

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**HELIS MARINA SALOMÃO**

**EFICÁCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE *Ipomoea grandifolia*  
SOB DIFERENTES DOSES, HORÁRIOS DE APLICAÇÃO E  
CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**HELIS MARINA SALOMÃO**

**EFICÁCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE *Ipomoea grandifolia*  
SOB DIFERENTES DOSES, HORÁRIOS DE APLICAÇÃO E  
CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

HELIS MARINA SALOMÃO

**EFICÁCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE *Ipomoea grandifolia*  
SOB DIFERENTES DOSES, HORÁRIOS DE APLICAÇÃO E  
CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Müzell Trezzi

PATO BRANCO

2019

**Salomão, Helis Marina**

**Eficácia de herbicidas no controle de *Ipomoea grandifolia* sob diferentes doses, horários de aplicação e condições hídricas do solo / Helis Marina Salomão.**

**Pato Branco. UTFPR, 2019**

**66 f. : il. ; 30 cm**

**Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Müzell Trezzi**

**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2019.**

**Bibliografia: f. 51 – 58**

**1. Agronomia. 2. Ervas daninhas. 3. Herbicidas. 4. Horários de aplicação. 5. Controle de umidade I. Trezzi, Michelangelo Müzell, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. III. Título.**

**CDD: 630**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
*Campus Pato Branco*  
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias  
**Curso de Agronomia**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Trabalho de Conclusão de Curso - TCC**

# **EFICÁCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE *Ipomoea grandifolia* SOB DIFERENTES DOSES, HORÁRIOS DE APLICAÇÃO E CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO**

por

**HELIS MARINA SALOMÃO**

Monografia apresentada às 13 horas 30 min. do dia 26 de junho de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRA AGRÔNOMA, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marisa de Cácia Oliveira**  
UTFPR *Campus Pato Branco*

**M.Sc. Fortunato de Bortoli Pagnoncelli Junior**  
PPGAG-PB UTFPR – Doutorando

**Prof. Dr. Michelangelo Müzell Trezzi**  
UTFPR *Campus Pato Branco*  
Orientador

**Prof. Dr. Jorge Jamhour**  
Coordenador do TCC

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus Pato Branco-PR*, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família pelo apoio, compreensão e força durante todo a caminhada universitária, em especial a minha mãe Rosemeri, minha avó Alzira, meu padrinho Adelcio, minha tia Verlaine e meu pai Ilto que além de pai, é responsável por grande parte dos conhecimentos profissionais e práticos que até hoje possuo.

A meus velhos amigos que me apoiaram e me ajudaram em momentos decisivos para minha escolha profissional.

A meu noivo Adriano, pelo apoio, compreensão, paciência e ajuda em minha caminhada universitária.

Aos colegas do NIPED, em especial a meu amigo Fortunato por todo o apoio, pelos conselhos, ajuda e ensinamentos em todas as fazes do experimento.

A meu orientador Prof. Dr. Michelangelo Müzell Trezzi pelo apoio, confiança e valiosos ensinamentos que em muito contribuiu em minha formação.

A UTFPR pela estrutura fornecida e todos os professores que contribuíram de alguma forma em minha formação acadêmica e pessoal.

A banca examinadora pelas contribuições ao trabalho.

Sem vocês não conseguiria concluir mais essa etapa, muito obrigada!!

## RESUMO

SALOMÃO, Helis Marina. Eficácia de herbicidas no controle de *Ipomoea grandifolia* sob diferentes doses, horários de aplicação e condições hídricas do solo. 66 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

Para o controle eficiente de plantas infestantes, por meio da aplicação de herbicidas é extremamente importante a existência de condições ambientais adequadas para o bom funcionamento dos produtos. A condição hídrica do solo e o horário de aplicação podem influenciar na melhoria da eficácia dos herbicidas. A interação desses dois fatores, umidade do solo e horário de aplicação poderá trazer informações importantes para a assistência técnica e agricultores. O objetivo do presente experimento foi determinar horários mais adequados para a aplicação dos herbicidas bentazon (Basagran) e glyphosate (Zapp QI), visando melhoria da eficiência de controle de plantas de *Ipomoea grandifolia*, sob diferentes condições de disponibilidade hídricas. Foram efetuados dois experimentos, um para cada herbicida (bentazon e glyphosate). Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 6 x 2 (+2). O primeiro fator representou as duas doses de cada herbicida, 504 e 720 g i.a. ha<sup>-1</sup> de bentazon e 651 e 911,4 g i.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate. O segundo fator foi constituído por seis horários de aplicações dos herbicidas (01:00 h; 05:00 h; 09:00 h; 13:00 h; 17:00 h e 21:00 h). O terceiro fator, teor de água no solo, de 100% e 50% da capacidade de campo (CC). Foram acrescentados à lista duas testemunhas sem aplicação de herbicidas, uma para cada teor de água no solo. Foram avaliadas altura de plantas e porcentagem de controle aos 7, 14, 21 DAA de bentazon e 7, 14, 21 e 28 DAA de glyphosate, sendo ao final coletado a parte aérea das plantas para avaliações de matéria fresca e matéria seca da plantas. Além disso, foi determinado as atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POX), após a coleta de material vegetal 24 e 96 horas após aplicação de bentazon e glyphosate, respectivamente. Os horários de aplicação e as doses tiveram pouca influência sobre os níveis de controle de plantas daninhas para os dois herbicidas. Menor eficiência de controle de bentazon e glyphosate se obteve em plantas sob restrição hídrica. Maior atividade de CAT e SOD ocorreram às 13:00 horas para o herbicida bentazon. Dentre as três enzimas avaliadas, a SOD apresentou as maiores atividades após aplicação de glyphosate. Em geral os horários de maior pico de atividade enzimática foram distintos entre a condição com e sem restrição hídrica.

**Palavras-chave:** Agronomia. Ervas daninhas. Herbicidas. Horários de aplicação. Controle de umidade.

## ABSTRACT

SALOMÃO, Helis Marina. Efficacy of herbicides in the control of *Ipomoea grandifolia* under different doses, application times and soil water conditions. 66 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2019.

For the control of weeds, through the application of herbicides it is important the existence of plants for the proper functioning of the products. Soil water status and time of application may influence the improvement of herbicide results. The interaction of these two factors, the part of the soil and the time of the forms are important to social and agricultural development. The glyphosate (bentazon herbicides) and glyphosate (Zapp QI), aiming to improve the control of *Ipomoea grandifolia* plants under various water availability conditions. Two experiments were carried out, one for each herbicide (bentazon and glyphosate). A completely randomized design was used, with four replications, in a factorial scheme  $2 \times 6 \times 2$  (+2). The first factor represented two doses of each herbicide, 504 and 720 g i.a. ha<sup>-1</sup> of bentazon and 651 and 911.4 g i.a. ha<sup>-1</sup> of glyphosate. The second report consisted of six herbicide application schedules (01:00 h, 05:00 h, 09:00 h, 13:00 h, 17:00 h and 21:00 h). The third factor, soil water content, of 100% and 50% of the field capacity (CC). Two controls without herbicide application were added to the list, one for each soil water content. ODA of bentazon and 7, 14, 21 and 28 DAA of glyphosate was, as collected, a component of fresh plants for the evaluation of fresh matter and dry material of plants. In addition, the activities of the enzymes superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POX) were determined after collecting plant material 24 and 96 hours after application of bentazon and glyphosate, respectively. Application schedules and doses had little influence on weed control levels for the two herbicides. Lower efficiency of control of bentazon and glyphosate in plants under water restriction. Higher CAT and SOD activity at 13:00 h for bentazon herbicide. Among the three enzymes evaluated, SOD promotes the first applications after the application of glyphosate. In general, the times of greatest peak of enzymatic activity were distinct between a condition with and without water restriction.

**Keywords:** Agronomy. Weeds. Herbicides. Application times. Moisture control.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Temperatura e umidade durante o período de condução do experimento. Pato Branco - PR, 2019.....	24
Figura 02 – Porcentagem de controle (A, C e E) e altura (B, D e F) de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> aos 7, 14 e 21 DAA de bentazon, respectivamente, submetidas a aplicação em diferentes horários do dia. Pato Branco - PR, 2019.....	30
Figura 03 – Altura aos 7 e 21 DAA (A e B) e porcentagem de controle aos 21 DAA (C) de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> submetidas a diferentes condições hídricas do solo e aplicação do herbicida bentazon. Pato Branco - PR, 2019.....	31
Figura 04 – Porcentagem de controle de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> com distintas doses de bentazon aos 14 DAA. Pato Branco - PR, 2019.....	32
Figura 05 – Matéria fresca (%) de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> , aos 21 DAA, afetada pela interação entre horários de aplicação de bentazon e níveis de restrição hídrica. Pato Branco - PR, 2019.....	33
Figura 06 – Matéria seca da parte aérea (%) de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> submetidas a aplicação de bentazon em distintos horários (A) e níveis de restrição hídrica (B). Pato Branco - PR, 2019.....	33
Figura 07 – Atividade das enzimas CAT (A) e SOD (B) em plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> submetidas a aplicação de bentazon em diferentes horários e condição hídrica do solo. Pato Branco - PR, 2019.....	35
Figura 08 – Atividade da enzima CAT em plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> submetidas a aplicação de diferentes doses do herbicida bentazon. Pato Branco - PR, 2019.....	36
Figura 09 – Porcentagem de controle aos 7, 14, 21 e 28 DAA (A, B, D e F) e altura aos 14, 21 e 28 DAA (C, E e G) de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> submetidas a aplicação em diferentes horários do herbicida glyphosate. Pato Branco - PR, 2019.....	38
Figura 10 – Altura aos 7 DAA de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> submetidas a aplicação em diferentes horários do herbicida glyphosate. Pato Branco - PR, 2019.....	39
Figura 11 – Porcentagem de controle (A, B, C e D) de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> aos 7, 14, 21 e 28 DAA, respectivamente, submetidas a diferentes condições hídricas do solo e aplicação do herbicida glyphosate. Pato Branco - PR, 2019.....	40
Figura 12 – Altura aos 14 e 21 DAA de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> submetidas a diferentes condições hídricas do solo e aplicação do herbicida glyphosate. Pato Branco - PR, 2019. ....	41
Figura 13 – Matéria seca (%) de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> submetidas a aplicação do herbicida glyphosate em diferentes condições hídricas do solo. Pato Branco - PR, 2019.....	41
Figura 14 – Matéria fresca (%) e matéria seca (%) de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> submetidas a aplicação do herbicida glyphosate em diferentes horários do dia. Pato Branco - PR, 2019. ....	42
Figura 15 – Porcentagem de controle de plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> em distintas doses do herbicida glyphosate aos 28 DAA. Pato Branco - PR, 2019.....	43
Figura 16 – Atividade das enzimas CAT (A) e POX (B) em plantas de <i>Ipomoea grandifolia</i> submetidas a aplicação de glyphosate em diferentes horários de aplicação e condição hídrica do solo. Pato Branco - PR, 2019.....	44

- Figura 17 – Atividade das enzimas CAT (A) e POX (B) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação de diferentes doses do herbicida glyphosate. Pato Branco - PR, 2019.....45
- Figura 18 – Atividade da enzima SOD em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação de diferentes doses do herbicida glyphosate, em diferentes horários de aplicação e condições hídricas do solo. Pato Branco - PR, 2019.....46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Dados de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e temperatura em cada horário de aplicação dos herbicidas. Pato Branco - PR, 2019.....	26
--	----

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
NIPED	Núcleo de Investigações na Ciência das Plantas Daninhas
PR	Unidade da Federação – Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Graus Celsius
Alt	Altura
AMPA	Aminometilfosfônico
APX	Ascorbato peroxidase
C	Controle
CAT	Catalase
CC	Capacidade de campo
Cfb	Clima temperado ameno
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CV	Coeficiente de variação
D	Dose
DAA	Dias após aplicação
DTT	Ditiotreitol
EPI	Equipamento de proteção individual
EPSPs	Enol-piruvil-shiquimato-fosfato sintase
EROS	Espécies reativas do oxigênio
g	Gramma
<i>g</i>	Força G
GL	Graus de liberdade
h	Hora
H	Horários
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio
ha	Hectare
i.a.	Ingrediente ativo
Kow	Partição octanol-água
L	Litro
m/v	Massa por volume
MF	Matéria fresca
mg	Miligramma
min	Minutos
mM	Milimolar
MS	Matéria seca
NBT	Azul de nitrotetrazólio cloreto
O <sub>2</sub>	Oxigênio
O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Oxigênio singleto
POX	Peroxidase
PVP	Polivinilpirolidona
QMR	Quadrado médio do resíduo
R	Restrição
RFA	Radiação fotossinteticamente ativa
s	Segundo
SOD	Superóxido dismutase
TKP	Tampão fosfato de potássio
U	Unidades
μL	Microlitro
μM	Micromol

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1 GERAL.....	16
2.2 ESPECÍFICOS.....	16
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
3.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO E FATORES DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS.....	17
3.2 CARACTERÍSTICAS E MODO DE AÇÃO DOS HERBICIDAS.....	18
3.2.1 Bentazon.....	19
3.2.2 Glyphosate.....	20
3.3 CORDA DE VIOLA ( <i>Ipomoea grandifolia</i> ).....	21
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
4.1 ATIVIDADE ENZIMÁTICA.....	26
4.2 EFICIÊNCIA DE CONTROLE.....	28
4.3 ANÁLISE DE DADOS.....	28
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>29</b>
5.1 BENTAZON.....	29
5.2 GLYPHOSATE.....	37
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>48</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A presença de plantas daninhas é considerada um dos principais impedimentos para a manutenção da produção agrícola em patamares elevados. Elas depreciam a qualidade dos produtos e submetem as plantas cultivadas a uma acirrada competição por recursos vitais para o desenvolvimento de ambas. De modo geral, ocorre um melhor desenvolvimento da planta daninha, em detrimento da planta cultivada, devido principalmente a facilidade de colonização de um ambiente perturbado e com potencial produtivo, como as lavouras (VARGAS; ROMAN, 2004).

Existem vários métodos para o controle de plantas daninhas, dentre eles é possível citar o controle preventivo, erradicação, cultural, físico, mecânico, biológico, químico e a sua integração (OLIVEIRA; CONSTANTIN, 2001). O método mais utilizado para o controle de plantas daninhas é a aplicação de herbicidas. O uso de herbicidas contribuiu para a intensificação da agricultura em todo o mundo, tornando possível o aumento da produção através da diminuição da matocompetição, redução na mão de obra necessária e também, em parte pela viabilização de agricultura em larga escala.

Mesmo com seus inúmeros benefícios, existe um crescente apelo social para os efeitos maléficos que os herbicidas podem provocar ao meio ambiente, além do interesse em se reduzir os custos de produção das lavouras. Há, portanto, a necessidade de se aumentar a eficiência das aplicações de herbicidas, reduzindo perdas e desperdícios com pulverizações em momentos e condições inadequadas, que não resultem em níveis satisfatórios de controle (LIMA, 2015; VITORINO; MARTINS, 2012).

A eficiência de aplicação é diretamente relacionada a tecnologia de aplicação, pois através desta se obtém maior precisão e uniformidade, evitando-se problemas de super ou sub-doses de herbicidas (CHRISTOFFOLETI; OVEJERO; CARVALHO, 2004). A aplicação adequada é capaz reduzir o impacto das condições ambientais na eficiência do herbicida, que afetam a deposição do produto no alvo ou ainda, condições fisiológicas da planta que podem reduzir a absorção e translocação do herbicida resultando em decréscimo dos níveis de controle.

Nesse contexto, os horários mais adequados para se realizar a aplicação de herbicidas ainda geram muitas incertezas. Isso se deve ao fato de que tal condição varia entre os diferentes herbicidas existentes no mercado, os quais abrangem diferentes mecanismos de ação. Os horários de aplicação implicam distintas condições de umidade, temperatura, radiação, entre outros fatores, os quais influenciam na atividade de enzimas de estresse oxidativo e na eficácia do herbicida (OLIVEIRA; CONSTANTIN, 2001).

Estudos vem sendo realizados para se verificar a influência do horário de aplicação no controle de plantas daninhas, com uso de diferentes herbicidas. Em aplicações noturnas de lactofen, realizadas às 5 e 22 horas, o controle de plantas daninhas foi mais eficiente, quando comparadas a outros horários do dia (FERREIRA; MACHADO-NETO; MATUO, 1998). Pesquisas também evidenciam diferenças no controle de *Urochloa plantaginea* com os herbicidas atrazine + alachlor, sendo os horários de maior eficiência entre 4 e 8 horas e a partir das 22 horas (FORNAROLLI *et al*, 1999).

Também se encontram diferenças na eficiência de diquat sobre *Eichhornia crassipes*, obtendo melhor controle em aplicações noturnas (PITELLI *et al*, 2011). A eficiência de fomesafen foi mais elevada quando aplicado durante o dia, em elevadas temperaturas e radiação solar, no controle de plantas daninhas dicotiledôneas (CIESLIK, 2012). Porém, esse autor constatou que para o controle de gramíneas com fluazifop-p-butyl a melhor ação ocorre no período da manhã.

Outro ponto de relevância é a condição fisiológica em que a planta daninha se encontra no momento da aplicação, sendo muito comum ocorrerem a campo situações de aplicações realizadas em momentos inadequados. Dentre estes, destacam-se aplicações em meio a períodos de seca, em que a planta está passando por estresse que pode potencializar redução da eficiência dos herbicidas e menor controle das plantas daninhas, pois uma planta estressada apresenta seu mecanismo anti oxidante ativo e após a aplicação d herbicida ela apresenta maiores condições de metabolizar os radicais libres decorrentes da ação do herbicida.

Quando herbicidas inibidores de EPSPS (5-enolpiruvato-chiquimato-3-fosfato sintase) são aplicados em condições de baixa umidade do solo sua eficiência é reduzida pela diminuição na absorção e translocação do mesmo pelas plantas



(KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000). Melhores controles de *Euphobia heterophylla* com aplicação de carfentrazone-ethyl foram obtidos em aplicações sobre plantas com condições ideais de desenvolvimento, sem estresse hídrico (ROMAN; VARGAS; RIBEIRO, 2003). Esse mesmo comportamento foi observado com os herbicidas clomazone+ametrina, sulfentrazone e tebuthiuron em que sua eficiência em períodos de estiagem foi reduzida, não suprimindo a emergência de *Cenchrus echinatus*, apenas reduzindo a emergência de plantas de *Bidens pilosa* (SOUZA; PEREIRA; MARTINS, 2014).

Em condições de deficiência hídrica é recomendado aos agricultores, que efetuem a aplicações de herbicidas em períodos do dia com menores temperaturas e maior umidade relativa do ar. Porém, nestas recomendações, muitas vezes são desconsideradas as interações entre os diferentes fatores que sofrem variação em função do período de aplicação.

Assim, são necessárias mais informações sobre as condições ideais para se realizar o controle de plantas infestantes, especialmente no que diz respeito a umidade do solo ideal no momento da aplicação e ao horário do dia que seria mais indicado para se obter maior eficácia dos herbicidas. A interação desses dois fatores, umidade do solo e horário de aplicação poderá trazer informações extremamente importantes para a assistência técnica e agricultores.

Deste modo são necessários novos estudos a fim de se garantir respostas mais precisas e uma melhoria na utilização de herbicidas que afetam distintos processos bioquímicos nas plantas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Determinar horários mais adequados para a aplicação dos herbicidas bentazon (Basagran) e glyphosate (Zapp QI), visando melhoria da eficiência de controle de plantas de *Ipomoea grandifolia*, sob diferentes condições de disponibilidade de água no solo.

### 2.2 ESPECÍFICOS

Avaliar os níveis de controle de cada herbicida nos diferentes horários de aplicação, identificando aqueles que promovem maior eficiência.

Avaliar o efeito da condição hídrica e de outros fatores que variam com o horário de aplicação tem sobre a eficiência de controle e sobre parâmetros fisiológicos das plantas de *Ipomoea grandifolia*.

Determinar a atividade de enzimas de estresse oxidativo como uma variável de maior precisão dos efeitos dos tratamentos sobre as plantas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO E FATORES DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA DE HERBICIDAS

A aplicação de produtos fitossanitários, como herbicidas, envolve grande complexidade e inclusão de várias áreas de conhecimento, incluindo questões relacionadas à legislação e registro do produto, características físico-químicas dos produtos, bem como fatores econômicos, ecológicos, biológicos, agrônômicos, dentre outros tantos (MATTHEWS; BATEMAN; MILLER, 2016).

Fatores de extrema importância influenciam a eficiência das aplicações. Por exemplo, cada ingrediente ativo possui características físico-químicas próprias, tais como pressão de vapor, formulação, proteção à fotodecomposição, solubilidade em água e coeficiente de partição octanol-água (K<sub>ow</sub>), que influenciam diretamente o comportamento do herbicida no ecossistema (SANTOS, 2017).

Assim, os herbicidas necessitam diferentes condições edafoclimáticas para que possam desempenhar totalmente seu potencial de controle. Outro ponto importante está relacionado a aplicação adequada, de forma que o produto seja direcionado ao alvo, possibilitando o mínimo de contaminação, redução de dispêndios econômicos e garantindo a qualidade necessária para um controle satisfatório (MATUO, 1990).

O veículo de transporte do princípio ativo até o alvo cumpre papel fundamental no sucesso de uma aplicação. A água de qualidade possibilita uma melhor cobertura do alvo quando utilizado um adequado tamanho de gota, tensão superficial, pH e dureza. Caso sejam negligenciados esses fatores, pode ocorrer inativação total ou parcial do produto ou até mesmo problemas mecânicos em filtros, bicos e bomba do pulverizador (QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008).

Fatores de ambiente como a temperatura, umidade do ar, orvalho, ocorrência de chuvas após a aplicação, irradiância, umidade do solo, presença de poeira sobre as plantas, podem afetar o processo de absorção e translocação dos herbicidas nas plantas. Também, características específicas das plantas, como seu

estado nutricional, angulação foliar, estágio de desenvolvimento e proporção entre seus constituintes celulares interferem de forma direta ou indireta, afetando o deslocamento da molécula do herbicida comprometendo seu correto efeito sobre as invasoras (VIDAL *et al.*, 2014).

O horário de aplicação a ser adotado é um fator complexo, devido as variações climáticas existentes durante o ano, sendo os principais fatores atrelados aos diferentes horários do dia são extremos de temperatura e umidade relativa do ar, diferenças na radiação, ventos, orvalho (GAZZIERO; NEUMAIER, 1985), entre outros que interferem na absorção do produto ou de sua chegada na planta.

A interação desses aspectos são variáveis para cada herbicida. Por exemplo, a ação do herbicida chlorimuron-ethyl sobre *Commelina benghalensis* L. é mais afetada por variações na temperatura do ar, enquanto fomesafen e bentazon são mais afetados por variações na incidência de radiação (RAMIRES *et al.*, 2008). Já na aplicação de glyphosate, melhores deposições do produto ocorreram nos horários da manhã quando comparados com os horários da tarde (NASCIMENTO *et al.*, 2012). De modo geral, valores de umidade inferiores a 50% e temperaturas menores que 18°C prejudicam a absorção da maioria dos herbicidas.

A deficiência hídrica interfere no metabolismo das plantas, levando a diminuição do volume celular, aumento na concentração de solutos, maior fechamento de estômatos, maior ajuste osmótico, redução nas trocas gasosas e da área área foliar e aumento na densidade e profundidade de raízes, síntese de metabólitos secundários e ativação dos mecanismos de defesa, como o sistema de defesa antioxidante. Tais fatores podem afetar a absorção e eficiência dos herbicidas (LIMA, 2015, TAIZ *et al.*, 2017).

Sob condições de estresse hídrico, as plantas tendem a aumentar a camada cerosa da cutícula e aumentar a presença de pilosidades na superfície foliar, o que provoca a redução da absorção de herbicidas e um menor controle das plantas daninhas. Os melhores níveis de controle são observados em plantas que não passaram por restrição hídrica (TAIZ *et al.*, 2017, ROMAN; VARGAS; RIBEIRO, 2003).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS E MODO DE AÇÃO DOS HERBICIDAS

### 3.2.1 Bentazon

O herbicida com ingrediente ativo bentazon pertence ao grupo químico das benzotiazoles, e seu nome químico é 3-isopropyl-1 H-2,1,3-benzothiadiazin-4(3H)-one2,2-dioxide. Sua solubilidade em água é de 500 mg/L (20°C), densidade de 1,19 g/mL (20°C), pressão de vapor de  $9,0 \times 10^{-6}$  Pa (20°C), pKa de 3,3 (24°C) e Kow de 0,35. Possui baixa adsorção ao solo e baixa lixiviação, sendo rapidamente metabolizado por fungos e bactérias e incorporados a matéria orgânica. Sua fotodegradação é insignificante e seu período de meia vida é de em média 20 dias (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

O produto formulado à base de bentazon não é inflamável, não é corrosivo, sendo estável quando mantido na embalagem original, fechada e dentro do prazo de validade. O produto comercial Basagran 600 possui formulação de concentrado solúvel, 600 g L<sup>-1</sup> de bentazon, sendo classificado como extremamente tóxico e no Brasil tem como detentora a empresa BASF. Sua dosagem varia de 1,2 a 1,6 L ha<sup>-1</sup> ou 0,72 a 0,96 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo (ADAPAR, 2018).

Possui seletividade para as culturas da soja, arroz, feijão, milho e trigo, podendo, no entanto causar sintomas de fitotoxicidade dependendo da sensibilidade de cada cultivar, apresentando sintomas de amarelecimento ou até necroses que logo desaparecem e não causam danos a produtividade (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

As plantas daninhas mais suscetíveis são as ciperáceas, algumas monocotiledôneas e a maioria das dicotiledôneas, sendo todas elas mais sensíveis quando na fase inicial de desenvolvimento. As espécies que resistem a aplicação do produto conseguem realizar a fixação ou desativação do herbicida absorvido dentro da planta (VARGAS; ROMAN, 2004).

Bentazon é um herbicida de pós emergência, atua inibindo o transporte de elétrons no fotossistema II. Possui efeito de contato e localizado, portanto é necessário ter uma boa cobertura das plantas alvo para que possa reduzir drasticamente a produção de carboidratos, além de desencadear estresse oxidativo e levar a planta a morte (OLIVEIRA JR, 2011).

Para melhorar a eficiência de bentazon, recomenda-se a adição de 1,0 L ha<sup>-1</sup> de adjuvante oleoso (óleo mineral) para o controle de *I. grandifolia* e outras espécies, em estágio de 2 a 6 folhas verdadeiras. A adição de adjuvante ajuda a melhorar o controle de algumas plantas daninhas, além de possibilitar redução na velocidade de evaporação, no entanto, nunca se justificando redução de doses do herbicida. Para a cultura do feijão, a adição de adjuvante eleva os riscos de ocorrência de fitotoxicidade (ADAPAR, 2018).

A eficiência de bentazon é comprometida e seu uso é limitado em plantas que estejam sofrendo algum tipo de efeito maléfico ou passando por estresses, como condição climática desfavorável, injúrias por pragas e doenças ou que foram afetadas por fitotoxicidade. É recomendado pelo menos 2 horas sem chuva após o período de aplicação, para não comprometer a eficiência do controle de bentazon (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Plantas que cresceram sob condições de escassez de água no solo tendem a ser mais tolerantes ao herbicida, devido a um maior aprofundamento do sistema radicular e maior armazenamento de reservas, superando com maior facilidade o decréscimo temporário de produção de fotoassimilados. Já em plantas que se desenvolveram sob alta umidade do solo tendem a ser de fácil controle, mesmo em estádios mais avançados (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

A umidade do ar elevada facilita e acelera a absorção de bentazon, reduzindo a evaporação e tornando o controle mais eficiente. Aplicações nas primeiras horas do dia tendem a ser mais eficientes, no entanto deve-se tomar cuidado com a presença de orvalho sobre as folhas que pode causar maiores sintomas de fitotoxicidade principalmente no feijão. Visando um melhor controle, não deve ser aplicado em temperaturas inferiores a 10°C (RAMIRES *et al.*, 2008).

### 3.2.2 Glyphosate

Glyphosate, cujo nome químico é N-(phosphonomethyl)glycine, possui solubilidade em água de 15.700 mg L<sup>-1</sup> a 25°C e pH 7,0, densidade de 1,74 g mL<sup>-1</sup> (ácido), pressão de vapor de 2,45x10<sup>-8</sup> Pa (45°C) (ácido), pKa de 2,6; 5,6; 10,3 (ácido) e kow de 0,0006 a 0,0017 (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). O produto

formulado Zapp QI 620, à base de glyphosate, é registrado pela empresa Syngenta, possui 500 g L<sup>-1</sup> de ácido tendo formulação de concentrado solúvel, com grupo químico derivado de glicina e ingrediente ativo glyphosate ou glifosato.

O produto é indicado para aplicação em pós emergência nas culturas de algodão, arroz, cana-de-açúcar, milho, soja, trigo, café, citros, feijão, maçã e eliminação de soqueira de cana-de-açúcar. Para o controle de *I. grandifolia* recomenda-se o uso de 2,1 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial Zapp QI, sendo que quanto mais jovem a planta mais efetivo será o controle (ADAPAR, 2018).

Sua absorção dá-se via foliar através da cutícula, sendo translocado preferencialmente via simplasto para todas as partes da planta. Seu mecanismo de ação é a inibição da enzima enol-piruvil-shiquimato-fosfato sintase (EPSPs) que faz parte da rota de produção dos aminoácidos essenciais fenilalanina, triptofano e tirosina (KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000). Com essa inibição cessa a produção de algumas vitaminas e hormônios, além do acúmulo de amônia fitotóxica, glutatona e glutamato, causando entre 4 a 20 dias um progressivo amarelecimento, murcha, necrose e morte da planta (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Algumas espécies tolerantes metabolizam o produto lentamente a ácido aminometilfosfônico (AMPA), sendo que a resistência se dá por meio da alteração do sítio de ação do herbicida na planta ou por translocação diferencial na planta (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Possui forte adsorção aos colóides do solo, praticamente não é lixiviado e sua persistência é baixa devida a rápida degradação microbiana. Seu período de meia-vida é de 47 dias, sendo que as culturas podem ser implantadas imediatamente após a aplicação (ADAPAR, 2018).

### 3.3 CORDA DE VIOLA (*IPOMOEA GRANDIFOLIA*)

A família Convolvulaceae, à qual pertence a espécie *Ipomoea grandifolia*, compreende 55 gêneros e 650 espécies, sendo destes apenas seis gêneros se apresentam como plantas infestantes (KISSMANN; GROTH, 1993). O Brasil possui o maior número de táxons com a maioria de suas espécies endêmicas, sendo os gêneros *Calycobolus* Willd. ex. Roem & Sch; *Dicranostyles* Betham;

*Evolvulus* L; *Ipomoea* L; *Jacquemontia* Choisy e *Maripa* Aublet os que possuem maior representatividade no país (JUDD *et al.*, 2002).

As plantas da família Convolvulaceae apresentam caule ramificado, longo e volúvel com hábito de crescimento trepador. Suas flores são normalmente vistosas, com um colorido intenso muitas vezes utilizadas como ornamentais (KISSMANN; GROTH, 1993), muito embora seu maior interesse econômico é sua presença como infestante em lavouras.

O gênero *Ipomoea* possui grande representação dentre as plantas invasoras da família Convolvulaceae, sendo amplamente distribuído em regiões tropicais e subtropicais, e em menor proporção em zonas temperadas. As espécies desse gênero consideradas como plantas daninhas são *I. alba*, *I. aristolochiifolia* G. Don, *I. cairica*, *I. carnea* ssp. *fistulosa*, *I. cynanchifolia* Meisn, *I. hederaceae* Jac, *I. hederifolia* (Vell.) Hallier, *I. nill* Roth, *I. purpurea*, *I. quamoclit*, *I. grandifolia* e *I. triloba* L. (KISSMANN; GROTH, 1993).

Os níveis de infestação de plantas daninhas que geram prejuízos dependem de vários aspectos, variando conforme a densidade das invasoras, estágio fenológico da cultura e das plantas daninhas, intensidade dos danos versus custos do controle, tempo de permanência das daninhas sem causar danos, nível de tolerância e nível de dano econômico (PORTUGAL; VIDAL, 2009).

Devido a suas inúmeras habilidades, as plantas de *Ipomoea* danificam as plantas cultivadas tanto na implantação e desenvolvimento da lavoura quanto no período de colheita. No período inicial causam danos devido a competição por água, nutrientes, luz e espaço, principalmente devido a seu sistema radicular pivotante agressivo e a seu hábito de crescimento em forma de liana, o qual se dispõe como uma planta trepadora com grande competitividade na absorção da radiação solar por apresentar folhas vigorosas e posicionar-se acima das plantas cultivadas prejudicando sua atividade fotossintética (EMBRAPA TRIGO, 2006).

O elevado potencial competitivo de espécies de *Ipomoea* foi comprovado por Pagnoncelli Jr *et al.* (2017), que constataram significativa redução no rendimento da soja submetida a competição com *I. grandifolia* e *I. purpurea*. Neste estudo, apenas uma planta de *Ipomoea* por metro quadrado reduziu 25,9% do



rendimento final da cultura, sendo que *I. purpurea* possui maior potencial na redução da produtividade da soja.

No período de colheita, a presença de plantas de *Ipomoea* dificulta a mecanização da área, assim como o preparo do solo, por apresentar grande quantidade de caules e ramos volúveis (KISSMANN; GROTH, 1993), os quais acabam trancando as partes móveis dos implementos, quebra de peças e gerando atrasos na colheita. Além disso, a presença de sementes de *Ipomoea* em mistura em campos de produção de sementes, como na cultura do trigo, é considerada como uma espécie nociva com nível zero de tolerância em qualquer classificação de sementes (EICHELBERGER, 2009).

Outro ponto relevante é a presença de biótipos tolerantes ao glyphosate, nas três espécies de *Ipomoea* mais encontradas no sudoeste do Paraná (*I. purpurea*, *I. grandifolia* e *I. indivisa*) (PAZUCH *et al.*, 2013). A tolerância se dá através da redução da translocação do herbicida pela planta, e no caso da *I. grandifolia* pela menor absorção do herbicida.

Pesquisas demonstram que o potencial de redução de biomassa da soja pela presença de plantas de *I. ramosissima* pode chegar a 54% quando a planta daninha tem seu estabelecimento anterior a implantação da cultura da soja, sendo ela mais competitiva que plantas de *Euphorbia heterophylla* (RIZZARDI *et al.*, 2004)

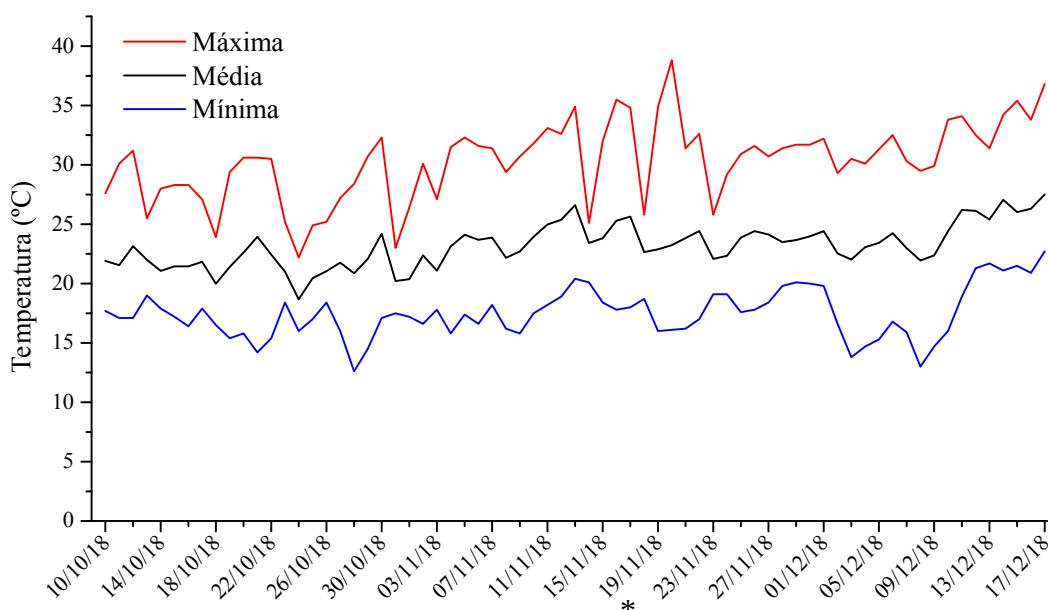
Outros estudos constataram que a habilidade competitiva da soja é superior às espécies de *I. triloba*, *I. indivisa* e *I. purpurea*, prevalecendo a competição interespecífica para a planta daninha e intraespecífica para a soja (PICCININI, 2015). Já para Vidal, Kalsing e Gherekhloo (2010) a presença de quatro plantas de *I. nil* impacta significativamente no rendimento de grãos na cultura do feijoeiro.

Sendo assim, escolheu-se a espécie de *I. grandifolia* como indicadora da ação de bentazon e glyphosate, sob condições distintas de umidade do solo e sob diferentes horários de aplicação.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram realizado em casa de vegetação situada nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, na região geográfica do Terceiro Planalto Paranaense, sob as coordenadas 26°11'54,1" S e 52°41'26,2" W e com altitude de aproximadamente 764 m. As condições climáticas locais, segundo classificação Köppen-Geiger, situam-se em área de transição entre Cfa e Cfb (KÖPPEN; GEIGER, 1928) Sendo coletados dados de temperatura média, mínima e máxima durante todo o período de condução do experimento (Figura 01), sendo que umidade relativa não foi quantificada.

**Figura 01** – Temperatura e umidade durante o período de condução do experimento. Pato Branco - PR, 2019.



\* Dias em que foi realizada a aplicação dos herbicidas

Foram efetuados dois experimentos, um para cada herbicida (bentazon e glyphosate). Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento, em esquema fatorial 2 x 6 x 2 (+2). O primeiro fator representou as duas doses de cada herbicida, selecionadas em um ensaio preliminar de resposta a doses, selecionadas as doses de 504 e 720 g i.a. ha<sup>-1</sup> de bentazon e 651 e 911,4 g i.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate. O segundo fator foi constituído por seis horários de aplicações dos herbicidas (1; 5; 9; 13; 17 e 21 horas). O terceiro fator, pelas condições de umidade do solo, de 100% e 50% da capacidade de

campo (CC). Foram acrescentados à lista dois tratamentos, representados por duas testemunhas sem aplicação de herbicidas, a primeira em solo sob 100% e a segunda em solo sob 50% da capacidade de campo. Isso totalizou 104 unidades experimentais para cada experimento.

Para a implementação do experimento em vasos, utilizou-se solo coletado em uma propriedade no município de Vitorino – PR, proveniente de erosão laminar de ocorrência natural do horizonte A de Nitossolo Vermelho Distrófico, o qual apresentava 18 % de areia, 18 % de silte e 64 % de argila e altos níveis de fertilidade. O solo foi transportado para a secagem em estufa plástica da UTFPR *Campus* Pato Branco, até massa constante, para proceder o enchimento dos vasos.

Utilizou-se vasos com capacidade para 5 L preenchidos com exatos 5 kg de solo e forrado com manta de drenagem para impedir a perda de solo. A determinação da capacidade de campo foi efetuada por meio de adaptação da metodologia de Scherer (2017) através da pesagem de solo saturado, posteriormente seco em estufa e pesado novamente.

Foram utilizadas sementes de *I. grandifolia* suscetíveis a herbicidas IAQGR – 2012, provenientes do banco de germoplasma do NIPED (Núcleo de Investigações na Ciência das Plantas Daninhas da UTFPR, *Campus* Pato Branco), as quais apresentaram poder germinativo aproximado de 66,7%. A quebra de dormência das sementes foi realizada segundo metodologia proposta por Pazuch *et al.* (2014), utilizando-se o método de tratamento com água quente, em que uma quantidade de 25 mL de água aquecida até 98°C dispostos em um copo Béquer de 50 mL e em seguida adicionadas as sementes e ali mantidas por um período de uma hora, sem a manutenção da fonte de calor.

Sendo semeadas 10 sementes de *Ipomoea* por vaso sendo o raleio realizado aos 3 dias após a emergência deixando inicialmente cinco plantas por vaso. Posteriormente aos 10 dias após a emergência foi realizado novo raleio para manter quatro plantas por vaso. Quando estas atingiram estágio de 2 a 4 folhas verdadeiras foi realizada a aplicação dos herbicidas, nos dias 19/11/2018 e 20/11/2018.

Para a aplicação foi utilizado pulverizador costal de CO<sub>2</sub> com volume de calda ajustado para 200 L/ha, EPI e barreiras para isolar o local em que foi

aplicado impedindo a ocorrência de deriva dos herbicidas, as condições de temperatura e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) com o equipamento fotômetro de barra (Tabela 01).

**Tabela 01** – Dados de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e temperatura em cada horário de aplicação dos herbicidas. Pato Branco - PR, 2019.

Horários	RFA ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
1 hora	0,00	17,90
5 horas	0,00	16,03
9 horas	271,70	27,44
13 horas	581,00	29,63
17 horas	315,00	26,42
21 horas	0,00	20,19

A umidade do solo foi mantida a 100% da capacidade de campo desde a semeadura da espécie daninha até 10 dias anteriores à aplicação dos herbicidas, quando foi atribuída a umidade desejada a cada tratamento. Iniciou-se com a saturação inicial de todos os vasos e posterior controle da irrigação e perda de água em função do peso necessário para se chegar a 50% e 100% da capacidade de campo.

#### 4.1 ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Após 24 horas da aplicação de bentazon (NOHATTO *et al.*, 2016) e 92 horas da aplicação de glyphosate (MOLDES *et al.*, 2008) foi coletado material vegetal para quantificação da atividade de enzimas de estresse oxidativo Catalase (CAT), Peroxidase (POX) e Superóxido dismutase (SOD). Para a coleta, aproximadamente 1g de material vegetal (folhas) foi acondicionado em envelopes de papel alumínio e rapidamente congelado com nitrogênio líquido, sendo armazenado em freezer a -20  $^{\circ}\text{C}$  até o momento da análise.

O tampão de extração utilizado foi constituído por tampão fosfato de potássio (TKP) 100mM pH 7,5, acrescido de 1mM de EDTA, 5 mM de DTT (Ditiotreitol) e 1% (m/v) de PVP (Polivinilpirolidona). Foram empregados 8 mL de tampão de extração para cada 1g de material vegetal. A maceração foi realizada utilizando N líquido e o material foi centrifugado por 10 min em centrífuga refrigerada a 4  $^{\circ}\text{C}$  a 12.000x g. O precipitado foi descartado e o sobrenadante armazenado a -

20 °C, e posteriormente utilizado como extrato enzimático. O teor de proteínas foi determinado através de metodologia proposta por Bradford (1976).

A quantificação da atividade da CAT (EC: 1.11.1.6) foi realizada baseada na metodologia proposta por Shabala e Cuin (2012). Utilizou-se TKP 50 mM pH 7,0, acrescido de 16 mM de peróxido de hidrogênio. O consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foi monitorado a 25 °C por 60 s no comprimento de onda de 240 nm, em cubeta de quartzo, contendo 25 µL do extrato enzimático e um volume final de 3025 µL. Para cálculo da atividade enzimática foi utilizado o coeficiente de extinção molar do peróxido de hidrogênio como 39,4 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>, e esta foi expressa em µM min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína.

A POX (EC: 1.11.1.7) teve sua atividade determinada conforme metodologia proposta por Flurkey e Jen (1978) com as concentrações de substrato seguindo sugestões de Cakmak e Horst (1991) e Srivastava e Dwivedi (2000). A reação foi composta por TKP 50 mM pH 6,0, guaiacol 7,5 mM e 15 mM de peróxido de hidrogênio. A formação de tetraguaiacol foi monitorada em espectrofotômetro a 470 nm por 60s, em cubeta de polipropileno contendo 5 µL do extrato enzimático e um volume final de 3005 µL. Para o cálculo da atividade enzimática foi utilizado o coeficiente de extinção molar de 26,6 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> e a atividade expressa em µM min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína.

A atividade da SOD (EC: 1.15.1.1) foi realizada com base na metodologia proposta por Giannopolitis e Ries (1977). O meio de reação foi composto por TKP 55,5 mM, pH 7,8, EDTA 0,1 mM, NBT 0,075 mM, metionina 13 mM e riboflavina 2 µM. Para a reação, foram adicionados 25 µL do extrato enzimático a 3000 µL de meio de reação, mantidos incubados sob lâmpada fluorescente de 15 Watts por 10 minutos. Para o branco foi realizada a reação substituindo o extrato enzimático pelo tampão de extração, já para o controle, em tubo de ensaio, foram adicionados 25 µL de extrato enzimático a 3000 µL de meio de reação, o qual permaneceu 10 minutos no escuro antes de proceder a leitura e feita a diferença com a leitura que permaneceu sob iluminação. As leituras foram realizadas em cubetas de polipropileno em espectrofotômetro a 560 nm mantendo-se o máximo escuro possível, tanto nas leituras quanto no preparo dos reagentes. Foi considerada uma unidade de SOD a quantidade de enzima capaz de inibir 50%

da fotorredução do NBT nas condições do presente estudo. A atividade da enzima foi expressa em unidades por miligrama de proteína ( $\text{U min}^{-1} \text{mg proteína}^{-1}$ ).

#### 4.2 EFICIÊNCIA DE CONTROLE

Aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação do herbicida bentazon, foi avaliada a eficiência de controle das plantas daninhas, com notas de 0 a 100% (FRANS *et al.*, 1986) e a altura das plantas, através de medição com régua milimetrada da base da planta até o topo. Para as plantas tratadas com glyphosate as mesmas variáveis foram avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação.

Aos 21 dias após aplicação (para bentazon) e 28 dias após a aplicação (para glyphosate) foi coletado material vegetal para a determinação de matéria fresca, a qual foi pesada em balança analítica e seca em estufa a 60 °C até atingir peso constante, sendo então determinada a matéria seca.

#### 4.3 ANÁLISE DE DADOS

Os dados coletados foram relativizados em função das testemunhas sem aplicação, sendo que os dados das enzimas de estresse oxidativo foram relativizadas para cada testemunha sem aplicação, com coleta realizada no horário de seus respectivos tratamentos, com isso isolando o efeito de maior atividade provocado pelos horários mais quentes do dia.

Os dados obtidos foram testados quanto a normalidade e homogeneidade das variâncias e em sequência submetidos a ANOVA e quando significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ) utilizando o software R Studio. Sendo os gráficos construídas com o auxílio do software Sigma Plot 11.0.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 BENTAZON

Não foi constatada interação entre fatores para as variáveis controle, altura e matéria seca de planta, obtendo-se apenas o efeito isolado de horário, dose e restrições. Entretanto, houve interação entre os fatores horário e restrição hídrica para a variável matéria fresca. Os valores dos coeficiente de variação podem ser considerados baixos (PIMENTEL GOMES, 1990), demonstrando que os tratamentos como um todo não apresentaram grande variabilidade.

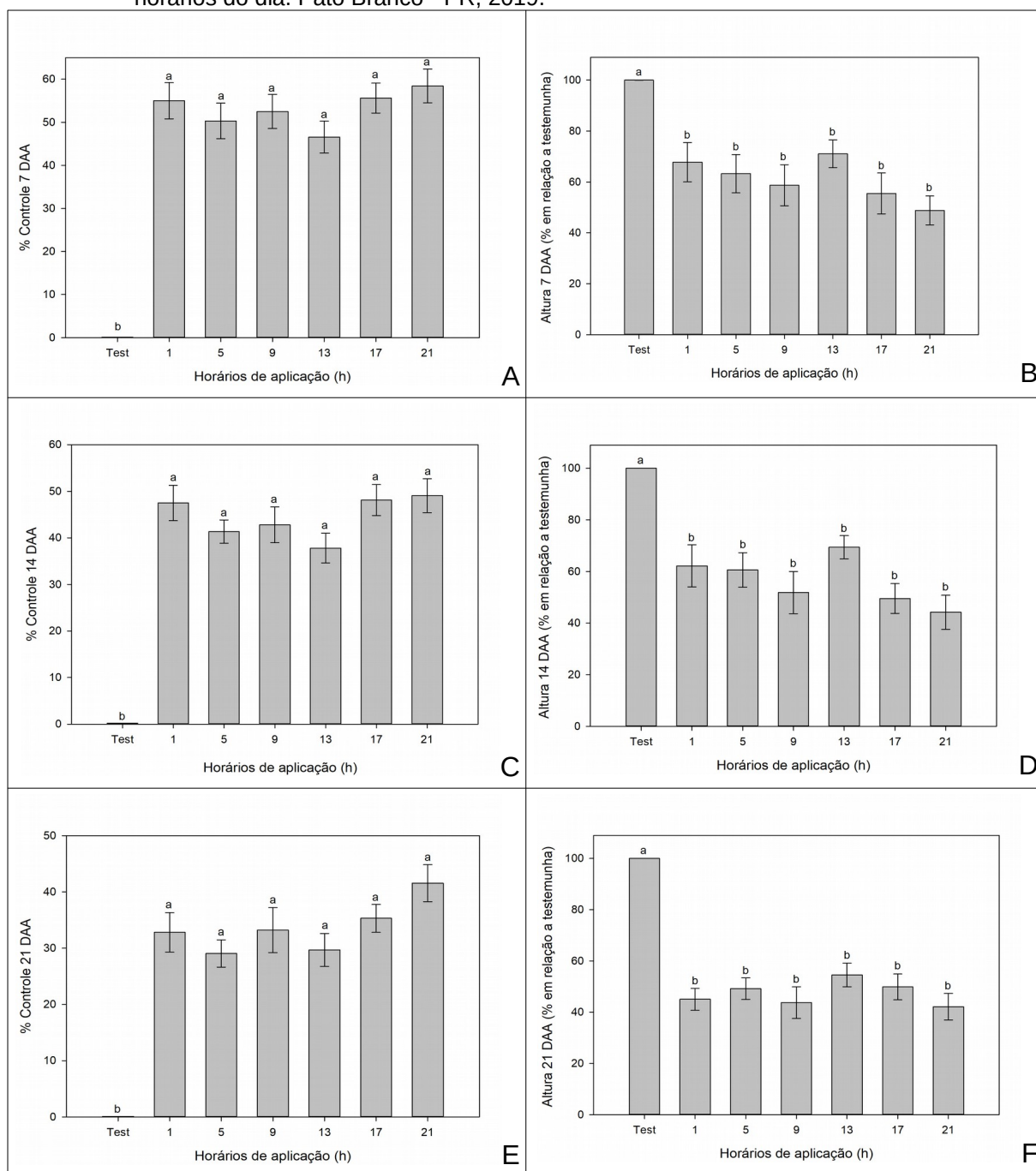
Nos diferentes horários de aplicação do herbicida, as variáveis controle e altura de plantas aos 7, 14 e 21 DAA, observa-se apenas diferença estatística quando comparados com a testemunha sem aplicação (Figura 02). A testemunha sem aplicação de bentazon apresentou um crescimento superior aos demais tratamentos e ausência de fitotoxicidade.

Observou-se que quanto maior a controle (%) menor a altura de planta, comprovando a sequência lógica dos dados obtidos, pois espera-se que uma planta que foi mais afetada pelo efeito do herbicida tenha uma inibição em sua altura, devido a supressão de seu desenvolvimento (ROSENTHAL *et al.*, 2006).

Quanto à restrição hídrica as variáveis altura aos 7 e 21 DAA diferiram estatisticamente (Figura 03-A e B), entretanto, para controle aos 21 DAA (Figura 03-C) houve significância pelo teste F da ANOVA, mas não pelo teste de Tukey, sendo as médias obtidas considerados estatisticamente iguais.

Para altura aos 7 e 21 DAA, o tratamento que obteve maior % de altura em relação a testemunha foi o com restrição hídrica, demonstrando que na média, os tratamentos sob restrição hídrica tiveram maior redução na eficiência do herbicida, em relação a média dos tratamentos sem restrição, possibilitando crescimento superior das plantas submetidas a restrição (80% e 60% em relação a testemunha correspondente, contra 50% e 45% em relação à testemunha correspondente nas mesmas avaliações) para as plantas que não tiveram restrição hídrica (Figura 03 – A e B).

**Figura 02** – Porcentagem de controle (A, C e E) e altura (B, D e F) de plantas de *Ipomoea grandifolia* aos 7, 14 e 21 DAA de bentazon, respectivamente, submetidas a aplicação em diferentes horários do dia. Pato Branco - PR, 2019.



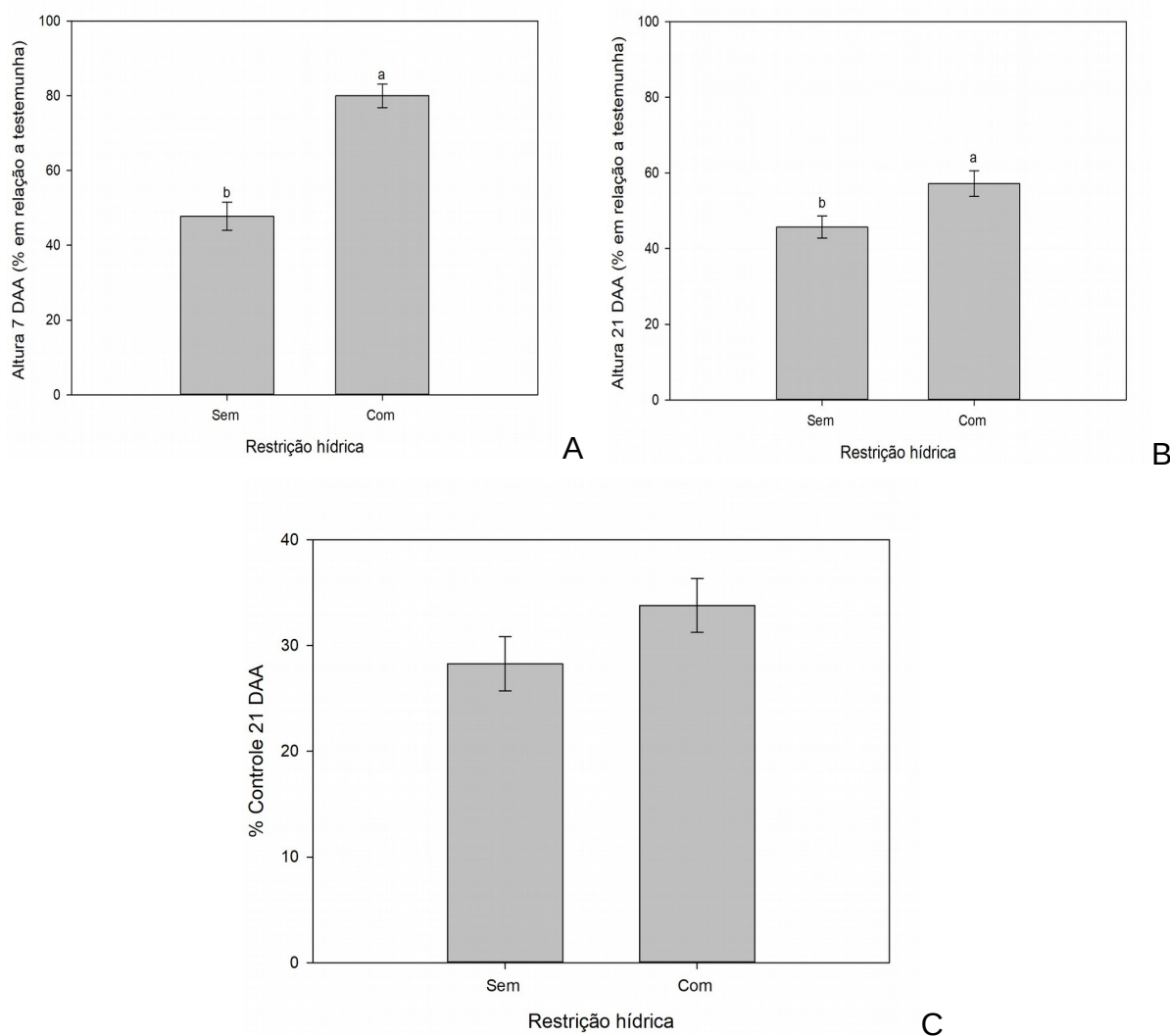
Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Outros trabalhos que avaliaram condições de estresse hídrico na aplicação de herbicidas de diferentes mecanismos de ação constatarem redução na eficiência do herbicida, tanto com uma redução de controle quanto uma maior altura



de plantas (ROMAN; VARGAS; RIBEIRO, 2003; SOUZA; PEREIRA; MARTINS, 2014).

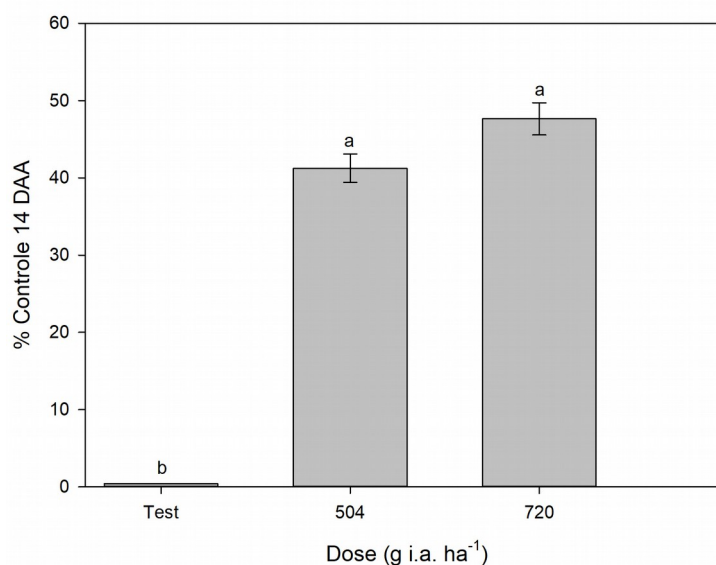
**Figura 03** – Altura aos 7 e 21 DAA (A e B) e porcentagem de controle aos 21 DAA (C) de plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a diferentes condições hídricas do solo e aplicação do herbicida bentazon. Pato Branco - PR, 2019.



Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Efeito simples para doses foi observado na avaliação de controle aos 14 DAA (Figura 04), com diferença significativa apenas entre a testemunha sem aplicação e as doses de 504 e 720 g i.a ha<sup>-1</sup>, sendo que as diferentes doses do herbicida apresentaram eficiência de controle estatisticamente iguais e a testemunha apresentou ausência de controle.

**Figura 04** – Porcentagem de controle de plantas de *Ipomoea grandifolia* com distintas doses de bentazon aos 14 DAA. Pato Branco - PR, 2019.



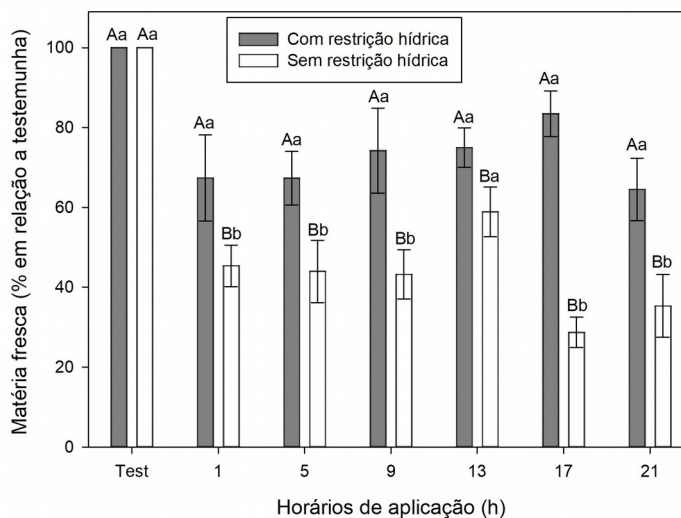
Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Para variável de matéria fresca de plantas os 21 DAA (% em relação a testemunha), foi observada interação entre horários de aplicação e condição hídrica do solo (Figura 05). Plantas sob restrição hídrica não diferiram em sua matéria fresca em relação a testemunha, enquanto plantas sem restrição hídrica obtiveram redução de matéria fresca em relação a testemunha, demonstrando efeito mais pronunciado do herbicida nas plantas sem restrição hídrica, corroborando com os resultados de altura de plantas (Figura 03). Os estudos de Klar; Martins e Pereira (2015), Oliveira Jr *et al.* (2006), Pereira *et al.* (2010), Roman, Vargas e Ribeiro (2003) e Souza, Pereira e Martins (2014) também observaram que plantas sob restrição hídrica apresentaram redução na eficiência de controle por herbicidas.

No horário de 13 horas houve menos eficiência para o controle de plantas sem restrição hídrica, não diferindo da testemunha sem aplicação ou das plantas sob restrição hídrica, demonstrando ser esse o pior horário para a aplicação do herbicida (Figura 05).

A deficiência hídrica altera diferentes funções essenciais ao desenvolvimento das plantas. Causa limitações na expansão foliar, redução na taxa fotossintética, fechamento estomático, além de reduzir mecanismos de defesa, altura de plantas e afetar a produtividade (TAIZ *et al.*, 2017).

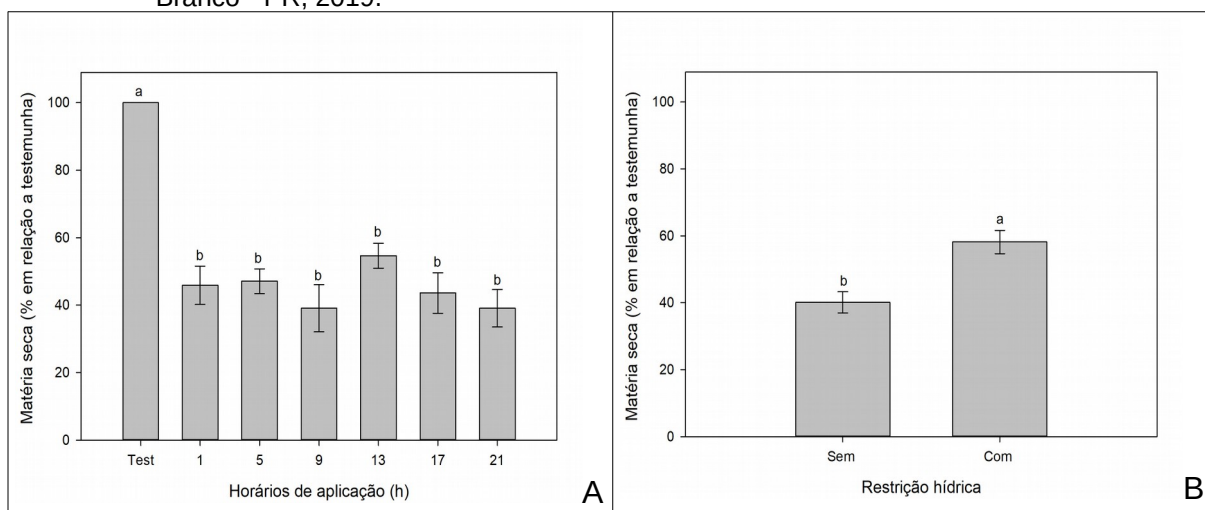
**Figura 05** – Matéria fresca (%) de plantas de *Ipomoea grandifolia*, aos 21 DAA, afetada pela interação entre horários de aplicação de bentazon e níveis de restrição hídrica. Pato Branco - PR, 2019.



Barras indicam o erro padrão da média. Colunas com letras maiúsculas comparam entre horários e letras minúsculas entre restrições, letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Para matéria seca de parte aérea, obteve-se diferença apenas entre a testemunha sem aplicação do herbicida e os tratamentos com aplicação nos distintos horários (Figura 06-A) e entre as condições hídricas do solo (Figura 06-B). O desenvolvimento de parte aérea foi inferior nas plantas que receberam aplicação do herbicida.

**Figura 06** – Matéria seca da parte aérea (%) de plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação de bentazon em distintos horários (A) e níveis de restrição hídrica (B). Pato Branco - PR, 2019.



Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Em média, plantas com restrição hídrica apresentaram redução de aproximadamente 40% na matéria seca, em relação à testemunha, enquanto o desenvolvimento das plantas sem restrição hídrica foi suprimido em aproximadamente 60%, corroborando com demais resultados anteriormente citados. Comprova-se, assim, que plantas sob restrição hídrica apresentaram menor sensibilidade ao herbicida.

Para a atividade da enzima peroxidase (POX) não obteve-se significância entre os tratamentos aplicado (Tabela 03). Esta variável apresentou um elevado CV, de 55,70% (PIMENTEL GOMES, 1990). Tal resultado corrobora com experimentos com plantas de amendoim tratadas com bentazon, que detectaram ativação das enzimas SOD e CAT nas plantas após aplicação do herbicida, em uma das cultivares testadas, entretanto a atividade da POX não foi representativa, sendo inferior a testemunha sem aplicação (RADWAN *et al.*, 2019).

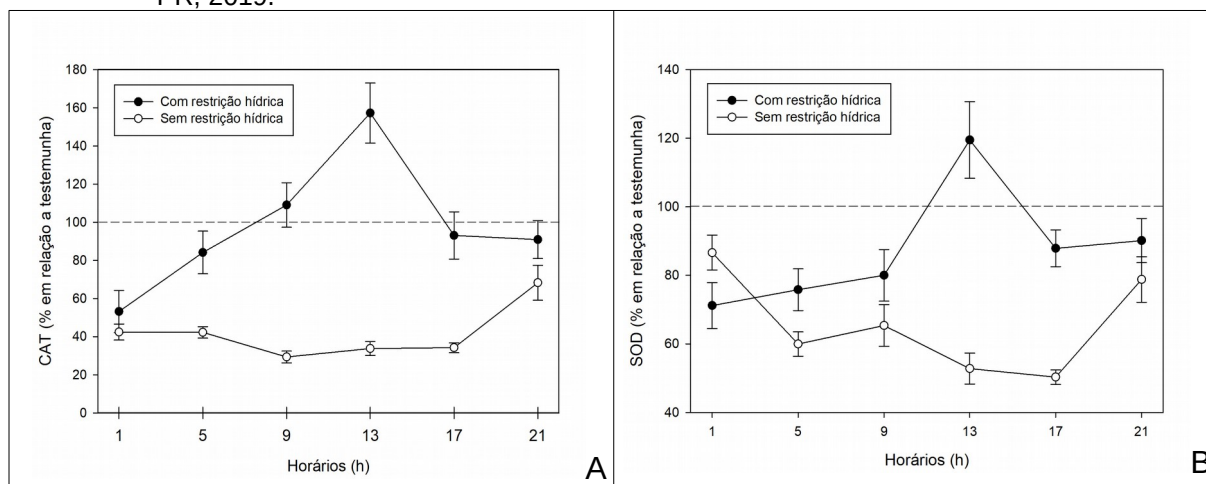
Entretanto, as atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) apresentaram significância da interação entre os fatores horário e restrição hídrica. Além disso, houve significância isolada de dose para a atividade da SOD.

Na atividade da CAT (Figura 07-A), a aplicação nos horários de 13 e 17 horas, em plantas com restrição hídrica apresentaram atividade da enzima superior a atividade da testemunha sem aplicação (100%). Não obteve-se diferença estatística entre os horários de aplicação para as plantas sem restrição hídrica. Já para as plantas com restrição hídrica, o horário que propiciou maior atividade enzimática foi às 13 horas, seguido das 9 e 17 horas, com menor atividade às 21, 5 e 1 hora. Houve diferença estatística na atividade da enzima quando se comparam os tratamentos com e sem restrição hídrica, apresentando superioridade de atividade nas plantas com restrição hídrica, exceto à 1 hora, onde não diferiram.

Para a SOD (Figura 07-B), plantas com restrição hídrica apresentaram maior atividade às 13 horas, seguido das 17 horas, a qual não diferiu dos demais horários. Para as plantas sem restrição hídrica, maior atividade ocorreu a 1 e 21 horas, seguidas das 5 e 9 horas, as quais não diferiram das 13 e 17 horas que apresentaram valores inferiores. Quando se comparam os fatores com e sem

restrição hídrica diferiram apenas às 13 e 17 horas, com superioridade na atividade das plantas com restrição hídrica.

**Figura 07** – Atividade das enzimas CAT (A) e SOD (B) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação de bentazon em diferentes horários e condição hídrica do solo. Pato Branco - PR, 2019.



\* Linha tracejada representa a atividade enzimática da testemunha sem aplicação de herbicida. Barras indicam o erro padrão da média.

A SOD e CAT apresentaram comportamento similar (Figura 07-A e B), principalmente em plantas com restrição hídrica. Para plantas de arroz, Nohatto *et al.* (2016), encontraram pico de atividade da SOD 24h após a aplicação de bentazon, entretanto com menor atividade da CAT em relação a testemunha. Entretanto, estudos com cultivares de amendoim obtiveram mesmo padrão de ativação enzimática para CAT e SOD, para uma das cultivares testadas (RADWAN *et al.*, 2019), em comparação às plantas de *I. grandifolia* no presente experimento.

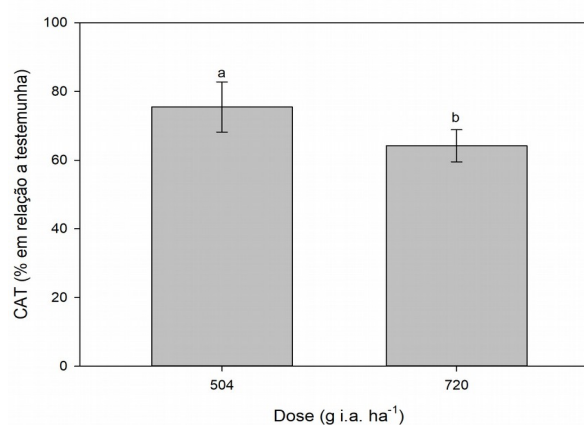
Em comparação entre a atividade de tais enzimas, o horário de aplicação que obteve maior atividade das enzimas antioxidantes foi as 13 horas para as plantas com restrição hídrica, pois nesse horário ocorre uma maior incidência de radiação solar se acentua a deficiência hídrica das plantas.

A maior atividade metabólica das enzimas SOD e CAT nas plantas sob restrição hídrica explica-se pelo fato de que plantas estressadas produzem uma maior quantidade de espécies reativas de oxigênio (EROs), e como a restrição hídrica foi iniciada cerca de 10 dias antes da aplicação do herbicida, sua maquinaria enzimática já estava em atividade, tornando-as mais eficientes na detoxificação após a aplicação do herbicida com consequente aumento da produção de EROs.

Para plantas que não passaram por restrição hídrica, a atividade enzimática foi menor, sendo a atividade da SOD superior nos horários de 1 e 21 horas, ou seja, em horários mais frescos do dia. Tal fato pode ser explicado pois as plantas nestes horários encontram-se sob menor estresse de temperatura e luz permanecendo um maior período de tempo em presença da molécula de herbicida inativa (período de escuro), possibilitando ativar seu mecanismo antioxidante até a retomada da fase fotoquímica da fotossíntese (amanhecer do outro dia), em que os efeitos do herbicida possa de manifestar e provocar injúrias na planta.

Houve efeito significativo do fator dose para a atividade da enzima CAT (Figura 08), demonstrando maior atividade enzimática na menor dose de herbicida. Resultado similar foi encontrado para a atividade da enzima POX em diferentes cultivares de amendoim (RADWAN *et al.*, 2019). Tal fato pode ser explicado pela menor dose do herbicida ter sido menos prejudicial para a planta, permitindo maior ativação dos mecanismos enzimáticos de defesa a estresse oxidativo, já a maior dose causa maiores danos as células, levando a uma menor resposta do sistema de defesa antioxidante (GALHANO *et al.*, 2011, RADWAN *et al.*, 2019).

**Figura 08** – Atividade da enzima CAT em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação de diferentes doses do herbicida bentazon. Pato Branco - PR, 2019.



Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estaticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

O efeito de herbicidas inibidores do fotossistema 2 desencadeia reações de estresse oxidativo devido a interrupção do fluxo de elétrons entre os fotossistemas (OLIVEIRA JR, 2011). Naturalmente as plantas são afetadas por situações adversas a seu desenvolvimento, principalmente plantas daninhas,

induzindo a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) que causam desregulação do funcionamento celular e danos as células podendo levar as plantas a morte devido efeitos de peroxidação lipídica e desestruturação de membranas (HUANG *et al.*, 2013; SUCHORONCZEK, 2016). Para o herbicida bentazon, uma das primeiras EROs produzidas pelas plantas tratadas é a clorofila tripleto, que ao reagir com O<sub>2</sub> forma o oxigênio singlete, causando fitotoxicidade as plantas (RUTHERFORD; KRIEGER-LISZKAY, 2001; KRIEGER-LISZKAY, 2005; ZHU *et al.*, 2009).

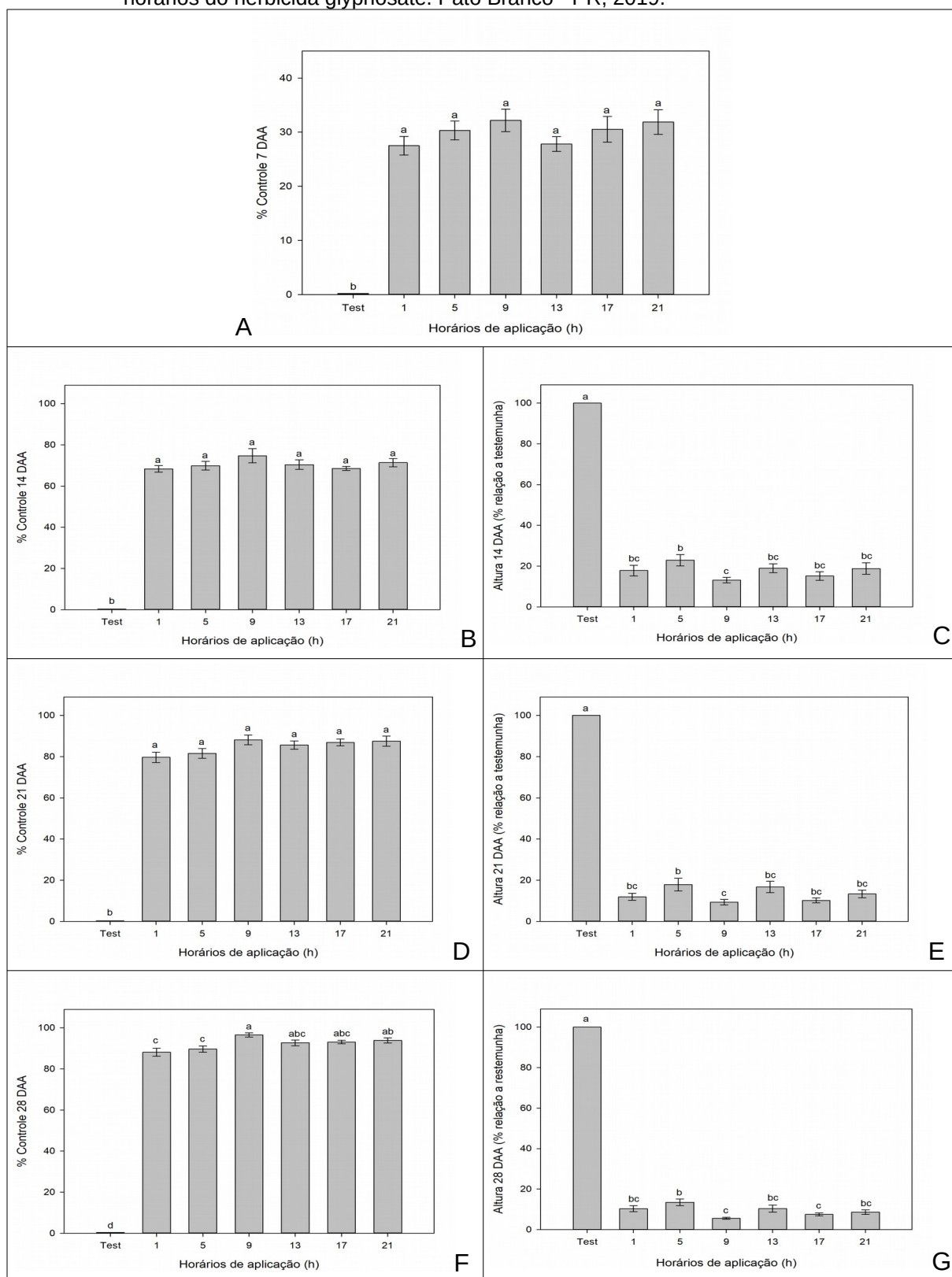
A detoxificação dos EROs é garantida, em parte, por um complexo de enzimas antioxidantes (CAVERZAN *et al.*, 2016). A superóxido dismutase (SOD) é a enzima chave para o processo de detoxificação, responsável por metabolizar O<sub>2</sub><sup>-</sup> (superóxido) em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peróxido de hidrogênio) e O<sub>2</sub>, seguida de outras enzimas como a catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e peroxidases (POX) que possuem o papel de detoxificar o peróxido, produzido na reação inicial da SOD, sendo que o desencadeamento das reações subsequentes a SOD ocorrem ao longo do tempo em diferentes momentos (HWANG *et al.*, 1999; BAJJI *et al.*, 2007; M'HAMDI *et al.*, 2009; SUCHORONCZEK, 2016; XAVIER, 2018). De acordo com Mittler (2002) e Xavier (2018) enzimas antioxidantes são o primeiro mecanismo de defesa desencadeado pelas plantas, contra o estresse oxidativo.

## 5.2 GLYPHOSATE

Com base nos dados obtidos, observa-se significância para o efeito isolado de tratamentos nas variáveis de controle aos 7, 14, 21 e 28 DAA (C 7, C 14, C 21 e C 28), altura aos 14, 21 e 28 DAA (alt 14, alt 21 e alt 28), matéria fresca (MF) e matéria seca (MS). Houve interação entre horários de aplicação e restrição hídrica apenas para altura aos 7 DAA.

O controle aos 7, 14 e 21 DAA (Figura 09 – A, B e D) diferiram apenas da testemunha sem aplicação, não variaram com os horários de aplicação. Já para o controle aos 28 DAA, o horário das 9 horas proporcionou maior fitotoxicidade para as plantas, demonstrando maior efeito do herbicida, tendo os horários de 1 e 5 horas a menor fitotoxicidade (Figura 09 – F).

**Figura 09** – Porcentagem de controle aos 7, 14, 21 e 28 DAA (A, B, D e F) e altura aos 14, 21 e 28 DAA (C, E e G) de plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação em diferentes horários do herbicida glyphosate. Pato Branco - PR, 2019.



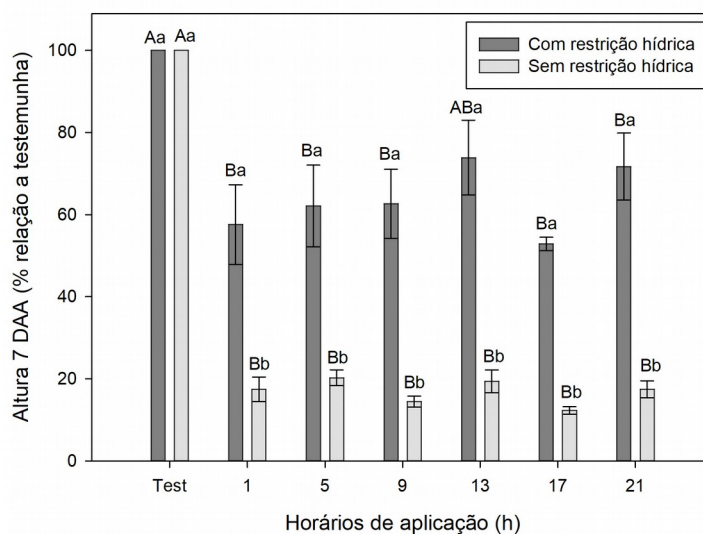
Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).



As alturas de planta aos 14, 21 e 28 DAA (Figura 09 – C, E e G) apresentaram mesmo comportamento, com redução em relação a testemunha, com proporção similar em todas as avaliações. Também se observa que a mais severa redução da altura de planta ocorreu as 9 horas, e plantas mais desenvolvidas na aplicação as 5 horas, ou seja, aplicações as 9 horas proporcionaram maior controle e as 5 horas menor controle das plantas de *I. grandifolia*.

Quando se compara os dados de altura de plantas com o controle aos 28 DAA, percebe-se que o melhor horário para a aplicação foi as 9 horas e o pior as 5 horas. Como o glyphosate é um herbicida sistêmico, e seus sintomas ocorrem de forma gradativa ao longo do tempo, o efeito do controle aos 28 DAA pode ser considerado como o máximo controle que o herbicida pode exercer às plantas (VIDAL *et al.*, 2014).

**Figura 10** – Altura aos 7 DAA de plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação em diferentes horários do herbicida glyphosate. Pato Branco - PR, 2019.

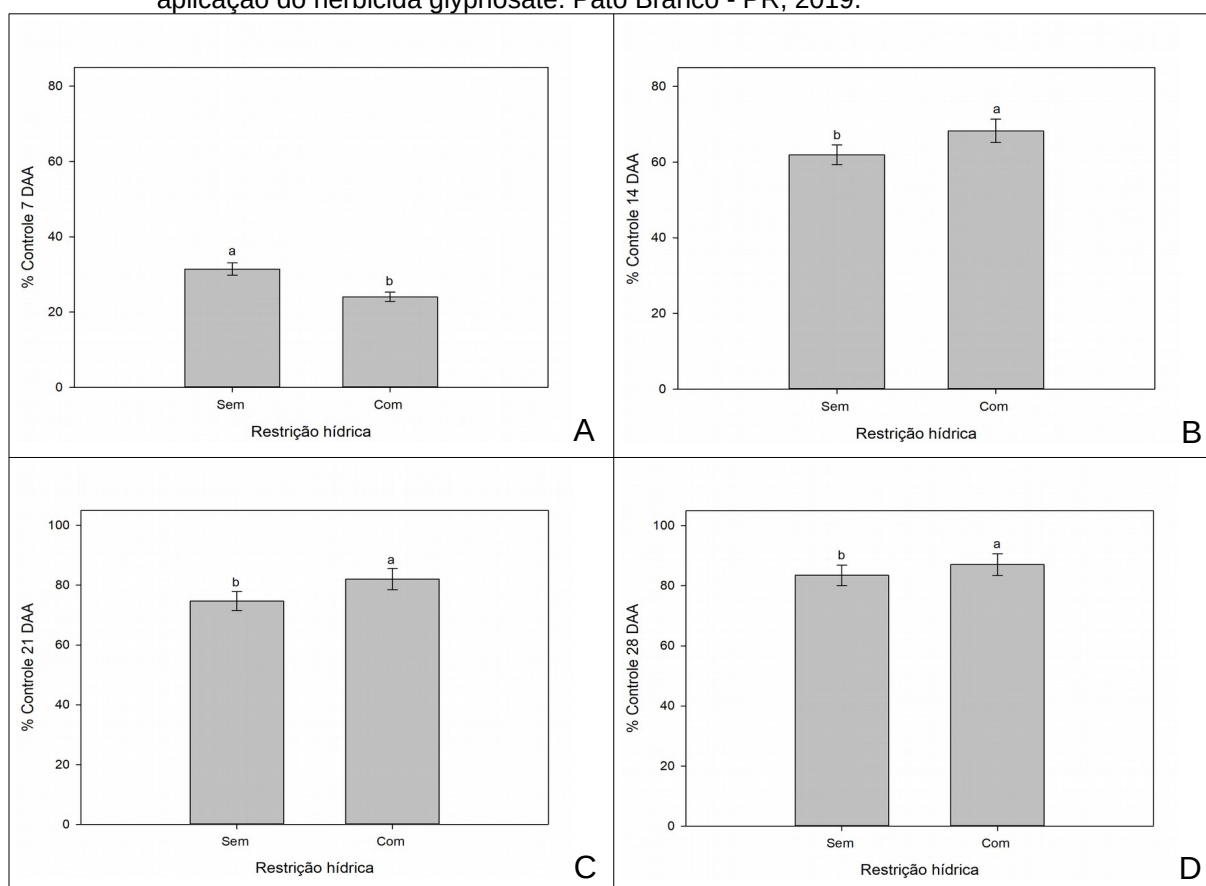


Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estaticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). \* Letras minúsculas comparam entre restrições e letras maiúsculas comparam entre horários.

Na análise da altura de planta aos 7 DAA (Figura 10), observou-se que plantas sob restrição hídrica tiveram uma menor redução relativa de sua altura, quando comparadas a plantas que não sofreram restrição hídrica, demonstrando que o herbicida causou maior efeito fitotóxico nas plantas que estavam sob melhores condições de desenvolvimento.

Aos 7 DAA (Figura 11 – A), a análise comparativa considerando apenas o fator restrição hídrica, demonstrou que plantas sem restrição hídrica apresentaram maiores níveis de controle. Nas avaliações efetuadas aos 14, 21 e 28 DAA (Figura 11 – B), o contrário foi observado. Tal resultado não era esperado, e é atribuído ao fato se tratar de uma avaliação visual, subjetiva, que considera sintomas como clorose, necrose e atrofia das plantas, ou seja, não considera apenas o seu desenvolvimento. É importante ressaltar que as diferenças entre os tratamentos foram inferiores a 5% em todas as avaliações.

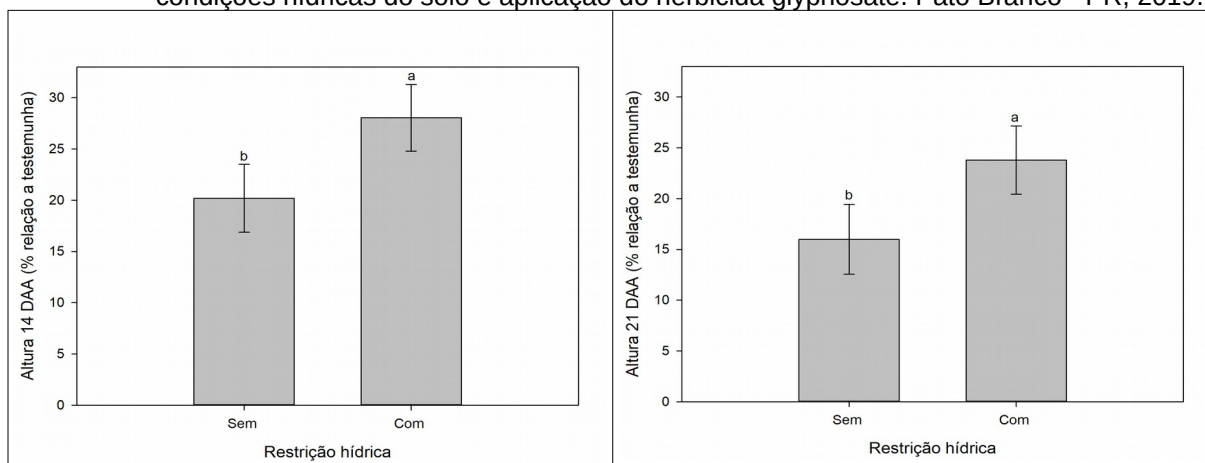
**Figura 11** – Porcentagem de controle (A, B, C e D) de plantas de *Ipomoea grandifolia* aos 7, 14, 21 e 28 DAA, respectivamente, submetidas a diferentes condições hídricas do solo e aplicação do herbicida glyphosate. Pato Branco - PR, 2019.



Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

As plantas com restrição hídrica tiveram menor redução de sua altura relativa, nas avaliações efetuadas aos 14 e 21 DAA, em comparação às plantas sem restrição hídrica (Figura 12), demonstrando que a aplicação de glyphosate foi mais eficiente em plantas sem restrição hídrica, sendo o mesmo resultado observado para a variável porcentagem de matéria seca (Figura 13).

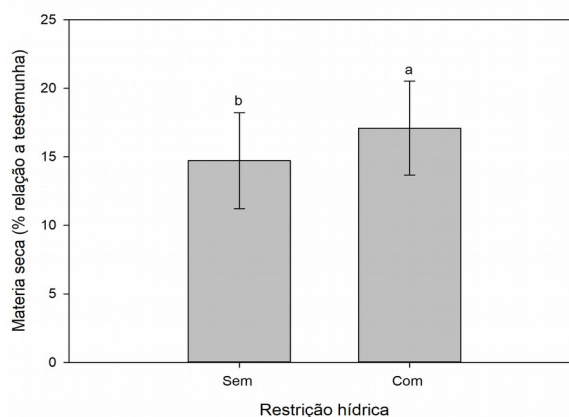
**Figura 12** – Altura aos 14 e 21 DAA de plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a diferentes condições hídricas do solo e aplicação do herbicida glyphosate. Pato Branco - PR, 2019.



Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Aplicação de glyphosate em plantas sob restrição hídrica proporciona redução da eficiência de controle (SILVA *et al.*, 2018; ZANATTTA *et al.*, 2007), sendo a deficiência hídrica o fator ambiental que provoca maior redução de eficiência de glyphosate (VIDAL *et al.*, 2014). A redução da eficiência ocorre devido à redução de absorção e translocação do produto na planta devido a alterações morfofisiológicas que ocorrem nas plantas sob deficiência hídrica (VITORINO; MARTINS, 2012), tais como espessamento de folha, aumento da densidade cuticular, da pilosidade, redução do potencial hídrico e modificada orientação foliar, dificultando deposição e absorção do produto (VIDAL *et al.*, 2014; LEVENE; OWEN, 1995).

**Figura 13** – Matéria seca (%) de plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação do herbicida glyphosate em diferentes condições hídricas do solo. Pato Branco - PR, 2019.

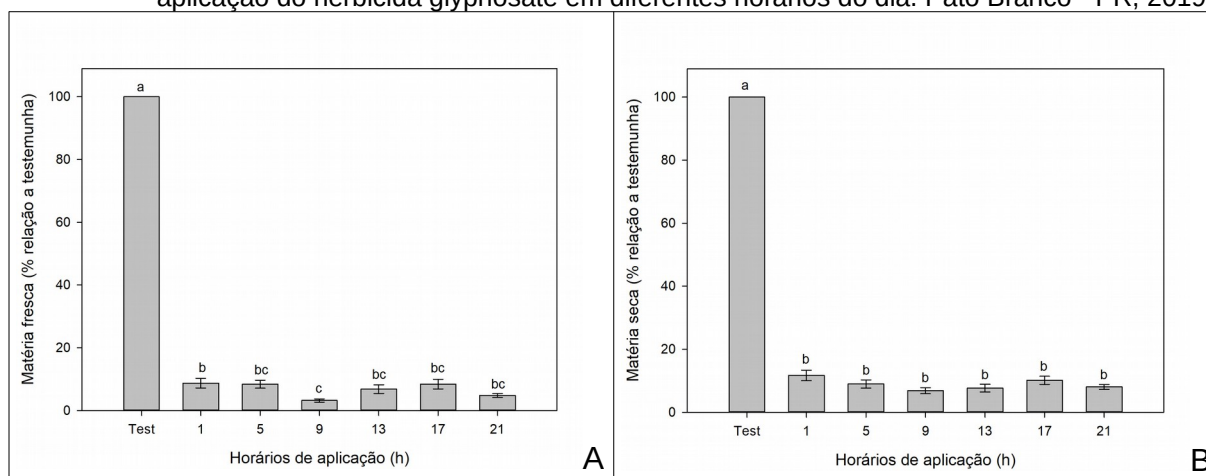


Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Na matéria fresca e seca de plantas (Figura 14), observou-se significativa redução na massa de plantas, sendo que para matéria seca diferiu apenas em relação a testemunha sem aplicação. Redução da matéria seca das plantas em níveis tão elevados estiveram associados aos elevados níveis de controle da espécie daninha (80% ou superior) proporcionados pelas duas doses de glyphosate utilizadas. Essa elevada eficiência do herbicida é um fator que provavelmente dificultou a obtenção de diferenças entre os distintos horários de aplicação do herbicida, pois impactou positivamente nos níveis de controle para todos os horários.

O horário de 9 horas foi o que proporcionou maior redução da matéria fresca de plantas (Figura 14 – A), resultante da maior ação fitotóxica do herbicida. A menor redução ocorreu a 1 hora, em que ocorreu uma menor ação do herbicida, entretanto essa redução foi de aproximadamente 90% em relação a testemunha, sendo que os demais horários não diferiram entre si. Esse resultado foi similar aos observados nas variáveis controle e altura de plantas (Figura 09).

**Figura 14** – Matéria fresca (%) e matéria seca (%) de plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação do herbicida glyphosate em diferentes horários do dia. Pato Branco - PR, 2019.



Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

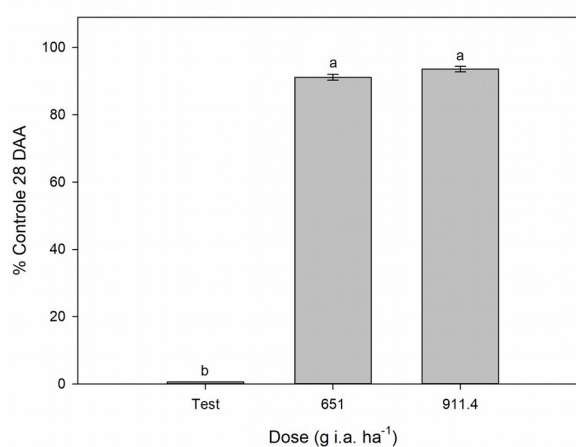
Aplicações diurnas de glyphosate contribuem para um melhor controle de plantas, devido a atividade fotossintética e rotas de síntese de aminoácidos estarem em funcionamento devido a presença de luz (SANTOS JR *et al.*, 2013; SHARKHUU *et al.*, 2014; VIDAL *et al.*, 2014). Aplicações realizadas entre 9 e 18

horas proporcionam melhor controle de plantas tratadas com glyphosate (MARTINSON *et al.*, 2005).

Distintos estudos verificam que a aplicação de glyphosate foi mais eficiente as 6 horas quando comparado com aplicação as 18 horas (MOHR *et al.*, 2007) e aplicações de glyphosate em temperatura de 25 °C proporcionaram melhor controle quando comparado a temperaturas mais elevadas (DEGREEFF *et al.*, 2018), já aplicações em temperaturas inferiores a 20 °C proporcionam menor absorção, translocação e eficiência do produto (SHARMA; SINGH, 2001) pela redução na difusão do herbicida pela cutícula da folha (VIDAL, 2002). No caso do presente experimento, as temperaturas das 9 e 5 horas foram de 27,44 e 16,03 °C, respectivamente (Tabela 01), e portanto isso auxiliaria na explicação dos melhores níveis de controle no horário das 9 horas. Não sendo a temperatura o único responsável pelo melhor efeito do herbicida, a presença de RFA de 271,70  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Tabela 01) e umidade relativa também influenciam na maior eficiência do produto nesse horário.

Entretanto, em condições de elevadas temperaturas em conjunto com elevada intensidade de radiação, em plantas C3 esse controle tende a ser reduzido, tanto por condições de aplicação do produto como pela condição fisiológica das plantas, que devido ao fechamento dos estômatos, cessando a produção de fotoassimilados e iniciando o processo de fotorrespiração (TAIZ *et al.*, 2017).

**Figura 15** – Porcentagem de controle de plantas de *Ipomoea grandifolia* em distintas doses do herbicida glyphosate aos 28 DAA. Pato Branco - PR, 2019.



Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estaticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

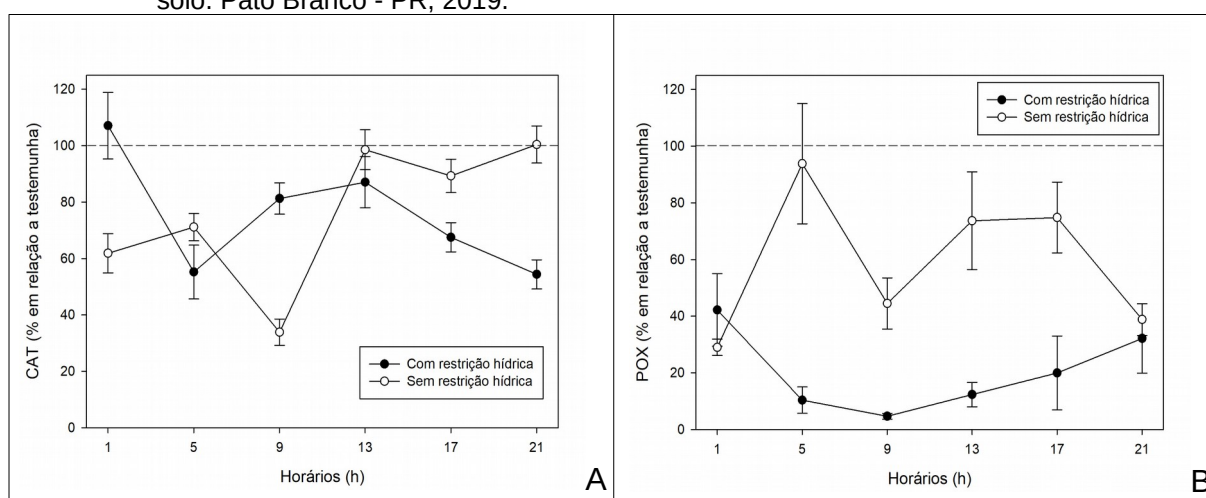
No tocante a doses do herbicida, ocorreram diferenças apenas na porcentagem de controle aos 28 DAA (Figura 15), diferindo apenas da testemunha. Tal fato pode ser explicado pelas doses do herbicida não serem muito distantes e tanto a menor quanto a maior dose proporcionarem níveis muito elevados de controle, próximos a 100%, portanto a menor dose utilizada para as condições do experimento ainda foi elevada, levando a maior parte das plantas à morte.

Na avaliação de enzimas antioxidantes, obteve-se significância para interação entre horário e restrição hídrica para as enzimas CAT e POX, além da interação entre dose, horários e restrição hídrica para a enzima SOD.

Para a atividade da CAT e POX, a maioria dos tratamentos apresentou redução da atividade da enzima nos horários de aplicação em relação a testemunha (100%), entretanto, observa-se picos de atividade em determinados horários do dia, conforme a condição hídrica do solo (Figura 16).

Para plantas sob restrição hídrica, maior pico de atividade da CAT se observou no horário de 1 hora, seguido pelas 9 e 13 horas as quais não diferiram entre si, sendo os horários de menor atividade as 5 e 21 horas. Para plantas sem restrição os horários de 13, 17 e 21 horas foram os que proporcionaram maior atividade da enzima CAT, sendo a menor ativação as 1 e 9 horas. Nos horários de 5 e 13 horas, plantas com e sem restrição não apresentaram diferença na atividade da enzima CAT.

**Figura 16** – Atividade das enzimas CAT (A) e POX (B) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação de glyphosate em diferentes horários de aplicação e condição hídrica do solo. Pato Branco - PR, 2019.



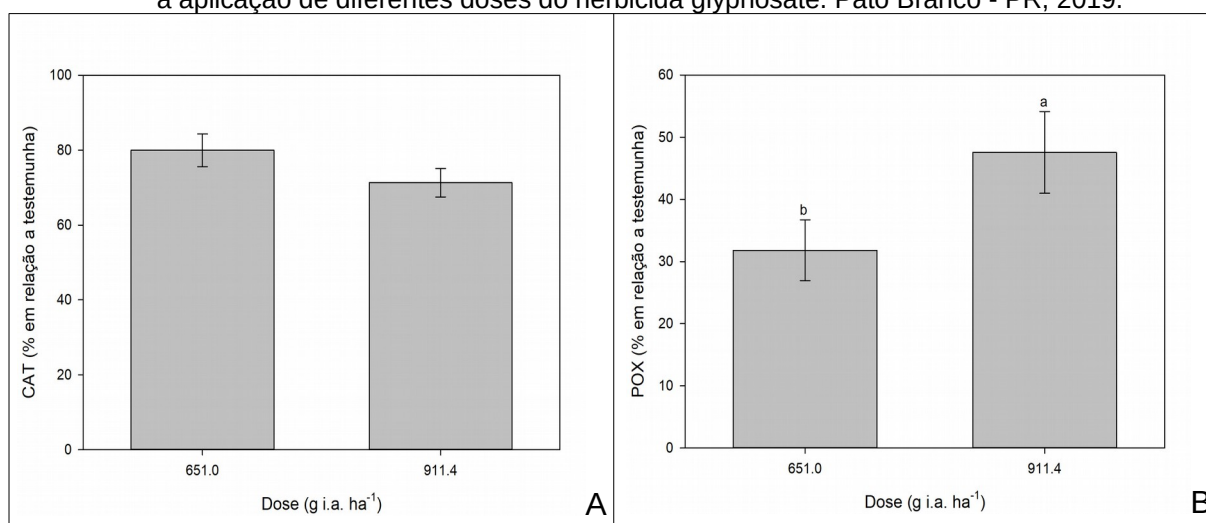
\* Linha tracejada representa a atividade enzimática da testemunha sem aplicação de herbicida. Barras indicam o erro padrão da média.

A atividade da POX foi reduzida em relação à testemunha sem aplicação, na maioria dos horários avaliados, com exceção de 5 horas. Porém, em plantas com restrição hídrica a atividade da enzima foi muito menor do que nos tratamentos sem restrição, sendo ela mínima as 9 horas, com elevação nos demais horários e um pico a 1 hora, ou seja, nos horários mais frescos do dia. Para plantas sem restrição hídrica, as 5 horas ocorreu o maior pico de ativação, com menor atividade a 1 hora, sendo que os demais horários não apresentaram diferença. Nos horários de 1 e 21 horas, plantas com e sem restrição não apresentaram diferença na atividade da enzima POX.

Em plantas sem restrição hídrica a atividade da CAT e da POX seguiu um padrão semelhante, enquanto em plantas com restrição hídrica, a atividade da enzima POX foi muito mais afetada negativamente do que a atividade da enzima CAT.

Quanto as doses aplicadas, para a enzima CAT não houve diferença entre as doses pelo teste de Tukey, embora tenha havido significância pelo teste da ANOVA. Para a atividade da POX, a maior dose testada provocou maior atividade da enzima na planta, ou seja, maior presença de radicais livres foi provocada por maiores doses do herbicida, desencadeando resposta positiva da atividade desta enzima.

**Figura 17** – Atividade das enzimas CAT (A) e POX (B) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação de diferentes doses do herbicida glyphosate. Pato Branco - PR, 2019.



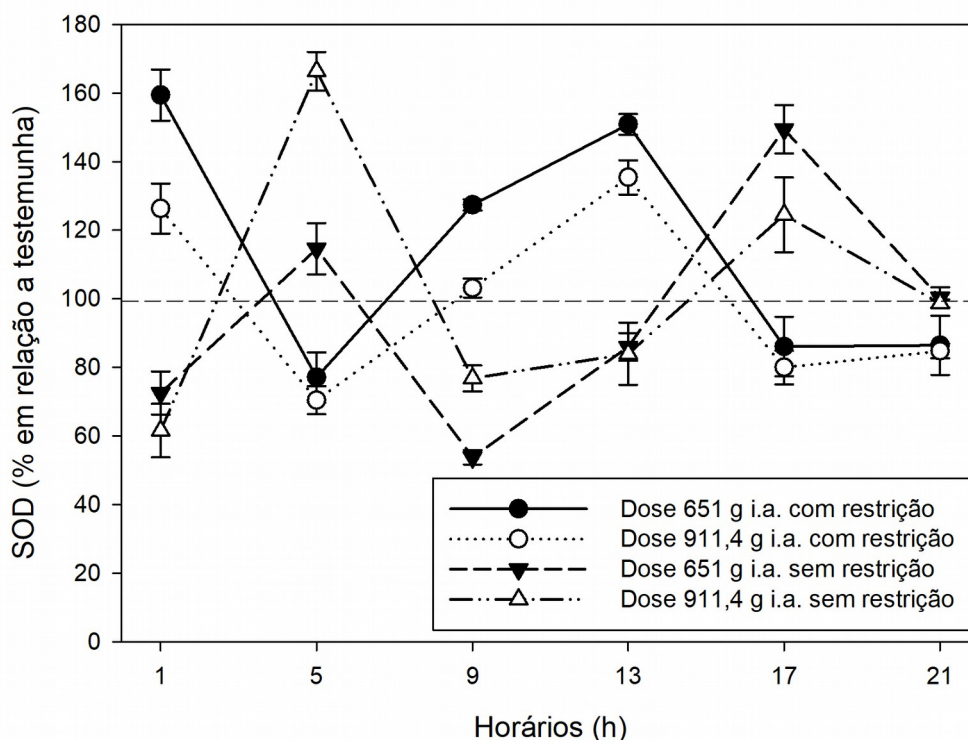
Barras indicam o erro padrão da média. Colunas seguidas pela mesma letra não diferem estaticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).



A atividade da SOD (Figura 18) em resposta aos horários de aplicação e condições hídricas do solo seguiu um padrão semelhante à atividade da CAT em ambas as condições hídricas. Na condição de plantas sem restrição hídrica, a atividade da SOD se assemelhou também com a atividade da POX.

Em plantas sob restrição hídrica, houve pico de atividade da SOD às 1 e 13 horas, superando a testemunha sem herbicida. Este último é o horário em que ocorre em geral a máxima demanda evapotranspiratória nas plantas, em que o efeito do estresse hídrico se acentua. Em plantas sem restrição hídrica os picos de atividade de SOD também ultrapassaram a testemunha sem herbicida, porém os horários em que ocorreram, as 5 e 17 horas, foram diferentes da condição de restrição hídrica. Foram observadas diferenças da atividade da SOD em função da dose aplicada, as 1 e 9 horas apresentando superioridade na menor dose de herbicida utilizada, enquanto sob restrição hídrica ocorreu atividade superior da SOD na maior dose, nos horários de 5 e 9 horas, e as 17 horas o inverso foi observado.

**Figura 18** – Atividade da enzima SOD em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a aplicação de diferentes doses do herbicida glyphosate, em diferentes horários de aplicação e condições hídricas do solo. Pato Branco - PR, 2019.



\* Linha tracejada representa a atividade enzimática da testemunha sem aplicação de herbicida. Barras indicam o erro padrão da média.



Atividade de enzimas antioxidantes tem sido relatadas em plantas submetidas a aplicação de glyphosate (CAVERZAN *et al.*, 2019; AHSAN *et al.*, 2008; MITEVA; IVANOV; ALEXIEVA, 2010), sendo a alteração na expressão dessas enzimas um fator importante para o surgimento de plantas resistentes a este herbicida (MAROLI *et al.*, 2015; GOMES *et al.*, 2016). O bloqueio da síntese de ácido chiquímico causa a estabilização da altura de plantas, além de elevar a produção EROs, alterar o metabolismo do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e elevar a atividade de enzimas como a SOD e CAT (SILVA *et al.*, 2017).

Na literatura, observa-se que plantas de soja suscetíveis a aplicação de glyphosate apresentam uma elevação na atividade da enzima CAT (MOLDES *et al.*, 2008), aplicações de doses de glyphosate em *Chlorella kessler* proporcionaram uma elevação na atividade das enzimas SOD, CAT e GSH (ROMERO; RÍOS DE MOLINA; JUÁREZ, 2011), já em *Lemna minor* proporcionam elevação na atividade da CAT e APX (GOMES; JUNEAU, 2016).

Em outros estudos, para a aplicações de glyphosate em plantas de arroz, o pico de atividade da CAT deu-se anteriormente ao início da atividade da POX, seguido de um decréscimo da atividade da CAT e aumento na atividade da POX (SERGIEV *et al.*, 2006), explicando as diferenças ocorridas no presente experimento na atividade da CAT e POX, principalmente em plantas com restrição hídrica.

A maior atividade enzimática em determinados horários poderia ser um indicativo de maior absorção do produto, sendo capaz de induzir a uma maior resposta oxidativa da planta. O funcionamento das enzimas detoxificantes pode contribuir para a redução da fitotoxicidade do herbicida na planta, tornando-a menos sensível a ação deste. No presente estudo, esse efeito não ocorreu, pois a atividade de POX sofreu decréscimo muito acentuado nos tratamentos com restrição hídrica, em praticamente todos os horários de aplicação. É possível que a baixa atividade dessa enzima, sobretudo sob estresse hídrico, possa ser explicada pelas doses de glyphosate utilizadas no presente estudo, que geraram elevada fitotoxicidade às plantas, prejudicando o seu metabolismo anti oxidativo.

## 6 CONCLUSÕES

Tanto para bentazon quanto para glyphosate, os horários de aplicação tem pouca influência sobre os níveis de controle de plantas daninhas.

Plantas sob restrição hídrica apresentam menor eficiência de controle de bentazon e glyphosate.

As maiores atividades de CAT e SOD ocorreram às 13 horas para o herbicida bentazon.

Entre as três enzimas avaliadas, a SOD apresentou as maiores atividades após aplicação de glyphosate.

Em geral os horários de maior pico de atividade enzimática foram distintos entre a condição com e sem restrição hídrica.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Melhorias na eficiência da aplicação de herbicidas em geral são possíveis quando se aliam fatores ambientais que possibilitam uma correta ação do produto, como uma condição adequada de umidade do solo e diferentes horários de aplicação. No presente experimento, os horários de aplicação dos herbicidas bentazon e glyphosate não resultaram em variação significativa da eficiência de controle e do desenvolvimento das plantas de *Ipomoea grandifolia*. Essa ausência de efeito diferencial pode estar relacionada a vários fatores.

Primeiramente, a variação no horário de aplicação compreende a variação em muitas condições ambientais, dentre os principais a temperatura do ar, luminosidade e umidade relativa do ar. A ação do herbicida sobre as plantas nos diferentes horários, no entanto, não depende apenas das condições ambientais. Ela depende também de características morfológicas e fisiológicas da espécie alvo, fundamentalmente para que haja absorção e translocação adequada do herbicida e ação sobre o local alvo na célula vegetal. Essas características morfo-fisiológicas da espécie alvo podem variar com o estágio de desenvolvimento das mesmas.

Também depende de características físico-químicas do herbicida e da dose em que o herbicida é empregado, pois irão influenciar em sua penetração e ação nas plantas. Portanto, o efeito do herbicida em diferentes horários de aplicação depende da interação dos vários fatores citados anteriormente. No caso específico do herbicida glyphosate, embora tenha sido conduzido experimento preliminar para definição de doses adequadas, as mesmas no experimento definitivo se mostraram excessivamente tóxicas para as plantas, o que contribuiu para o nivelamento dos níveis de controle e, por vezes, da atividade de enzimas antioxidantes, nos diferentes horários de aplicação.

Com o presente estudo, comprova-se que plantas sob restrição hídrica apresentam menores níveis de controle quando comparado a plantas em condições hídricas adequadas para seu desenvolvimento. Indicando que a nível de campo deve-se tomar muito cuidado em recomendações de aplicação de herbicidas em períodos secos, o que pode não propiciar um controle adequado e aumentar desperdícios.

Plantas do gênero *Ipomoea* apresentam características de desuniformidade de desenvolvimento, devido a suas sementes apresentarem características de dormência, o que pode ter contribuído para o aumento da variabilidade do experimento, além da variabilidade genética entre as plantas e alogamia. Para trabalhos futuros recomenda-se a utilização de outros herbicidas e outras espécies de plantas indicadoras que possuam emergência e desenvolvimento mais uniformes, além do uso de um maior número de doses de herbicidas.

## REFERÊNCIAS

- ADAPAR. Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. **Pesquisa Agrotóxicos**. Curitiba, 2018. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=387>>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- AHSAN, N. *et al.* Glyphosate induced oxidative stress in rice leaves revealed by proteomic approach. **Plant Physiol. Biochem**, v. 46, p. 1062–1070, 2008.
- BAJJI, M. *et al.* Catalase inhibition alters suberization and wound healing in potato (*Solanum tuberosum*) tubers. **Physiologia Plantarum**, v. 129, n. 3, p. 472–483, 2007.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248–254, 1976.
- CAKMAK, I.; HORST, W.J. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). **Physiologia Plantarum**, v. 83, n. 3, p. 463–468, 1991.
- CAVERZAN, A. *et al.* Defenses against ROS in crops and weeds: The effects of interference and herbicides. **J. Mol. Sci**, v. 20, n. 1086, 2019.
- CAVERZAN, A. *et al.* Reactive Oxygen Species and Antioxidant Enzymes Involved in Plant Tolerance to Stress. In: SHANKER, A. K.; SHANKER, C. (Ed.) **Abiotic and Biotic Stress in Plants – Recent Advances and Future Perspectives**, 2016.
- CHRISTOFFOLETI, Pedro Jacob; OVEJERO, Ramiro Fernando López; CARVALHO, José Claudionir. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2. ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2004.
- CIESLIK, Lucas Fernando. **Interferência de fatores morfoambientais e horários de aplicação de fluazifop-pbutyl e fomesafen no controle de infestantes, seletividade e lucratividade na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, 2012. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/263/1/PB\\_PPGAG\\_M\\_Cieslik%20Lucas%20Fernando\\_2012.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/263/1/PB_PPGAG_M_Cieslik%20Lucas%20Fernando_2012.pdf)>. Acesso em: 13 dez. 2017.
- DEGREEFF, R. *et al.* Influence of plant growth stage and temperature on glyphosate efficacy in common lambsquarters (*Chenopodium album*). **Weed Technology**, v. 32, n. 4, p. 448–453, 2018.

EICHELBERGER, Luiz. Produção de sementes de trigo. In:[S.l.: s.n.], 2009. p. 349–369.. **Trigo no Brasil**.

FERREIRA, Marcelo Costa; MACHADO NETO, Joaquim Gonçalves; MATUO, Tomomassa. Redução da dose e do volume de calda nas aplicações noturnas de herbicidas em pós-emergência na cultura de soja. **Planta Daninha**, v. 16, n. 1, p. 25–36, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v16n1/a03v16n1.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

FLURKEY, W.H.; JEN, J.J. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in developing peaches. **Journal of Food Science**, v. 43, n. 6, p. 1826–1828, 1978.

FORNAROLLI, Donizeti Aparecido *et al.* Influência do horário de aplicação no comportamento de atrazine e misturas aplicadas em pós-emergência na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 17, n. 1, p. 119–130, 1999. ISSN 0100-8358. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581999000100011>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

FRANS, R. *et al.* Experimental design and techniques for measuring and analysing plant responses to weed control practices. In: CAMPER, N.D. Research Methods in Weed Science. Third Edition. Champaign: **Southern Weed Science Society**. 1986, p. 29–46.

GALHANO, V. *et al.* Changes in fatty acid profile and antioxidant systems in a nostoc muscorum strain exposed to the herbicide bentazon. **Process Biochemistry**, v. 46, n. 11, p. 2152–2162, 2011.

GAZZIERO, Dionisio Luiz Pisa; NEUMAIER, Norman. Sintomas e diagnose de fitotoxicidade de herbicidas na cultura da soja. **EMBRAPA-CNPQ**, Londrina, 1985. ISSN 0101-5494.

GIANNOPOLITIS, C.N.; RIES, S.K. Superoxide dismutases: I. occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309–314, 1977.

GOMES, M. P. *et al.* Differential effects of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) on photosynthesis and chlorophyll metabolism in willow plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 130, p. 65–70, 2016.

GOMES, M. P.; JUNEAU, P. Oxidative stress in duckweed (*Lemna minor* L.) induced by glyphosate: Is the mitochondrial electron transport chain a target of this herbicide? **Environmental Pollution**, v. 218, p. 402–409, 2016.

HUANG, Y. W. *et al.* Exogenous glucose regulates activities of antioxidant enzyme, soluble acid invertase and neutral invertase and alleviates dehydration stress of cucumber seedlings. **Scientia Horticulturae**, v. 162, p. 20–30, 2013.

HWANG, S.Y. *et al.* Reduced susceptibility to waterlogging together with high-light stress is related to increases in superoxide dismutase and catalase activities in sweet potato. **Plant Growth Regulation**, v. 27, n. 3, p. 167–172, 1999.

JUDD, W. S. *et al.* **Plant Systematics: A Phylogenetic Approach**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 576 p. ISBN 0–87893–403–0.

KISSMANN, Kurt Gottfried; GROTH, Doris. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. [S.l.: s.n.], 1933. v. 2.

KLAR, Antonio Evaldo; PEREIRA, Maria Renata Rocha; MARTINS, Dagoberto. Potenciais hídricos no solo sobre a eficácia de herbicidas em *Cenchrus echinatus* L. **Irriga, Botucatu**, p. 123–138, 2015. ISSN 1808-3765.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der erde*. Gotha: verlag justus perthes. **Wall-map 150cm x 200cm** 1928.

KRIEGER LISZKAY, A. Singlet oxygen production in photosynthesis. **J. Exp. Bot**, n. 56, p. 337–346, 2005.

KRUSE, Nelson Diehl; TREZZI, Michelangelo Muzell; VIDAL, Ribas Antonio. Herbicidas inibidores da EPSPS: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 2, p. 139–146, 2000. Disponível em: <http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/328>. Acesso em: 05 fev. 2018.

LEVENE, B.C.; OWEN, M.D.K. Effect of moisture stress and leaf age on bentazon absorption in common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Science**, v. 43, n. 7, p. 7–12, 1995.

LIMA, Mayky Francley Pereira de. **Ecofisiologia de espécies de plantas daninhas submetidas a estresse hídrico e reidratação**. Dissertação (Mestrado) — Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015. Disponível em: <https://ppgfito.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Dissertac%C3%A3o-2015-MAYKY-FRANCLEY-PEREIRA-DE-LIMA.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2018.

M'HAMDI, M. *et al.* Insight into the role of catalases in salt stress in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Biotechnologie Agronomie Societe Et Environnement**, v. 13, n. 3, p. 373–379, 2009.

MAROLI, A.S. *et al.* Metabolic profiling and enzyme analyses indicate a potential role of antioxidant systems in complementing glyphosate resistance in an amaranthus palmeri biotype. **J. Agric. Food Chem**, v. 63, p. 9199–9209, 2015.

MARTINSON, K.B. *et al.* Time of day of application effect on glyphosate and glufosinate efficacy. **Crop Management**, v. 4, n. 1, 2005.

MATTHEWS, G. A.; BATEMAN, Roy; MILLER, Paul. **Métodos de aplicação de defensivos agrícolas**. Andrei, 4.ed. p. 623, 2016. ISBN 978-85-7476-405-4.

MATUO, T. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, p. 139. 1990.

MITEVA, L. E.; IVANOV, S.V.; ALEXIEVA, V.S. Alterations in glutathione pool and some related enzymes in leaves and roots of pea plants treated with the herbicide glyphosate. **J. Plant Physiol.**, v. 57, p. 131–136, 2010.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Sci.**, v. 7, n. 9, p. 405–410, 2002.

MOHR, K. *et al.* Application time of day influences glyphosate efficacy. **Weed Technology**, v. 21, n. 01, p. 7–13, 2007.

MOLDES, Carlos Alberto *et al.* Biochemical responses of glyphosate resistant and susceptible soybean plants exposed to glyphosate. **Acta Physiol Plant**, v. 30, p. 469–479, 2008.

NASCIMENTO, Alexandre Ballarotti *et al.* Deposição de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 2, p. 105–116, 2012.

NOHATTO, Marcos André *et al.* Antioxidant activity of rice plants sprayed with herbicides. **Pesq. Agropec. Trop**, Goiânia, v. 46, n. 1, p. 28–34, 2016. ISSN 1983-4063.

OLIVEIRA JR, *et al.* Influência do período de restrição hídrica na atividade residual de isoxaflutole no solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 733–740, 2006.

OLIVEIRA JR, Rubem Silvério de. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. [S.l.:s.n.], 2011. ISBN 978-85-64619-02-9.

OLIVEIRA, Rubem Silvério de; CONSTANTIN, Jamil. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Livraria e editora Agropecuária Ltda, 2001. 362 p. ISBN 858534780.

PAGNONCELLI JR, Fortunato de Bortoli *et al.* Morning glory species interference on the development and yield of soybeans. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 4, p. 470–479, 2017.



PAZUCH, Daiana *et al.* Populações de corda-de-violão (*Ipomoea* spp.) da região sudoeste do Paraná: principais espécies e tolerância ao glyphosate. **Informe técnico – NIPED – UTFPR**, Pato Branco, v. 1, n. 1, p. 1–5, 2013. ISSN 8888-8888.

PAZUCH, Daiana *et al.* Superação de dormência em sementes de três espécies de *Ipomoea*. **Ciência Rural**, Santa Maria, n. 2, 2014. ISSN 0103-8478. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782015000200192&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000200192&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 13 dez. 2017.

PEREIRA, M.R.R. *et al.* Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a estresse hídrico. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 1047–1058, 2010.

PICCININI, Fernando. **Competitividade de cordas-de-violão e interferência na produtividade da soja**. 44 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Pós Graduação em Agronomia, Santa Maria, 2015.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990.

PITELLI, Robinson Antonio *et al.* Doses e horário de aplicação do diquat no controle de *Eichhornia crassipes*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 269–277, 2011. ISSN 0100-8358. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000200004>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

PORTUGAL, J.M.; VIDAL, Ribas Antonio. Níveis econômicos de prejuízos de plantas infestantes nas culturas agrícolas: conceitos, definições e formas de cálculo. **Planta daninha**, v. 27, n. 4, p. 869–877, 2009. ISSN 0100-8358.

QUEIROZ, Angélica Araujo; MARTINS, Juliana Araújo Santos; CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues da. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 8–19, 2008.

RADWAN, D.E.M. *et al.* Oxidative stress caused by Basagran R herbicide is altered by salicylic acid treatments in peanut plants. **Heliyon**, v. 5, n. 5, p. 1–8, 2019.

RAMIRES, Antonio Claudemir *et al.* Influência dos diferentes horários de aplicação em pós-emergência dos herbicidas chlorimuron-ethyl, fomesafen e bentazon no controle de *Commelina benghalensis* L. **Acta Scientiarum Agronomy**, 2008. ISSN 1415-6814.

RIZZARDI, M.A. *et al.* Interferência de populações de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea ramosissima* isoladas ou em misturas sobre a cultura de soja. **Planta daninha**, v. 22, n. 1, p. 29–34, 2004. ISSN 0100-8358.

RODRIGUES, Benedito Noedi; ALMEIDA, Fernando Sousa de. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: [s.n.], 2011. 697 p.

ROMAN, Erivelton Scherer; VARGAS, Leandro; RIBEIRO, Marcelo Carlos Fortes. Efeito do teor de umidade do solo na seletividade e na eficiência de carfentrazone-ethyl no controle de plantas daninhas na cultura de soja. Passo Fundo, 2003. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/31>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

ROMERO, D. M.; RÍOS DE MOLINA, M. C.; JUÁREZ, Á. B. Oxidative stress induced by a commercial glyphosate formulation in a tolerant strain of *Chlorella kessleri*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, n. 4, p. 741–747, 2011.

ROSENTHAL, M.D.A. *et al.* Toxicidade do herbicida s-metolachlor em plantas de milho provenientes de sementes com diferentes formatos e dimensões. **Planta daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 319–327, 2006.

RUTHERFORD, A.W.; KRIEGER LISZKAY, A. Herbicide-induced oxidative stress in photosystem ii. **Trends Biochem Sci**, n. 26, p. 648–653, 2001.

SANTOS, Renata. **Tecnologia de aplicação de herbicidas**. Tese (Doutorado) – Universidade Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP, Engenharia Agrônômica, São Paulo, 2017.

SANTOS JR, A. *et al.* Manejo da tiririca e trapoeraba com glyphosate em ambientes sombreados. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 213–221, 2013.

SCHERER, Matheus Bohrer. **Morfologia e fisiologia do capim pé-de-galinha em diferentes condições hídricas e controle sob três manejos de água**. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

SERGIEV, I. G. *et al.* The phenylurea cytokinin 4PU-30 protects maize plants against glyphosate action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 85, n. 3, p. 139–146, 2006.

SHABALA, S.; CUIN, T.A. (Eds.). **Plant Salt Tolerance: Methods and Protocols**. Methods in Molecular Biology. London: Humana Press, 432 p., **Methods in Molecular Biology**, 2012.

SHARKHUU, A. *et al.* A red and far-red light receptor mutation confers resistance to the herbicide glyphosate. **The Plant Journal**, London, n. 78, p. 916–926, 2014.

SHARMA, S.D.; SINGH, M. Environmental factors affecting absorption and bio-efficacy of glyphosate in florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*). **Crop Protection**, v. 20, n. 6, p. 511–516, 2001.

SILVA JR, A.C. *et al.* Effect of glyphosate on guineagrass submitted to different soil water potential. **Planta daninha**, Viçosa, v. 36, 2018. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582018000100320&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582018000100320&lng=en&nrm=iso)>.

SILVA, F. L. *et al.* Glyphosate-induced oxidative stress in arabidopsis thaliana affecting peroxisomal metabolism and triggers activity in the oxidative phase of the pentose phosphate pathway (OxPPP) involved in NADPH generation. **J Plant Physiol**, 2017.

SOUZA, Guilherme Sasso Ferreira de; PEREIRA, Maria Renata Rocha; MARTINS, Dagoberto. Baixa umidade do solo na eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Biosci**, Uberlândia, v. 30, p. 555–562, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/18194/15214>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

SRIVASTAVA, M.K.; DWIVEDI, U.N. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. **Plant Science**, v. 158, n. 1-2, p. 87–96, 2000.

SUCHORONCZEK, Adriano. **Qualidade pós-colheita e alterações bioquímicas de duas cultivares de batata submetidas a estresse térmico**. 65 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Guarapuava, 2016.

TAIZ, LINCOLN *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p. ISBN 9788582713662.

EMBRAPA TRIGO. **Competição pelos recursos**. Embrapa trigo – publicações. Passo Fundo, 2006.

VARGAS, Leandro; ROMAN, Erivelton Scheres. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa uva e vinho, 2004. 652 p. ISBN 85-89921-02-6.

VIDAL, Ribas Antonio. **Ação dos herbicidas**. Porto Alegre: Evangraf, 2002. 89 p.

VIDAL, Ribas Antonio *et al.* Fatores ambientais que afetam a eficácia de glifosato: síntese do conhecimento. **Pesticidas: revista ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 24, p. 43–52, jan./dez 2014.

VIDAL, Ribas Antonio; KALSING, Augusto; GHEREKHLOO, Javid. Interferência e nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* e *Ipomoea nil* na cultura do feijão comum. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, 2010. ISSN 0103-8478. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33117729001>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

VITORINO, Hermes dos Santos; MARTINS, Dagoberto. Efeito do déficit hídrico na eficiência de herbicidas e nas características bioquímicas de *Ipomoea grandifolia*. **Planta daninha**, v. 30, n. 1, p. 185–191, 2012. ISSN 0100-8358. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582012000100021](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582012000100021)>. Acesso em: 09 abr. 2018.

XAVIER, Elouize. **Mecanismo de tolerância a herbicidas inibidores da ALS em cultivares de Aveia branca (*Avena sativa* L.)**. 184 p. Tese (Doutorado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, 2018.

ZANATTA, J.F. *et al.* Teores de água no solo e eficácia do herbicida glyphosate no controle de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 799–811, 2007.

ZHU J. *et al.* Effects of photosystem-ii-interfering herbicides atrazine and bentazon on the soybean transcriptome. **Plant Genome**, v. 2, p. 191–205, 2009.

## ÍNDICE DE APÊNDICES

- APÊNDICE A – Análise de variância (ANOVA), quadrado médio do resíduo (QMR), graus de liberdade e coeficiente de variação (CV) para as variáveis de controle aos 7, 14 e 21 DAA (dias após aplicação) (C 7, C 14 e C 21), altura aos 7, 14 e 21 DAA (alt 7, alt 14 e alt 21), Matéria fresca (MF) e matéria seca (MS) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a doses de bentazon, restrição hídrica e diferentes horários de aplicação. Pato Branco – PR, 2019.....61**
- APÊNDICE B – Análise de variância (ANOVA), graus de liberdade (GL), quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para a atividade das enzimas catalase (CAT), peroxidase (POX) e superóxido dismutase (SOD) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a doses de bentazon, restrição hídrica e diferentes horários de aplicação. Pato Branco – PR, 2019.....62**
- APÊNDICE C – Análise de variância (ANOVA), quadrado médio do resíduo (QMR), graus de liberdade e coeficiente de variação (CV) para as variáveis de controle aos 7, 14, 21 e 28 DAA (C 7, C 14, C 21 e C 28), altura aos 7, 14, 21 e 28 DAA (alt 7, alt 14, alt 21 e alt 28), matéria fresca (mf) e matéria seca (ms) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a doses de glyphosate, restrição hídrica e diferentes horários de aplicação. Pato Branco – PR, 2019.....63**
- APÊNDICE D – Análise de variância (ANOVA), quadrado médio do resíduo (QMR), graus de liberdade (GL) e coeficiente de variação (CV) para a atividade das enzimas catalase (CAT), peroxidase (POX) e superóxido dismutase (SOD) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a doses de glyphosate, restrição hídrica e diferentes horários de aplicação. Pato Branco – PR, 2019.. 64**

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de variância (ANOVA), quadrado médio do resíduo (QMR), graus de liberdade e coeficiente de variação (CV) para as variáveis de controle aos 7, 14 e 21 DAA (dias após aplicação) (C 7, C 14 e C 21), altura aos 7, 14 e 21 DAA (alt 7, alt 14 e alt 21), Matéria fresca (MF) e matéria seca (MS) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a doses de bentazon, restrição hídrica e diferentes horários de aplicação. Pato Branco – PR, 2019.

Trat	GL	C 7	Alt 7	C 14	Alt 14	C 21	Alt 21	MF	MS
		Pr>Fc							
H	6	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
D	2	0,11	0,99	0,04*	0,74	0,52	0,65	0,31	0,14
R	1	0,82	0,00*	0,12	0,30	0,01*	0,00*	0,00*	0,00*
H*D	12	0,99	0,99	0,99	0,93	0,92	0,99	0,85	0,99
H*R	6	0,86	0,12	0,24	0,44	0,42	0,09	0,04*	0,15
D*R	2	0,78	0,54	0,50	0,20	0,84	0,28	0,55	0,95
H*D*R	12	0,90	0,98	0,43	0,96	0,47	0,99	0,92	0,99
QMR		230,85	484,19	150,64	668,68	130,98	334,45	375,56	342,42
CV %		4,08	4,43	4,22	4,74	5,58	3,37	4,37	3,52

H: hora; D: dose; R: restrição; QMR: quadrado médio do resíduo; CV: coeficiente de variação \* diferem significativamente pelo teste F da ANOVA a 5% de probabilidade erro.

APÊNDICE B – Análise de variância (ANOVA), graus de liberdade (GL), quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação (CV) para a atividade das enzimas catalase (CAT), peroxidase (POX) e superóxido dismutase (SOD) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a doses de bentazon, restrição hídrica e diferentes horários de aplicação. Pato Branco – PR, 2019.

Trat	GL	CAT	POX	SOD
		Pr>Fc		
H	5	0,00*	0,33	0,02*
D	1	0,04*	0,60	1,00
R	1	0,00*	0,57	0,00*
H*D	5	0,97	0,52	0,30
H*R	5	0,00*	0,22	0,00*
D*R	1	0,08	0,52	0,97
H*D*R	5	0,43	0,37	0,06
QMR		672,79	9,27	0,89
CV		3,79	55,71	20,04

H: hora; D: dose; R: restrição; QMR: quadrado médio do resíduo; CV: coeficiente de variação \* diferem significativamente pelo teste F da ANOVA a 5% de probabilidade erro.



APÊNDICE C – Análise de variância (ANOVA), quadrado médio do resíduo (QMR), graus de liberdade e coeficiente de variação (CV) para as variáveis de controle aos 7, 14, 21 e 28 DAA (C 7, C 14, C 21 e C 28), altura aos 7, 14, 21 e 28 DAA (alt 7, alt 14, alt 21 e alt 28), matéria fresca (mf) e matéria seca (ms) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a doses de glyphosate, restrição hídrica e diferentes horários de aplicação. Pato Branco – PR, 2019.

Trat	GL	C 7	Alt 7	C 14	Alt 14	C 21	Alt 21	C 28	Alt 28	MF	MS
		Pr>Fc									
H	6	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
D	2	0,81	0,76	0,92	0,99	0,10	0,79	0,04*	0,21	0,43	0,99
R	1	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,82	0,29	0,01*
H*D	12	0,99	0,85	0,82	0,96	0,74	0,99	0,46	0,74	0,99	0,99
H*R	6	0,28	0,01*	0,07	0,55	0,42	0,41	0,24	0,54	0,92	0,29
D*R	2	0,94	0,97	0,79	0,67	0,99	0,81	0,25	0,99	0,91	0,97
H*D*R	12	1,00	0,81	0,99	0,93	0,96	0,96	0,88	0,96	0,62	0,98
QMR		46,37	274,74	60,72	68,79	58,01	52,43	21,34	24,26	2,47	22,23
CV		8,84	4,47	4,06	11,73	3,38	13,30	2,62	16,24	17,60	15,40

H: hora; D: dose; R: restrição; QMR: quadrado médio do resíduo; CV: coeficiente de variação \* Diferem significativamente pelo teste F da ANOVA a 5% de probabilidade erro.

APÊNDICE D – Análise de variância (ANOVA), quadrado médio do resíduo (QMR), graus de liberdade (GL) e coeficiente de variação (CV) para a atividade das enzimas catalase (CAT), peroxidase (POX) e superóxido dismutase (SOD) em plantas de *Ipomoea grandifolia* submetidas a doses de glyphosate, restrição hídrica e diferentes horários de aplicação. Pato Branco – PR, 2019.

Trat	GL	CAT	POX	SOD
		Pr>Fc		
H	5	0,00*	0,19	0,00*
D	1	0,04*	0,02*	0,08
R	1	0,92	0,00*	0,00*
H*D	5	0,63	0,30	0,00*
H*R	5	0,00*	0,00*	0,00*
D*R	1	0,77	0,62	0,00*
H*D*R	5	0,78	0,59	0,00*
QMR		420,15	0,71	147,87
CV		3,74	66,61	1,37

H: hora; D: dose; R: restrição; QMR: quadrado médio do resíduo; CV: coeficiente de variação \* diferem significativamente pelo teste F da ANOVA a 5% de probabilidade erro.