



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
TOCANTINS – *CAMPUS* LAGOA DA CONFUSÃO  
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**WENILTON JORGE RODRIGUES MELO**

**INTERFERÊNCIA DA FITOTOXICIDADE DO HERBICIDA HALAUXIFENO  
METÍLICO NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE SOJA**

**Lagoa da Confusão - TO**

**2025**

**WENILTON JORGE RODRIGUES MELO**

**INTERFERÊNCIA DA FITOTOXICIDADE DO HERBICIDA HALAUXIFENO  
METÍLICO NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Coordenação do Curso Superior em  
Engenharia Agrônômica em Lagoa da  
Confusão, do Instituto Federal do Tocantins,  
como exigência à obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Agrônômica.  
Orientador: Dr. Juliano Magalhães Barbosa

**Lagoa da Confusão - TO**

**2025**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins**

---

M528i    Melo, Wenilton Jorge Rodrigues  
Interferência da fitotoxicidade do herbicida halauxifeno metílico na  
emergência de plântulas de soja. / Wenilton Jorge Rodrigues Melo. –  
Lagoa da Confusão, TO, 2025.  
23 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia  
Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
do Tocantins, Campus Lagoa da Confusão, Lagoa da Confusão, TO,  
2025.

Orientador: Dr. Juliano Magalhães Barbosa

1. Hauxifeno metílico. 2. Herbicidas auxínicos. 3. Fitotoxicidade. I.  
Barbosa, Juliano Magalhães. II. Título.

**CDD 630**

---

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é  
autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a)**



Ministério da Educação  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins  
Reitoria  
Campus Lagoa da Confusão  
Coordenação do Curso Superior em Engenharia Agrônômica

### FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "INTERFERÊNCIA DA FITOTOXICIDADE DO HERBICIDA HALAUXIFENO METÁLICO NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE SOJA"

AUTOR (A): **Wenilton Jorge Rodrigues Melo**  
ORIENTADOR (A): **Juliano Magalhães Barbosa**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Lagoa da Confusão*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em 27 de junho de 2025.

### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Juliano Magalhães Barbosa  
Orientador  
IFTO/Campus Lagoa da Confusão

---

Prof. Dr. Reinaldo Ferreira Medeiros  
Membro  
IFTO/Campus Lagoa da Confusão

---

Prof. Dr. Jardel Barbosa dos Santos  
Membro  
IFTO/Campus Lagoa Da Confusão



Documento assinado eletronicamente por **Juliano Magalhães Barbosa, Servidor**, em 07/07/2025, às 00:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Reinaldo Ferreira Medeiros, Servidor**, em 07/07/2025, às 13:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jardel Barbosa dos Santos, Servidor**, em 07/08/2025, às 11:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2822367** e o código CRC **E3DCE3C6**.

Rua 02, Quadra 05A, Lote 01, Setor Lagoa da Ilha — CEP 77.493-000 — Lagoa da Confusão/TO  
portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me incentivaram a estudar, ao meu avô Valter gomes e a todos que me ajudaram nesse ciclo de graduação!

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus!

Agradeço ao meu pai Wenilton Jorge Melo Junior por fazer eu persistir nos meus estudos.

A minha mãe Narla Nubia Rodrigues Moura pelas varias orientações no decorrer dessa trajetória.

A meu avô Valter Gomes de Araujo por nunca me deixar desamparado.

E minha namorada Hellen Cristina Teixeira Borges que apesar de tudo sempre me incentivou e me motivou para a chegada desse tão sonhado momento.

E por fim agradeço a todos os professores do IFTO- *Campus* Lagoa Da Confusão por sempre me auxiliarem nos momentos mais cruciais da minha vida, em especial Jardel Barbosa, Juliano Magalhães, Rogerio Lorençoni, José Robson e João paulo.

Eu sou parte de uma equipe. Então, quando venço, não sou eu apenas quem vence. De certa forma termino o trabalho de um grupo enorme de pessoas!

Ayrton Senna

## RESUMO

O uso do herbicida halauxifeno metílico na dessecação pré-semeadura da soja, embora eficaz no manejo de plantas daninhas resistentes, apresenta o risco de fitotoxicidade residual para a cultura, cuja persistência no solo é altamente influenciada por fatores edafoclimáticos, justificando a necessidade de validação em campo. Desta forma, o objetivo do trabalho será avaliar a interferência e o potencial fitotóxico de doses crescentes do herbicida na emergência e desenvolvimento da soja. Para isso, será conduzido um experimento a campo, em delineamento de blocos casualizados, testando seis doses do herbicida (0, 0,25X, 0,5X, 1X, 2X e 4X da dose comercial recomendada) aplicadas 24 horas antes da semeadura da soja. Serão avaliados o estande, a fitotoxicidade visual, o crescimento inicial (altura e massa seca) e os componentes de produção ao final do ciclo. Espera-se estabelecer a correlação entre as doses do herbicida, os sintomas visuais de injúria e as perdas de produtividade, gerando curvas de dose-resposta que permitam determinar o limiar de dano econômico e, assim, fornecer informações técnicas para o manejo mais seguro do halauxifeno metílico em condições de campo.

**Palavras-chave:** *Glycine max*; Halauxifeno metílico; Fitotoxicidade residual; Herbicidas auxínicos; Dose-resposta.

## ABSTRACT

The use of the herbicide halauxifen-methyl for pre-sowing burndown in soybeans, while effective for managing resistant weeds, poses a risk of residual phytotoxicity to the crop, as its soil persistence is highly influenced by edaphoclimatic factors, thus justifying the need for field validation. Therefore, the objective of this study will be to evaluate the interference and phytotoxic potential of increasing rates of the herbicide on soybean emergence and development. To this end, a field experiment will be conducted using a randomized complete block design, testing six herbicide rates (0, 0.25X, 0.5X, 1X, 2X, and 4X of the recommended commercial rate) applied 24 hours before soybean sowing. Plant stand, visual phytotoxicity, initial growth (height and dry mass), and yield components at the end of the cycle will be evaluated. The study is expected to establish a correlation between herbicide rates, visual injury symptoms, and yield losses, generating dose-response curves to determine the economic injury threshold and thereby provide technical information for the safer management of halauxifen-methyl under field conditions.

**Key-words:** *Glycine max*; Halauxifen-methyl; Herbicide carry-over; Auxinic herbicides; Dose-response.

## **SUMÁRIO**

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                                             | <b>11</b> |
| <b>2 PROBLEMATIZAÇÃO</b>                                        | <b>12</b> |
| <b>3 JUSTIFICATIVA</b>                                          | <b>12</b> |
| <b>4 OBJETIVOS</b>                                              | <b>14</b> |
| 4.1 Objetivo geral                                              | 14        |
| 4.2 Objetivos específicos                                       | 14        |
| <b>5.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>                                  | <b>14</b> |
| 5.1.A soja e a importância do manejo de dessecação              | 14        |
| 5.2 Herbicidas auxínicos: Mecanismos e sintomas característicos | 15        |
| 5.3 O risco de fitotoxicidade residual em campo                 | 15        |
| <b>6 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DO PROJETO</b>                     | <b>16</b> |
| 6.1.Caracterização da área e preparo experimental               | 16        |
| 6.2.Delineamento experimental e tratamentos                     | 17        |
| 6.3.Condução do experimento e manejo da cultura                 | 18        |
| 6.4.Variáveis analisadas                                        | 18        |
| 6.5.Análise estatística dos dados                               | 19        |
| <b>7 RESULTADOS ESPERADOS</b>                                   | <b>19</b> |
| <b>8 CRONOGRAMA</b>                                             | <b>20</b> |
| <b>9 ORÇAMENTO</b>                                              | <b>20</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b>                                              | <b>21</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A sojicultura é a força motriz do agronegócio brasileiro, sustentando uma complexa cadeia produtiva e posicionando o Brasil como um dos gigantes mundiais na produção e exportação de *Glycine max* L. Merrill. A busca incessante por maiores patamares de produtividade impulsiona o desenvolvimento e a adoção de tecnologias que visam otimizar o manejo e mitigar os fatores limitantes da cultura (Pessatti, 2012).

Dentre os desafios agrônômicos, o manejo de plantas daninhas na pré-semeadura da soja é uma etapa de importância singular. A eficácia desta operação, conhecida como dessecação, é determinante para assegurar um estande inicial livre de competição, permitindo que a cultura expresse seu vigor e estabeleça as bases de seu potencial produtivo. A crescente seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas como o glifosato, notadamente a buva (*Conyza* spp.), tem exigido a rotação de mecanismos de ação e a introdução de novas moléculas herbicidas.

Neste cenário, o halauxifeno metílico, um herbicida do grupo das auxinas sintéticas, emergiu como uma ferramenta estratégica para o manejo de folhas largas resistentes. Contudo, sua utilização no sistema de dessecação "aplique-plante" levanta uma questão crítica: o risco de fitotoxicidade residual, ou *carry-over*, ou seja, trata-se de um fenômeno que ocorre quando o herbicida persiste no solo em concentrações suficientes para causar danos à cultura semeada em sucessão.

A soja é notoriamente sensível a herbicidas auxínicos, e mesmo resíduos em baixas concentrações podem levar a injúrias severas, como falhas na emergência, desenvolvimento atrofiado de plântulas e, em última instância, perdas de produtividade (Vieira, 2018). O comportamento do herbicida no solo é complexo e dependente de interações com o ambiente, como umidade, temperatura e textura, tornando os resultados de laboratório insuficientes para prever seu comportamento em condições de campo. Este projeto, portanto, propõe-se a avaliar, em condições ambientais naturais, o impacto do herbicida halauxifeno metílico na emergência e desenvolvimento inicial da soja, buscando gerar informações práticas e seguras para o seu uso no campo.

## 2 PROBLEMATIZAÇÃO

O cerne desta problemática reside no dilema operacional enfrentado pelo produtor rural no momento da dessecação. A necessidade de respeitar um intervalo de segurança para a degradação do herbicida no solo, a fim de evitar o efeito de fitotoxicidade residual, frequentemente entra em conflito direto com a otimização da janela de semeadura. A recomendação técnica ou de bula para este intervalo é, por natureza, uma diretriz generalista, pois a persistência de herbicidas auxínicos no campo é uma função complexa e altamente dependente de múltiplas condições edafoclimáticas. Fatores como o regime de chuvas, a temperatura, o pH, o teor de matéria orgânica e a textura do solo influenciam diretamente a degradação e a biodisponibilidade do produto, alterando seu potencial de injúria (Silva *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2020).

Um período de estiagem após a aplicação, por exemplo, pode retardar a degradação do produto, tornando o intervalo de segurança recomendado insuficiente e expondo a cultura a um risco não previsto (Silva *et al.*, 2020). Essa variabilidade transforma a decisão de "quando plantar" em um cálculo de risco, onde uma escolha equivocada pode resultar em falhas custosas no estabelecimento da lavoura, como redução do estande e perda de vigor das plântulas (Carvalho *et al.*, 2022; Pessatti, 2012). Diante desse cenário, emerge a questão central deste trabalho: A aplicação do herbicida halauxifeno metílico, mesmo sendo seletivo, pode comprometer a emergência de plântulas de soja? Em que níveis de dose os efeitos fitotóxicos tornam-se significativos? A urgência em responder a tais perguntas se intensifica pela falta, na literatura, de estudos de campo que determinem os níveis seguros de resíduo deste herbicida e correlacionem a intensidade dos danos iniciais com as perdas finais de produtividade, o que ofereceria ao agricultor uma ferramenta mais precisa para a gestão de risco.

## 3 JUSTIFICATIVA

A transição de uma tecnologia do laboratório para o campo requer validação sob as condições reais em que será utilizada. O estudo da fitotoxicidade do halauxifeno metílico em condições de campo é fundamental e se justifica pelos seguintes motivos explicitados nos parágrafos que se seguem.

Enquanto estudos em casa de vegetação são importantes para isolar variáveis, a resposta de uma cultura a um herbicida residual em condições naturais é o que realmente interessa ao produtor. Fatores como a variabilidade da textura do solo, a ocorrência de chuvas (ou a falta delas) após a aplicação e as flutuações de temperatura são imprevisíveis e influenciam diretamente a persistência e a biodisponibilidade do herbicida. Um experimento de campo, portanto, gera resultados de maior validade externa e diretamente aplicáveis, fornecendo recomendações mais robustas e seguras para o manejo da dessecação com halauxifeno metílico na realidade agrícola (Carvalho *et al.*; 2022; Silva *et al.*, 2020; Silva *et al.*; 2011).

O estabelecimento do estande é o alicerce da produtividade da soja. Qualquer falha nesta fase inicial representa uma perda de potencial que não pode ser recuperada ao longo do ciclo. De modo que:

A avaliação de resposta de herbicida hormonal e bioestimulantes em diferentes cultivares de soja é necessária, uma vez que cada material pode se comportar de forma diferente conforme o uso desses produtos, expressando suas características morfofisiológicas de acordo com seu banco genético. (Kovalski, 2020, p. 6).

O custo de uma emergência falhada ou desuniforme é alto, envolvendo não apenas o valor das sementes e insumos, mas também a perda de uma janela de semeadura ótima. Ao identificar a "dose-limite" de resíduo que causa danos econômicos em condições de campo, este projeto oferece uma ferramenta de gestão de risco, permitindo que o agricultor equilibre a eficácia no controle de daninhas com a segurança para a sua lavoura, protegendo seu investimento (Carvalho *et al.*, 2022; Pessatti, 2012; Krenchinski *et al.*, 2019).

Existe uma lacuna na literatura científica sobre o comportamento do halauxifeno metílico em solos tropicais sob as condições climáticas do Brasil. A maior parte das informações sobre segurança e intervalos de semeadura provém de dados de registro do produto, muitas vezes gerados em outras realidades edafoclimáticas. Este trabalho irá gerar dados originais e publicáveis sobre a seletividade deste herbicida em um cenário real, contribuindo para o avanço do conhecimento na área de herbologia e manejo de plantas daninhas. A metodologia proposta, ao avaliar desde a emergência até os componentes de produção, permitirá uma compreensão completa do impacto da fitoxidade, desde o dano fisiológico inicial até sua consequência final na produtividade, como explorado em estudos com outros herbicidas auxínicos (Vieira, 2018; Abrantes, 2019).

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo geral

Avaliar a interferência e o potencial fitotóxico de doses crescentes do herbicida halauxifeno metílico, aplicadas em pré-semeadura soja em condições de campo.

### 4.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar os sintomas visuais de fitotoxicidade nas plântulas de soja durante os estádios vegetativos iniciais.
- b) Avaliar o efeito das doses do herbicida no crescimento inicial (altura de plantas) e nos componentes finais de produção (número de vagens por planta, massa de grãos).
- c) Construir curvas de dose-resposta que permitam determinar o limiar de dano econômico para a cultura da soja sob as condições do estudo.

## 5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 5.1. A soja e a importância do manejo de dessecação

A cultura da soja se destaca como a principal *commodity* agrícola do Brasil, com uma produção que deverá chegar, na safra 2024/25, 332,9 milhões de toneladas e ocupar cerca de 81,7 milhões de hectares (Brasil, 2025). Para sustentar essa produtividade, o manejo fitossanitário é indispensável. A infestação de áreas agrícolas por plantas daninhas pode promover reduções qualitativas e quantitativas na produção, pois estas competem por recursos essenciais como nutrientes, luz e água, além de servirem como hospedeiras de pragas e doenças (Carvalho *et al.*, 2022). No sistema de plantio direto, que domina a sojicultura moderna, o manejo químico através de herbicidas é a estratégia mais eficaz e economicamente viável para a dessecação pré-semeadura (Carvalho *et al.*, 2022). A eficácia dessa operação é fundamental, pois a presença de plantas daninhas, no início do ciclo pode comprometer severamente o desenvolvimento da soja.

Essa dificuldade impulsionou a busca por novas ferramentas, como o herbicida halauxifeno metílico, que, associado a outros produtos, se torna uma opção

importante no manejo de dessecação. No entanto, o uso de qualquer herbicida antes do plantio exige um conhecimento aprofundado sobre sua seletividade e segurança para a cultura principal.

## **5.2 Herbicidas auxínicos: Mecanismos e sintomas característicos**

O halauxifeno metílico é um herbicida do grupo químico dos arilpicolinatos e atua como mimetizador da auxina, um hormônio vegetal (Krenchinski *et al.*, 2019). Este mecanismo de ação, embora altamente eficaz contra plantas de folhas largas, causa um profundo desequilíbrio hormonal em espécies sensíveis, levando a um crescimento desordenado e à morte. Os sintomas são bastante característicos, como epinastia (curvatura de folhas e pecíolos), deformações e engrossamento de nervuras e caules, culminando em necrose dos tecidos (Carvalho *et al.*, 2022).

Quando uma plântula de soja emerge em um solo contendo resíduo de um herbicida auxínico, ela absorve o produto pelas raízes e rapidamente manifesta esses sintomas. Leite *et al.* (2024, p. 2) descrevem os efeitos gerais da fitotoxicidade em plântulas de soja, que são diretamente aplicáveis ao que se espera observar neste estudo: "Efeitos fitotóxicos [...] podem resultar em encurtamento e engrossamento de hipocótilo, atrofia na raiz principal e redução do desenvolvimento ou ausência de raízes secundárias". Essa injúria no sistema radicular e no hipocótilo compromete a absorção de água e nutrientes e a sustentação da plântula, afetando todo o seu desenvolvimento subsequente.

## **5.3 O risco de fitotoxicidade residual em campo**

O grande desafio no uso de herbicidas pré-emergentes é sua persistência no solo. O tempo que uma molécula leva para se degradar a um nível seguro para a cultura seguinte depende de uma interação complexa entre o produto, o solo e o clima. Para herbicidas auxínicos como o dicamba e o 2,4-D, a influência desses fatores é bem documentada.

A precipitação pluvial é um fator-chave. Silva *et al.* (2020) demonstrou que a ocorrência de chuva após a aplicação é fundamental para a dissipação desses herbicidas, reduzindo o risco para a soja. No trabalho deles, ficou claro o efeito deletério do resíduo de dicamba na ausência de chuva:

O residual de dicamba reduziu o estabelecimento da soja para os menores volumes de chuva. A fitotoxicidade foi mais severa para a maior dose de dicamba (75-100%) e 50-100% na menor dose. Os maiores volumes de chuva simulados reduziram a fitotoxicidade de dicamba na soja, mas não foram suficientes para reduzir os efeitos deletérios no desenvolvimento inicial da cultura. (Silva *et al.*, 2020, p. 1).

Além da chuva, a textura do solo também desempenha um papel crucial. Solos com maior teor de argila e matéria orgânica tendem a adsorver mais as moléculas do herbicida, tornando-as menos disponíveis para a absorção pelas plantas e para a degradação microbiana. Em contraste, em solos arenosos, o herbicida fica mais "livre" na solução do solo, o que pode aumentar tanto a lixiviação quanto o risco de fitotoxicidade. Silva *et al.* (2011) constataram essa dinâmica ao avaliar o 2,4-D, observando que o efeito fitotóxico foi mais pronunciado em solo de textura média do que em argiloso, principalmente nos intervalos mais curtos entre aplicação e semeadura.

O trabalho de Krenchinski *et al.* (2019) reforça a seletividade do halauxifenomethyl quando um intervalo adequado é respeitado: "A dessecação da buva com glyphosate + halauxifen-methyl + diclosulam não diminuiu a produtividade da soja, tendo sido esta sempre maior que a da testemunha não capinada". Isso demonstra que, quando as condições permitem a degradação, o produto é seguro. O presente projeto busca justamente testar os limites dessa segurança, ao diminuir o intervalo entre aplicação e semeadura.

## **6 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DO PROJETO**

### **6.1. Caracterização da área e preparo experimental**

O experimento será conduzido a campo na área experimental do Instituto Federal Do Tocantins – *Campus* Lagoa da Confusão, localizado nas coordenadas geográficas 10°44'21.49" de latitude sul e 49°35'31.08" de longitude oeste, a uma altitude de 238 metros. A escolha por um ensaio em condições naturais é deliberada, pois visa submeter os tratamentos às flutuações ambientais (chuva, temperatura, radiação solar) que modulam a persistência e a atividade do herbicida no solo, gerando resultados de maior aplicabilidade prática em comparação a estudos em ambiente controlado (Carvalho *et al.*, 2022). Previamente à instalação, serão coletadas amostras de solo na camada de 0-20 cm para análise química e física, a fim

de caracterizar a fertilidade, pH, teor de matéria orgânica e textura, fatores que, sabidamente, influenciam a dinâmica de herbicidas no solo (Silva *et al.*, 2011).

## 6.2. Delineamento experimental e tratamentos

Será adotado o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com quatro repetições. A utilização de blocos é fundamental em experimentos de campo para minimizar os efeitos de gradientes de variabilidade do solo, como pequenas diferenças de fertilidade ou textura na área experimental, conferindo maior precisão estatística aos resultados (Zobiolo; Augusto, 2017).

Os tratamentos serão constituídos por seis doses do herbicida halauxifeno metílico, aplicadas em pré-semeadura, com quatro repetições, constituindo vinte e quatro unidades experimentais. As doses serão: D0 (0 g i.a. ha<sup>-1</sup>), que servirá como tratamento testemunha; D1 (0,25X); D2 (0,5X); D3 (1X); D4 (2X); e D5 (4X), onde "X" será a dose comercial recomendada do produto para o manejo de dessecação (ex: 5 g i.a. ha<sup>-1</sup>) (Tabela 1). A escolha por uma ampla gama de doses visa caracterizar a curva de dose-resposta completa, desde níveis que possam não causar dano visível até doses que causem injúrias severas, permitindo a identificação precisa de um limiar de toxicidade, ou "dose crítica", a partir da qual os danos se tornam agronomicamente relevantes (Carvalho *et al.*, 2022).

**Tabela 1.** Tratamentos e dosagens utilizadas no experimento.

| Tratamentos | Dose de Halauxifeno Metílico | Quantidade Utilizada         |
|-------------|------------------------------|------------------------------|
| T1          | 0 mL p.c. ha <sup>-1</sup>   | 0 mL p.c. ha <sup>-1</sup>   |
| T2          | 0,25X*                       | 20 mL p.c. ha <sup>-1</sup>  |
| T3          | 0,50X                        | 40 mL p.c. ha <sup>-1</sup>  |
| T4          | 1,00X                        | 80 mL p.c. ha <sup>-1</sup>  |
| T5          | 2,00X                        | 160 mL p.c. ha <sup>-1</sup> |
| T6          | 4,00X                        | 320 mL p.c. ha <sup>-1</sup> |

\*X = dose comercial recomendada do produto para o manejo de dessecação (80 mL p.c. ha<sup>-1</sup>).

Cada unidade experimental (parcela) terá as dimensões de 3,0 metros de largura por 5,0 metros de comprimento (15 m<sup>2</sup>). A área útil de cada parcela, de onde serão coletados os dados, será composta pelas quatro linhas centrais, descartando-se 0,5 metros de cada extremidade como bordadura, para evitar interferências externas.

### 6.3. Condução do experimento e manejo da cultura

A área experimental será previamente preparada e mantida livre de vegetação para que a aplicação dos tratamentos ocorra sobre o solo. A aplicação dos herbicidas será realizada com um pulverizador costal de precisão pressurizado com CO<sub>2</sub>, garantindo pressão constante, e equipado com barra de pulverização com pontas de jato plano que proporcionem cobertura uniforme do solo. A aplicação será única, antecedendo a semeadura em 24 horas para simular um cenário de alto risco de fitoxidade casual, onde não há tempo hábil para a degradação do produto.

A semeadura da soja, utilizando uma cultivar 82180 IPRO (Olimpo) de ciclo médio e recomendada para a região, será realizada mecanicamente em toda a área experimental. A adubação será realizada com base na análise de solo prévia e de acordo com a demanda da cultura. O controle de pragas e doenças será realizado com base no monitoramento e apenas quando necessário, utilizando produtos seletivos e aplicados de forma a não interferir nas avaliações.

### 6.4. Variáveis analisadas

As avaliações serão realizadas de forma sequencial para capturar o impacto do herbicida desde a fase inicial até o final do ciclo da cultura. A metodologia de avaliação visual seguirá as diretrizes da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD), uma referência padrão em estudos de herbologia no país (Krenchinski *et al.*, 2019). Essa avaliação visual, embora possua um componente de subjetividade, quando correlacionada a dados de produção, torna-se uma ferramenta poderosa de prognóstico (Alves *et al.*, 2023).

As seguintes variáveis serão mensuradas:

- a) Emergência e Estande: Será realizada a contagem diária do número de plântulas emergidas na área útil para cálculo do Índice de Velocidade de Emergência (IVE). A contagem final, aos 21 dias após a emergência (DAE), definirá o estande estabelecido.
- b) Fitotoxicidade Visual (%): Aos 5,7,10,14, 21 e 28 DAE, será atribuída uma nota percentual de injúria para cada parcela, baseada em uma escala onde 0% representa ausência de sintomas e 100% a morte das plantas. Serão observados sintomas característicos de herbicidas auxínicos, como epinastia e deformação foliar.

- c) Crescimento Inicial: Aos 30 DAE, serão coletadas 5 plantas por parcela para avaliação da altura e da massa seca da parte aérea e das raízes, indicadores diretos do vigor inicial. A análise da fitotoxicidade sobre o desenvolvimento inicial é crucial, pois, como afirma Leite *et al.* (2024, p. 2), “efeitos fitotóxicos induzidos em plântulas de soja [...] podem resultar em encurtamento e engrossamento de hipocótilo, atrofia na raiz principal e redução do desenvolvimento ou ausência de raízes secundárias”, comprometendo toda a sustentação e desenvolvimento futuro da planta.
- d) Produtividade e Componentes: Na maturação fisiológica (estádio R8), a área útil de cada parcela será colhida manualmente. Será realizada a contagem do número de plantas, número de vagens por planta, e massa de mil grãos. A produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) será calculada, e a umidade dos grãos será corrigida para o padrão de 13%.

## 6.5. Análise estatística dos dados

Os dados obtidos serão organizados em planilhas e analisados estatisticamente. Inicialmente, serão verificadas as premissas necessárias para a realização da Análise de Variância (ANOVA), como a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias. Caso essas condições sejam atendidas, a ANOVA será aplicada utilizando o teste F.

Se a ANOVA indicar diferenças significativas entre os tratamentos ( $p \leq 0,05$ ), será realizada análise de regressão, ajustando-se modelos matemáticos (lineares, quadráticos, entre outros) que descrevam a relação entre o aumento da dose e as variáveis agrônomicas avaliadas (emergência, fitotoxicidade, altura de plantas, produtividade).

Todas as análises estatísticas serão conduzidas com o auxílio do software R, versão 4.2.0 (R Core Team, 2024).

## 7 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se obter dados quantitativos que demonstrem que, a partir de uma determinada dose residual, o halauxifeno metílico afeta negativamente o estande inicial e o vigor das plântulas de soja em condições de campo; estabelecer uma correlação clara entre os sintomas visuais de fitotoxicidade observados no início do ciclo e as perdas de produtividade ao final, validando a avaliação visual como

ferramenta de diagnóstico; gerar modelos de regressão que permitam estimar a perda de produtividade esperada para um determinado nível de resíduo (dose) do herbicida, fornecendo uma ferramenta de gestão de risco; e contribuir com informações técnicas para a definição de períodos de carência mais seguros para a semeadura da soja após a aplicação de halauxifeno metílico, considerando as variáveis ambientais.

## 8 CRONOGRAMA

**Tabela 2 – Cronograma de execução das atividades do projeto.**

| ATIVIDADE                | Mês 1 | Mês 2 | Mês 3 | Mês 4 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Aquisição de Insumos     | X     |       |       |       |
| Preparo da Área          | X     |       |       |       |
| Aplicação                | X     |       |       |       |
| Semeadura e              | X     |       |       |       |
| Condução                 | X     | X     | X     |       |
| Avaliações de Campo      | X     | X     | X     |       |
| Colheita e Processamento |       |       | X     |       |
| Análise de Dados         |       |       |       | X     |

Fonte: Próprio autor (2025).

## 9 ORÇAMENTO

**Tabela 3 – Orçamento previsto para a execução do projeto.**

| ORÇAMENTO           |                   |            |                      |                    |
|---------------------|-------------------|------------|----------------------|--------------------|
| ITENS               | UNIDADE DE MEDIDA | QUANTIDADE | VALOR UNITÁRIO (R\$) | VALOR ORÇADO (R\$) |
| PREPARO DE SOLO     | HORAS             | 1          | 170,00               | 170,00             |
| HERBICIDA HAUXIFENO | LITROS            | 1          | 980,00               | 980,00             |
| ADUBAÇÃO            | QUILOS            | 100        | 700,00               | 1.500,00           |
| SEMENTE TRATADA     | QUILOS            | 100        | 25,00                | 700,00             |
| MANUTENÇÃO          | HECTARE           | 1          | 4.000,00             | 4.000,00           |
| <b>TOTAL</b>        |                   |            |                      | <b>7350</b>        |

Fonte: Próprio autor (2025).

## REFERÊNCIAS

- ABRANTES, T. C. **Análise da deriva simulada de herbicidas auxínicos em soja através de índices de vegetação RGB obtidos por VANT**. 2019. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em:<<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/196153>>. Acesso em: 15 jun. 2025.
- ALVES, M. F. *et al.* Produtividade de soja em manejo de plantas daninhas sequencial pós-colheita de milho segunda safra. **Revista Integrar**, v. 1, n. 1, e023009, 2023. Disponível em: <<https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/integrar/article/view/3683>>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- BRASIL. Ministério da Secretaria de Comunicação Social da Presidência da República. **Produção de grãos deve bater recorde com 332,9 milhões de toneladas na safra 2024/25**. Gov.br, Brasília, 2025. Disponível em:<<https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2025/05/producao-de-graos-deve-bater-recorde-com-332-9-milhoes-de-toneladas-na-safra-2024-25>>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- CABRAL, E. M. A. **Uso de reguladores de crescimento na cultura de soja**. 2019. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019. Disponível em:<<https://repositorio.usp.br/item/002962900>>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- CANÊDO, G. S. L. **Herbicidas pré-emergentes para controle de Vassourinha-de Botão (*Spermacoce verticillata* L.) em soja**. 2024. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Urutaí, 2024. Disponível em:<<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/4851>>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- CARVALHO, S. J. P. *et al.* Fitotoxicidade de subdoses do herbicida dicamba quando aplicado em pré-emergência da cultura da soja não-tolerante. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 21, n. 2, p. 85-92, 2022. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/publication/359535199\\_Fitotoxicidade\\_de\\_subdoses\\_do\\_herbicida\\_dicamba\\_quando\\_aplicado\\_em\\_pre-emergencia\\_da\\_cultura\\_da\\_soja\\_nao-tolerante](https://www.researchgate.net/publication/359535199_Fitotoxicidade_de_subdoses_do_herbicida_dicamba_quando_aplicado_em_pre-emergencia_da_cultura_da_soja_nao-tolerante)>. Acesso em: 9 jun. 2025.
- KRENCHINSKI, F. H. *et al.* Halauxifen-methyl+diclosulam: new option to control Conyza spp. prior soybean sowing. **Planta Daninha**, v. 37, e019189000, 2019. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/pd/a/fwyQtpR4MNZ7KYGySxRVjyN/>>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- LEITE, C. A. M. *et al.* Validation of the Vigor-S image analysis system for the characterization of phytotoxicities in soybean seedlings. **Journal of Seed Science**, v. 46, e202446014, 2024. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/jss/a/WQstmCynXCqPs6XqkkwcWLg/>>. Acesso em: 10 jun. 2025.

MARQUES, M. G.; CUNHA, J. P. A. R. da; ALVES, G. S. Dicamba residues in sprayers: Phytotoxicity on non-dicamba tolerant soybean. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 25, n. 8, p. 573-579, 2021. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v25n8p573-579. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/zN8KPjZC9X5fbD47twvKwQv/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 10 jun. 2025.

MONTEIRO, M. S. *et al.* Conyza spp. control and selectivity of 2,4D in ENLIST® soybean. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 29, n. 1, e280636, 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/KKY9hrrxsfsk6QzqWwVPPn/>>. Acesso em: 19 jun. 2025.

PESSATTI, F. C. R. **Fitotoxicidade residual de herbicidas no desenvolvimento inicial da soja**. 2012. Dissertação (Mestrado Profissional em Produção e Gestão Agroindustrial) - Universidade Anhanguera - UNIDERP, Campo Grande, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/3131/1/Fabiano%20Cris%20B3stomo%20Ribeiro%20PESSATTI.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2025.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2024. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2024.

SANTOS, M. P. **Fitotoxidade causada por deriva simulada do herbicida dicamba na cultura da soja**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19412>>. Acesso em: 14 jun. 2025.

SILVA, D. R. O. *et al.* Simulated rainfall following the preplant application of 2,4-D and dicamba in soybean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 50, e62780, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pat/a/nkmxhvtPwDV55yBRHhQ7pCs/abstract/?format=html&lang=pt>>. Acesso em: 14 jun. 2025.

SILVA, F. M. L. *et al.* Atividade residual de 2,4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 1, p. 29-36, jan./abr. 2011. Disponível em: <<https://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/85>>. Acesso em: 13 jun. 2025.

SILVA, P. V. da *et al.* Selectivity of post-emergence herbicides in soybean and their efficacy on the control of *Conyza* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 27, n. 8, p. 600-609, 2023. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v27n8p600-609. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/N4Z9jMDxrLM63kFXMcwyRbf/>>. Acesso em: 21 jun. 2025.

VIEIRA, G. S. **Fitotoxidade causada por deriva simulada do herbicida Dicamba na cultura da soja**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível

em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/23787?mode=full>>. Acesso em: 22 jun. 2025.

VIEIRA, R. B. **Utilização de bioestimulante na mitigação de fitointoxicação de dicamba em soja**. 2019. Monografia (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde, Rio Verde, 2019. Disponível

em: <<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/767>>. Acesso em: 22 jun. 2025.

VOSS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 775-782, jul. 1985. Disponível em:

<<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/download/15794/9851>>. Acesso em: 20 jun. 2025.

ZOBIOLE, L. H. S.; AUGUSTO, K. Eficácia de misturas formuladas contendo halauxifen-methyl no controle de soja voluntária DAS-444Ø6-6 (Enlist E3TM).

**Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 3, p. 192-197, jul./set. 2017. Disponível em: <<https://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/viewFile/548/548.RBH>>. Acesso em: 22 jun.