. **Biologija**, 59(2).