

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

**RENATA CAROLINE ROSSONI GOBETTI**

**ACÚMULO DE ÁCIDO CHIQUÍMICO EM BIÓTIPOS DE ESPÉCIES  
CONVOLVULÁCEAS E RUBIÁCEAS EM RESPOSTA AO  
GLYPHOSATE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO  
2018**

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

**RENATA CAROLINE ROSSONI GOBETTI**

**ACÚMULO DE ÁCIDO CHIQUÍMICO EM BIÓTIPOS DE ESPÉCIES  
CONVOLVULÁCEAS E RUBIÁCEAS EM RESPOSTA AO  
GLYPHOSATE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO  
2018**

RENATA CAROLINE ROSSONI GOBETTI

**ACÚMULO DE ÁCIDO CHIQUÍMICO EM BIÓTIPOS DE ESPÉCIES  
CONVOLVULÁCEAS E RUBIÁCEAS EM RESPOSTA AO  
GLYPHOSATE**

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

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marisa de Cacia Oliveira

PATO BRANCO  
2018

Gobetti, Renata Caroline Rossoni

Acúmulo de ácido chiquímico em biótipos de espécies convolvuláceas e rubiáceas em resposta ao glyphosate / Renata Caroline Rossoni Gobetti.

Pato Branco. UTFPR, 2018

49 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi

Coorientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Marisa de Cácia Oliveira

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2018.

Bibliografia: f. 40 – 44

1. Agronomia. 2. *Ipomoea spp.* 3. *Richardia brasiliensis*. 4. *Borreria latifolia* I. Trezzi, Michelangelo Muzell, orient. II. Oliveira, Marisa de Cácia, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Acúmulo de ácido chiquímico em biótipos de espécies convolvuláceas e rubiáceas em resposta ao glyphosate.

CDD: 630



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



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **Trabalho de Conclusão de Curso - TCC**

#### **ACÚMULO DE ÁCIDO CHIQUÍMICO EM BIÓTIPOS DE ESPÉCIES CONVOLVULÁCEAS E RUBIÁCEAS EM RESPOSTA AO GLYPHOSATE**

por

**RENATA CAROLINE ROSSONI GOBETTI**

Monografia apresentada às 8 horas 20 min. do dia 30 de maio de 2018 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus 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 Cacia Oliveira**  
UTFPR

**Dr<sup>a</sup>. Francielli Diesel**  
UTFPR

**Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi**  
UTFPR  
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 Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Dedico aos meus pais pela oportunidade de tornar este sonho possível, que com muito apoio e carinho não mediram esforços para que pudesse chegar até aqui.

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, em primeiro lugar, pelo dom da vida, por ter me concedido saúde, força e disposição.

Aos meus pais, Leonel Gobetti e Fatima Maria Rossoni Gobetti, que são meus exemplos de vida, sempre estiveram ao meu lado, nunca me deixaram desistir e muitas vezes abriram mão dos seus sonhos para tornar o meu, realidade. Todo meu esforço é por vocês.

Ao meu orientador Michelangelo Muzell Trezzi e a coorientadora Marisa de Cacia Oliveira pelos ensinamentos e pela paciência durante a realização deste projeto.

Ao meu namorado, Felipe Machado, pelo incentivo, paciência, compreensão e pela ajuda durante todo esse tempo, sem você ao meu lado seria mais difícil. A você todo meu amor.

Aos envolvidos no trabalho, Francielli Diesel pelo grande apoio na execução de cada etapa deste projeto, Bruna Mandryk Cavalheiro, Matheus Viecelli, Fortunatto Pagnoncelli e Murilo Doneux por todas as vezes que estiveram dispostos a me ajudar.

Aos meus amigos da faculdade que durante os cinco anos dividimos momentos maravilhosos e momentos difíceis juntos.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco e a todos os professores e servidores pelo aprendizado e crescimento pessoal e profissional durante minha graduação.

A todos, que não foram citados, porém não menos importantes, mas que acreditaram no meu potencial e no meu sonho e de alguma maneira me ajudaram durante todo este ciclo.

Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante. (Augusto Branco)



## RESUMO

GOBETTI, Renata Caroline Rossoni. Acúmulo de ácido chiquímico em biótipos de espécies convolvuláceas e rubiáceas em resposta ao glyphosate. 49 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

O bloqueio na rota do ácido chiquímico acumula elevados níveis de ácido chiquímico, que representa um resultado direto da inibição da EPSPs. A investigação dos mecanismos de tolerância permite entender a evolução da tolerância nas populações e auxilia na escolha de estratégias para controle das espécies tolerantes. O objetivo deste trabalho foi determinar, por meio da análise de chiquimato acumulado em plantas, se local de ação (enzima EPSPs) alterado ou limitação de chegada de glyphosate até os cloroplastos estão envolvidos na maior tolerância de biótipos de espécies Convolvulaceas e Rubiaceas ao glyphosate. No experimento com espécies Convolvulaceas, os tratamentos foram arranjados em fatorial  $3 \times 2 \times 4 + 1$ , em que o primeiro fator foram as espécies *I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea*, o fator B os biótipos tolerante e sensível ao glyphosate e o último fator constituído por quatro períodos de avaliação após a aplicação de glyphosate (2, 8, 24 e 72 horas), mais uma testemunha sem aplicação. No experimento com espécies Rubiaceas, os tratamentos foram arranjados em um fatorial  $2 \times 2 \times 4 + 1$ , em que o primeiro fator foi constituído pelas espécies *R. brasiliensis* e *B. latifolia*, o segundo fator pelos biótipos tolerante e sensível ao glyphosate o último fator constituído por quatro períodos de avaliação após a aplicação de glyphosate (2, 8, 24 e 72 horas) mais uma testemunha sem aplicação. O acúmulo de chiquimato foi determinado por análise bioquímica em laboratório. A espécie *I. indivisa* apresentou maior acúmulo de chiquimato no biótipo sensível ao glyphosate, totalizando um acúmulo de 1,14 e 0,94 mg de chiquimato  $g^{-1}$  de tecido verde (mg c.  $g^{-1}$  t.v.) as 72 HAT para o biótipo sensível e tolerante, respectivamente. As espécies *R. brasiliensis* e *B. latifolia* apresentaram comportamentos distintos em relação ao acúmulo de chiquimato, observando que para *R. brasiliensis* não houve diferença significativa entre os biótipos, enquanto *Borreria latifolia* apresentou maior acúmulo de chiquimato no biótipo sensível (1,92 mg ac.  $g^{-1}$  t.v), em comparação ao biótipo tolerante (1,64 mg ac.  $g^{-1}$  t.v). Foi possível evidenciar que os biótipos tolerante das espécies *I. indivisa* e *B. latifolia* acumularam menores níveis de ácido chiquímico comparado ao biótipo sensível, indicando uma limitação de chegada de glyphosate até os cloroplastos.

**Palavras-chave:** Agronomia. *Ipomoea spp.* *Richardia brasiliensis.* *Borreria latifolia.*

## ABSTRACT

GOBETTI, Renata Caroline Rossoni Gobetti. Shikimic acid of accumulation in biotypes of Convolvulaceae and Rubiaceae species in response to glyphosate. 49 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology Paraná. Pato Branco, 2016.

The blockade on the route of the shikimic acid makes its to accumulate, which represents a direct inhibition of EPSPs. The investigation of the tolerant mechanisms allows an understanding about the evolution of the tolerance on the populations and assists on choosing the strategies for control of the tolerant species. The main objective of this work was to determine, by analysis of the accumulated shikimate on plants, if the modified action place (EPSPs enzyme) or limitation in the arrival of the glyphosate to the chloroplasts are involved on the tolerance of Convolvulaceae and Rubiaceae species to glyphosate. On this experiment with Convolvulaceae species, the treatments were arranged in a 3 x 2 x 4 + 1 factorial, whereby the first factor was the following species: *I. grandifolia*, *I. indivisa* and *I. purpurea*; the second factor was the sensitive and tolerant biotypes to glyphosate; and the last factor was four periods of evaluation after glyphosate application (2, 8, 24 and 72 hours), plus a witness plant without application. On the experiment with Rubiaceae species, the treatments were arranged in a 2 x 2 x 4 + 1 factorial, whereby the first factor was the following species: *R. brasiliensis* and *B. latifolia*; the second factor was the sensitive and tolerant biotypes to glyphosate; and the last factor was four periods of evaluation after glyphosate application (2, 8, 24 and 72 hours), plus a witness plant without application. The accumulation of shikimate was determined by biochemical analysis in laboratory. The *I. indivisa* showed a greater accumulation of glyphosate in the sensitive biotype to glyphosate, totalizing a 1,14 and 0,94 mg of shikimate build-up per green tissue gram (mg c. g-1 g.t.), on 72 HAA (hours after application) for the sensitive and tolerant biotypes respectively. The species *R. brasiliensis* and *B. latifolia* showed distinct behavior in relation to the shikimate accumulation, noting that the *R. brasiliensis* had no significative difference between biotypes, while *B. latifolia* showed higher accumulation of shikimate on the sensitive biotype (1,92 mg ac. g-1 g.t.), comparing to the tolerant biotype (1,64 mg ac. g-1 g.t.). It was possible to evidence that the tolerant biotype of the species *I. indivisa* and *B. latifolia* had accumulated less shikimic acid levels comparing to the sensitive biotype, indicating a limitation on the arrival of glyphosate to the chloroplasts.

**Keywords:** Agronomy. *Ipomoea* spp. *Richardia Brasiliensis*. *Borreria latifolia*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Via do chiquimato, inibição da enzima EPSPs pelo glyphosate. Fonte: Yamada e Castro, 2007..... 24
- Figura 2 – Concentração de ácido chiquímico em resposta a aplicação do herbicida glyphosate as 0, 2, 8, 24 e 72 HAT para biótipos sensíveis e tolerantes de espécies Convolvuláceas. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018..... 32
- Figura 3 – Concentração de ácido chiquímico em resposta a aplicação do herbicida glyphosate as 0, 2, 8, 24 e 72 HAT para biótipos tolerantes e sensíveis de *R. brasiliensis* e *B. latifolia*. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018..... 35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Procedência das sementes utilizadas no experimento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.	27
Tabela 2 – Concentrações curva de calibração. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....	30
Tabela 3 – Quadrado médio dos fatores analisados a 5% de probabilidade de erro para família Convolvulaceae. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....	31
Tabela 4 – Concentração média de ácido chiquímico nos períodos 0, 2, 8, 24 e 72 HAT em resposta a aplicação do herbicida glyphosate para biótipos sensíveis e tolerantes de espécies Convolvuláceas. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....	31
Tabela 5 – Quadrado médio dos fatores analisados a 5% de probabilidade de erro para família Rubiaceae. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....	34
Tabela 6 – Concentração média de ácido chiquímico nos períodos 0, 2, 8, 24 e 72 HAT em resposta a aplicação do herbicida glyphosate para biótipos tolerantes e sensíveis de <i>Richardia brasiliensis</i> e <i>Borreria latifolia</i> . UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....	34

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AMPA	Aminometilfosfônico
B.O.D	Biochemical Oxygen Demand
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
PEP	Fosfoenolpiruvato
EPSP	5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato
S3P	Shiquimato-3-fosfato
HAT	Horas após tratamento
HCl	Ácido clorídrico
KNO <sub>3</sub>	Nitrato de potássio
N <sub>2</sub>	Nitrogênio líquido
CH <sub>3</sub>	Metil
NH <sub>3</sub>	Amoníaco
NaOH	Hidróxido de sódio
NaSO <sub>3</sub>	Sulfito de sódio
PR	Unidade da Federação – Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE ABREVIATURAS

i.a.	Ingrediente ativo
mg.g <sup>-1</sup>	Miligrama por grama
ac	Ácido chiquímico
t.v	Tecido verde
HAT	Horas após tratamento
n.s	Não significativo
sp	Espécie
QM	Quadrado médio

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
g	Gramas
L	Litro
mL	Mililitro
mM	Milimol
nm	Nanômetro
° C	Graus celsius
rpm	Rotações por minuto
µL	Microlitro
mg	Miligrama
<	Menor
®	Marca registrada

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVO.....</b>	<b>18</b>
2.1 GERAL.....	18
2.2 ESPECÍFICOS.....	18
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES.....	19
3.1.1 Família Convolvulaceae.....	19
3.1.2 Família Rubiaceae.....	19
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO GLYPHOSATE.....	20
3.2.1 Mecanismo e modo de ação do glyphosate.....	22
3.3 MECANISMOS DE TOLERÂNCIA AOS HERBICIDAS.....	23
3.4 ROTA DO ÁCIDO CHIQUÍMICO.....	25
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
4.1 SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA E GERMINAÇÃO.....	27
4.2 DELINEAMENTO, TRATAMENTOS E APLICAÇÃO.....	28
4.3 COLETAS.....	29
4.4 EXTRAÇÃO DE ÁCIDO CHIQUÍMICO DO MATERIAL VEGETAL.....	29
4.5 CURVA DE CALIBRAÇÃO.....	30
4.6 ANÁLISE DOS DADOS.....	30
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>31</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>46</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Os elevados investimentos tecnológicos têm transformado a agricultura nas últimas décadas, proporcionando o aumento dos indicadores de produção. Entretanto, muitos fatores podem resultar na redução expressiva da produtividade, dentre os quais se destacam os prejuízos causados pelas plantas daninhas. A intervenção das plantas daninhas nas culturas do trigo, milho, batata, soja e algodão podem ocasionar perdas de até 34% na produção, prejuízos maiores do que os causados por pragas e doenças (OERKE, 2006).

Em geral, as espécies daninhas apresentam características que dificultam o seu controle, como a adaptação a diferentes ambientes, crescimento acelerado, grande produção de sementes e facilidade para sua disseminação, ampla variabilidade genética, entre outros (VIVIAN, 2011; OLIVEIRA JR, et al., 2011). Estas plantas podem trazer múltiplos prejuízos para as culturas e conseqüentemente para o produtor, interferindo negativamente na produção agropecuária. As plantas daninhas apresentam diversas formas de interação com plantas cultivadas, como o inicialismo, alelopatia, competição e parasitismo (VIDAL, 2010), muitas das quais resultam em redução na produtividade das culturas (KARAM et al, 2010) pois competem e destacam-se pelo uso de recursos do meio como luz, água e nutrientes.

Existem vários métodos de controle de plantas daninhas, contudo, o mais eficiente e mais usado pelos produtores é o químico e a quantidade de marcas registradas de herbicidas no Mundo já passa de 500, pertencentes a diferentes mecanismos de ação (FERREIRA et al, 2009). O uso do controle químico se destaca dos demais, devido à economia de mão de obra e rapidez da aplicação. No entanto, quando utilizado inadequadamente os malefícios podem ser bem maiores que os benefícios, entre eles, podemos citar a redução no controle das espécies alvos em virtude da manifestação da tolerância ou resistência dessas espécies, danos e perdas nas culturas em consequência da fitotoxicidade e prejuízos ao ambiente (RODRIGUES; ALMEIDA, 1995).

Os herbicidas podem ser seletivos ou não-seletivos, podendo ser aplicados em pré-plantio, pré-emergência e pós-emergência. A utilização desses produtos podem trazer diversas vantagens aos produtores, como a redução da competição, controle em épocas chuvosas, poucos danos às raízes e folhas, manutenção da estrutura do solo, possibilidade de redução no espaçamento da

cultura, facilidade, rapidez, baixo custo e aumento no lucro do agricultor (VIDAL; MEROTTO, 2001).

O glyphosate é um herbicida sistêmico, não-seletivo e pós-emergente que controla tanto folhas largas como estreitas, sendo utilizado há mais de 30 anos pelos agricultores brasileiros, principalmente após a implantação do plantio direto. Atua como inibidor da enzima EPSPs (5-enolpiruvil shikimato3-fosfato) e como consequência reduz a biossíntese dos aminoácidos aromáticos triptofano, tirosina e fenilalanina e provoca acúmulo de ácido chiquímico (MOREIRA et al., 2007). Segundo Nohatto (2010), atualmente, a maior parte agricultores realiza três aplicações do produto na cultura da soja.

O uso consecutivo de um mesmo produto ou de produtos com o mesmo mecanismo de ação pode conferir tolerância ou resistência a herbicidas. Isso leva algumas espécies a diminuir a sensibilidade aos produtos, favorecendo o processo de seleção de espécies mais competitivas e, em muitos casos, tolerantes ou resistentes aos produtos (CONSTATIN, 2001).

A tolerância é caracterizada pela capacidade inata de algumas espécies em sobreviver e posteriormente, reproduzir-se após o tratamento com herbicida mesmo sofrendo injúrias (VARGAS; ROMAN, 2008). Em contrapartida, a resistência, ocorre quando determinados biótipos são selecionados e sobrevivem à dose de um herbicida que em condições adequadas controla as demais plantas da mesma população (FERREIRA et al., 2009). A tolerância ou resistência, tem se mostrado um problema relevante, uma vez que, limitam o número de herbicidas alternativos e ingredientes ativos para controle desses biótipos e o desenvolvimento de novas moléculas para controle é difícil, custoso e pode levar muitos anos.

A seleção de plantas tolerantes ou resistentes pode ocorrer por diversos fatores, como o uso contínuo da mesma molécula para controle ou o uso mecanismos cujo uso apresentam maior propensão ao problema. Existem, pelo menos, seis mecanismos que podem explicar a tolerância das plantas daninhas aos herbicidas sendo eles, menor absorção ou translocação, maior metabolização do herbicida, compartimentação das moléculas de herbicidas e falta de afinidade da enzima ao herbicida e a super-produção da enzima alvo (GALON et. al., 2013)

A ocorrência de plantas daninhas tolerantes a herbicidas é fato em todo o País e em áreas infestadas com estas espécies o uso de doses acima da recomendada é muito frequente (GALON, et. al, 2013), o que leva à seleção das

populações nas quais as plantas toleram doses cada vez maiores, dificultando ainda mais o controle. Na região Sul, existem diversas espécies tolerantes ao glyphosate, como a corda-de-viola (*Ipomoea* sp.), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*) e a trapoeraba (*Commelina* sp.) (MONQUERO, 2003; LACERDA; VICTORIA FILHO 2004).

Em vista disso, a importância desse estudo decorre do aumento da frequência de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate em lavouras da região Sudoeste do Paraná e em função da grande intensidade de utilização deste herbicida. Além do aumento das populações de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate, suspeita-se que há um deslocamento das doses necessárias para controlar as espécies tolerantes ao longo do tempo.

A variabilidade genética entre populações das espécies tolerantes *Richardia brasiliensis* e *Borreria latifolia* já foi investigada (DIESEL, 2016). No entanto, os mecanismos responsáveis por diferenças de tolerância entre populações ainda não é conhecido e essa demanda é que motiva o presente estudo. A investigação dos mecanismos de tolerância permitirão entender melhor a evolução da tolerância nas populações e também auxiliará na seleção de estratégias para a prevenção e controle de espécies tolerantes.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 GERAL

Determinar, por meio da análise de chiquimato acumulado em plantas, se o sítio de ação do herbicida na enzima EPSPs sofreu alteração ou ocorre limitação de chegada de glyphosate até os cloroplastos resultando na maior tolerância de biótipos de espécies Convolvulaceas e Rubiaceas ao glyphosate.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Comparar o acúmulo de chiquimato em biótipos das espécies *Ipomoea grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea* com tolerância distinta ao glyphosate.
- Comparar o acúmulo de chiquimato em biótipos das espécies *Borreria latifolia* e *Richardia brasiliensis* com tolerância distinta ao glyphosate.
- Validar protocolo de determinação de ácido chiquímico (substrato da enzima EPSPs) estabelecido em literatura e patenteadado.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES

##### 3.1.1 Família Convolvulaceae

Em todo mundo, foram identificadas até hoje cerca de 500 espécies do gênero de *Ipomoea* (CARRIZO; SOBRERO, 2001), pertencentes à família Convolvulaceae. Entre estas estão as espécies *I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea*, todas de ciclo anual, conhecidas popularmente por corda-de-viola, as quais se diferenciam por características distintas em sementes, cotilédones, folhas e flores.

A espécie *I. grandifolia* é nativa da América do Sul, e ocorre intensamente a partir do fim do inverno (PRIONE, 2011). A coloração da sua flor é rosada. A espécie *I. indivisa*, se desenvolve principalmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011). Suas flores apresentam coloração avermelhada. Já *I. purpurea* se desenvolve em todo País e a coloração de suas flores pode variar de rósea a purpúrea (LORENZI, 2014).

As três espécies mencionadas acima são as que apresentam maior infestação em lavouras de soja da região Sudoeste do Paraná (PAZUCK, 2013). De uma forma geral, as espécies de *Ipomoea* resultam em grande interferência sobre o desenvolvimento de espécies cultivadas, o que se reflete em impacto negativo sobre o rendimento de grãos. Em função do hábito de crescimento volúvel, essas espécies daninhas causam grandes prejuízos à colheita mecanizada (KARAN et al., 2010).

##### 3.1.2 Família Rubiaceae

A família Rubiaceae é uma das maiores famílias das eudicotiledôneas, com 650 gêneros e 13.000 espécies registradas a nível mundial, aproximadamente (DELPRETE, 1999). A rubiácea *Borreria latifolia*, cuja sinonímia é *Spermacoce latifolia*, é comumente conhecida por erva-quente. É uma planta nativa do Brasil, com maior intensidade de ocorrência nas regiões Sudoeste, Centro-oeste, Sul e Norte. É uma espécie anual, herbácea, apresenta caule tetragonal, folhas marcadas pelas nervuras impressas e flores de coloração branca e pode ser problemática em

lavouras anuais e perenes (LORENZI, 2014; MOREIRA; BRAGANÇA., 2011). Esta espécie é cada vez mais frequente em plantações de eucalipto ou reflorestamento, no estado de São Paulo. Essas plantas vêm se tornando problemáticas, devido ao processo de seleção ocasionado pelos métodos de controle e herbicidas utilizados (PARREIRA et al., 2011).

*Richardia brasiliensis* é outra espécie rubiácea importante, conhecida como poaia-branca. De acordo com Lorenzi, (2014) e Moreira e Bragança, (2011) é uma planta anual, herbácea, com distribuição em todo País. Apresenta hábito prostrado com caule ramificado e tetragonal, revestido por tricomas brancos, que ocorrem também nas folhas. As flores são pequenas e de coloração branca. Esta espécie tem presença marcante nas regiões do Centro-Oeste, Sul e Sudeste, adapta-se facilmente em diferentes sistemas de plantio e é considerada problemática pois tem alta capacidade competitiva com as culturas, principalmente a soja e é difícil de ser controlada (PEDRINHO JÚNIOR et al., 2004).

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO GLYPHOSATE

O glyphosate (N-fosfometil glicina) foi descoberto por um químico suíço, em 1950, mas somente em 1970, a Monsanto descobriu as propriedades do herbicida e sua atividade foi comprovada. Anteriormente, o produto era vendido em pequenas quantidades para diversas companhias por motivos desconhecidos (VELINI, 2009). A primeira marca comercial do glyphosate foi lançada em 1974, como Roundup, e impulsionou o manejo químico das plantas daninhas no sistema de plantio direto, pois possibilitou a dessecação de um amplo número de espécies daninhas (TREZZI; KRUSE; VIDAL; 2001).

É um dos herbicidas mais utilizados no Brasil e também no mundo é há pelo menos 30 anos usado pelos agricultores e apresentado em mais de 150 marcas comerciais entre elas a mais conhecida Roundup e registrado para diversas culturas. Sua ampla utilização em várias culturas mostrou-se útil quando comparados a outros métodos de controle. Além disso, aspectos relacionados à facilidade de manuseio, eficácia de controle, ganhos de produtividade, entre outros, fizeram desse herbicida, líder mundial de vendas (HARTZLER, 2003). No Brasil é formulado com diferentes sais como o isopropilamina, potássico, e amônio.

É um herbicida sistêmico de ação total, não seletivo. Sua absorção ocorre lentamente e, por esta razão, são necessárias seis horas sem chuvas após a aplicação, para que o controle seja aceitável. Também de fácil translocação, provoca morte do sistema radicular e das estruturas reprodutivas. As formulações deste herbicida, em geral, são comercializadas como concentrados solúveis em água ou como granulados dispersáveis em água. Passou a ser muito utilizado devido à elevada eficiência, especialmente no controle de plantas daninhas em estádios de desenvolvimento mais avançados e perenes, por apresentar grande capacidade de translocação na planta (SHANER, 2009). Além disso, é rapidamente inativado no solo.

Os principais agentes de degradação do glyphosate são os microrganismos, resultando em um metabólito principal, o AMPA (ácido aminometilfosfônico), considerado de toxicidade menor que o glyphosate, que se decompõe rapidamente, em dióxido de carbono e fosfato (FORLANI et al., 1999) antes da mineralização final e a quebra do produto em complexos fosforados, resultando na lixiviação de quantidades mínimas nos solos. Sua degradação no solo é rápida, uma vez que, os microrganismos usam o produto como fonte de energia, fósforo, nitrogênio e carbono (MORAES; ROSSI, 2010). Na água o glyphosate se decompõe lentamente e, na presença da microflora da água e ocorre degradação em AMPA e eventualmente em dióxido de carbono (GIESY et al., 2000) entretanto, sua degradação posterior, na água, produz fosfato inorgânico,  $\text{CH}_3$ - e  $\text{NH}_3$  (MORAES; ROSSI, 2010). Além do AMPA, é produzido, como metabólito intermediário a sarcosina na rota alternativa (DICK; QUINN, 1995).

A meia-vida do glyphosate pode variar de menos de uma semana até alguns meses, dependendo dos teores de matéria orgânica, teores de argila e atividade microbiana. Alguns autores como Wauchope et al (1992), dizem que a meia-vida pode chegar até 174 dias, em contrapartida Giesy et al. (2000), determinam que a meia-vida variando de 2 a 197 dias, AMPA de 76 a 240 dias.

De acordo com o Comitê de Terminologia da Weed Science Society of America – WSSA, (1998) “a tolerância a herbicida é a habilidade herdada de uma espécie de sobreviver e reproduzir após o tratamento herbicida”, ou seja não ocorreu seleção genética para tornar a planta tolerante; ela é naturalmente tolerante. Alguns fatores podem interferir na tolerância, como o estágio de desenvolvimento, a morfologia das espécies, a absorção e a translocação do herbicida na planta. O

conceito de tolerância é diferente do de resistência, pois esta última é a capacidade da planta sobreviver aos tratamentos de herbicidas, que em geral, controlam as demais plantas da população em condições normais (VARGAS et al., 2007).

Alguns autores relatam plantas que manifestaram tolerância ao glyphosate e são controladas apenas parcialmente por este herbicida, como por exemplo *Commelina benghalensis* (LACERDA; VICTORIA FILHO, 2004), *Richardia brasiliensis* (MONQUERO, CURY; CHRISTOFFOLETI; 2005) e também de espécies do gênero *Ipomoea* (MONQUERO, 2003). Já alguns biótipos das espécies *Lolium rigidum* (LORRAINE-COLWILL et al., 2002), *Eleusine indica* (LEE; GIM, 2000) e *Amaranthus rudis* (ZELAYA; OWEN, 2000) apresentam resistência a este produto, sendo mais difíceis de serem controladas.

### 3.2.1 Mecanismo e modo de ação do glyphosate

O modo de ação de um herbicida representa todo o conjunto de ações que acontecem desde seu contato inicial com as plantas até a morte destas ou paralisação de seu crescimento (VELINI, 2009).

Para que um herbicida desempenhe sua ação, é necessário que ele penetre na planta, transloque e atinja a organela ou enzima que atuará, somente atingir as folhas ou ser aplicado não é suficiente para efetuar o controle das plantas, por isso, sua atividade ocorre de acordo com a absorção, translocação, metabolismo e a sensibilidade da planta a determinado herbicida (FERREIRA, SILVA, FERREIRA, 2005).

O N-(fosfometil) glicina, mais conhecido como glyphosate, é um herbicida inibidor da enzima EPSPS (5-enol-piruvil shiquimato 3-fosfato). Este é o único composto eficiente para inibir a sua atividade em doses que viabilizem o seu uso comercial como herbicida (VELINI, 2009).

A enzima EPSPs está presente na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. Esta enzima cataliza a reação do shiquimato-3-fosfato (S3P) e fosfoenolpiruvato (PEP) para produzir 5-enolpiruvil shiquimato-3-fosfato (EPSP) e fosfato inorgânico (Pi). Esta reação ocorre em duas fases, primeiramente a enzima EPSPs se liga ao S3P e forma o chamado complexo EPSPs-S3P, em seguida neste mesmo complexo se encaixa o PEP, permitindo que a reação continue e produzindo EPSP (TREZZI; KRUSE; VIDAL; 2001).



A enzima EPSPS é sintetizada no citoplasma e transportada ao cloroplasto (TREZZI; KRUSE; VIDAL; 2001). Em plantas tolerantes, há redução do acúmulo de chiquimato, o que indica que a enzima EPSPs não está sendo inibida pelo glyphosate. Portanto, há baixa sensibilidade da planta ao herbicida, que pode ocorrer em função de uma modificação no sítio ativo da enzima, que impede ligação normal do complexo glyphosato-S3P, ou devido à dificuldade do herbicida atingir a enzima, que se localiza nos cloroplastos das células, mais comum em mecanismos como a baixa absorção, baixa translocação e sequestração vacuolar do herbicida (KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000).

O controle das plantas por este mecanismo de ação ocorre pela redução na eficiência fotossintética e da redução da produção de aminoácidos aromáticos (TREZZI; KRUSE; VIDAL; 2001), além do acúmulo de chiquimato.

### 3.3 MECANISMOS DE TOLERÂNCIA AOS HERBICIDAS

A absorção do glyphosate é um processo que ocorre em duas etapas, primeiramente, envolve uma rápida penetração inicial através da cutícula e, posteriormente, a absorção simplástica lenta (MONQUERO, et al., 2004). Para que sua ação seja eficiente sob as plantas, é necessário que estas duas fases sejam realizadas sem nenhum bloqueio. Os mecanismos de tolerância atuam como uma barreira impossibilitando que a ação do herbicida seja finalizada.

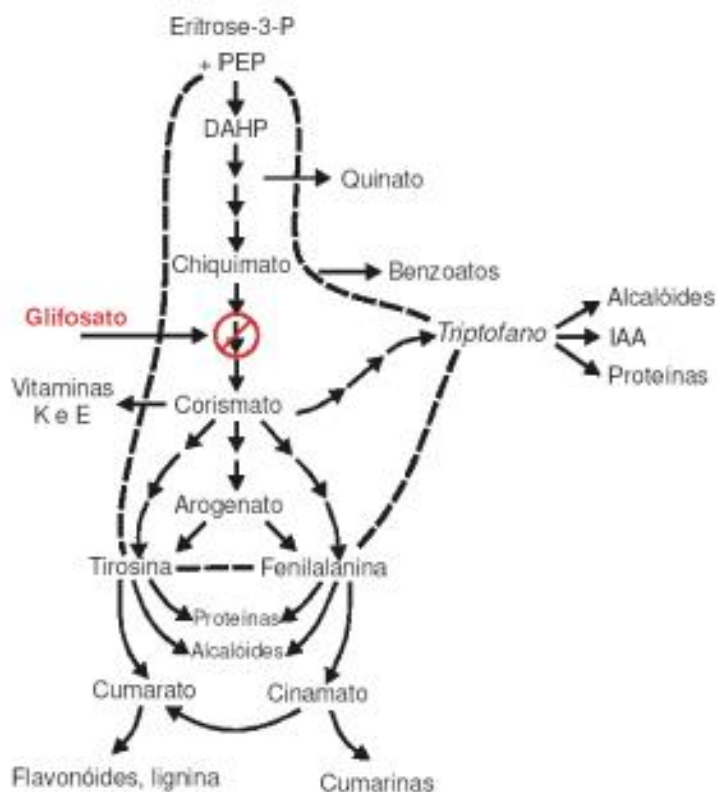
Dessa maneira, existem alguns mecanismos de tolerância que interferem no resultado final da aplicação dos produtos, sendo eles: menor absorção ou translocação, maior metabolização do herbicida, compartimentação das moléculas de herbicidas, falta de afinidade da enzima alvo pelo herbicida e a superprodução da enzima alvo (GALON et. al., 2013).

A redução da absorção e translocação ocorrem quando um desses dois processos sofrem alterações, e a quantidade de herbicida que chega ao local de ação não é suficiente para que a planta seja controlada. Já o mecanismo que envolve a maior metabolização, quando a planta apresenta a habilidade de transformar a molécula do herbicida em outras substâncias, como compostos inativos ou com menores níveis tóxicos. A compartimentalização ocorre quando as moléculas do herbicida ficam retidas, após a absorção, em compartimentos específicos, comprometendo a sua translocação para o local de ação. A falta de

afinidade do herbicida com o sítio de ação é verificada quando esta estrutura do é modificada, desta maneira o herbicida não é capaz de se encaixar perfeitamente no sítio de ação e não age de maneira eficiente. Por fim, outro mecanismo de tolerância que também pode ser encontrado em espécies daninhas é a superprodução, ou, superexpressão da enzima alvo a qual, passa a degradar a molécula do herbicida e o mesmo não é mais eficiente.

Há muitos estudos conduzidos a fim de explicar os mecanismos de tolerância das plantas daninhas ao glyphosate, entretanto os dois mecanismos bem esclarecidos são os de menor absorção e translocação da molécula de herbicida na planta, assim como a alteração do seu sítio de ação (POWLES; PRESTON, 2006). Estudos mostram alguns biótipos de espécies que apresentam menor absorção e translocação, caso da *Eleusine indica* (LEE; NGUM, 2000), *S. latifolia*, *T. procumbens* (GALON et al., 2013) e *I. grandifolia* (MONQUERO, et al., 2004). Em contrapartida, a espécie *Lolium rigidum* (LORRAINE-COWILL et. al., 2002) a tolerância é observada devido a alteração do sítio de ação do glyphosate

**Figura 1** – Via do chiquimato, inibição da enzima EPSPs pelo glyphosate. Fonte: Yamada e Castro, 2007.



Desta maneira, a tolerância ocorre, de acordo com Oliveira Jr et. al., (2011), quando o glyphosate inibe, a partir da competição pelo substrato PEP (fosfoenolpiruvato), a EPSPs, impedindo a transformação de chiquimato em corismato, ou seja, ocorrendo acúmulo de chiquimato na rota (Figura 1).

### 3.4 ROTA DO ÁCIDO CHIQUÍMICO

A formação do ácido chiquímico ocorre a partir do fosfoenolpiruvato e a eritrose-4-fosfato, que são metabólitos da glicose. Quando ocorre a união do ácido chiquímico e do fosfoenolpiruvato de acordo com Peres (2008) é formado o corismato.

As plantas, a partir da fotossíntese produzem compostos orgânicos, que são divididos em dois grupos: os metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários são as substâncias indispensáveis para um ser vivo, como os aminoácidos e açúcares. Estes primeiros metabólitos dão origem aos metabólitos secundários, entre estes está o ácido chiquímico sendo ele precursor de vários compostos aromáticos (YAMADA; CASTRO, 2007).

A rota do ácido chiquímico é uma das rotas básicas de síntese de compostos fenólicos, uma vez que produz compostos fundamentais para o desenvolvimento vegetal, pois participa da formação da maioria dos fenóis de plantas superiores e também dos aminoácidos aromáticos (PERES, 2008), fundamentais para o seguimento da síntese proteica nas plantas.

Esta rota converte precursores de carboidratos que provém da rota pentose fosfato e da glicólise em aminoácidos aromáticos, conforme diz Yamada e Castro, (2007) é por este motivo que o glyphosate afeta as plantas, interferindo na rota em que são produzidos os aminoácidos aromáticos, fenilalanina, triptofano e tirosina e, esses ficam em quantidades insuficientes. Entretanto, a inibição da rota não ocorre somente pela insuficiência dos aminoácidos aromáticos. A morte das plantas está associada a três fatores: falha na produção de um vasto conjunto de compostos que se formam nesta rota; a desregulação do fluxo de carbono; e a redução proteica relacionada as baixas concentrações de aminoácidos aromáticos (VELINI, 2009)

Estudos demonstram que determinados fatores afetam a concentração de ácido chiquímico nas células. Por exemplo, a acumulação de ácido chiquímico

em folhas mais velhas de caruru (*Amaranthus spp.*) foi entre quatro e oito vezes maior do que em folhas mais novas (LYDON; DUKE, 1988). Em capim-branco (*Chloris polydactyla*), foi perceptível um acúmulo de 2,56 vezes a mais do ácido em biótipos suscetíveis, em relação a resistentes ao glyphosate (BRUNHARO, 2014). Melo (2011) encontrou acúmulo de ácido chiquímico em biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) semelhantes aos detectados em outra espécie, o capim-branco.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em duas etapas, a primeira na área experimental da UTFPR, da germinação das espécies em B.O.D. até a período de coleta em casa de vegetação, a segunda etapa foi realizada no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal da UTFPR. O experimentos foi conduzido de fevereiro de 2017 a janeiro de 2018

O acúmulo de chiquimato foi avaliado nas espécies convolvuláceas *Ipomoea grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea*, também nas espécies rubiáceas *Richardia brasiliensis* e *Borreria latifolia*, coletadas em diferentes cidade do estado do Paraná (Tabela 1). Cada espécie foi composta por um biótipo suscetível e outro tolerante ao glyphosate.

**Tabela 1** – Procedência das sementes utilizadas no experimento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2018.

ESPÉCIE	BIÓTIPO	PROCEDÊNCIA	CIDADE
<i>I. indivisa</i>	20 T	Linha Manfrói	São Domingos – PR
	30 S	Pomar UTFPR	Pato Branco – PR
<i>I. purpurea</i>	9 T	Linha Barrinha	Renascença – PR
	29 S	Linha Três Balisa	Nova Esperança do Sudoeste – PR
<i>I. grandifolia</i>	4 T	Linha Manfrói	São Domingos – PR
	8S	Linha Buriti	Renascença – PR

### 4.1 SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA E GERMINAÇÃO

Cada espécie foi submetida à superação de dormência, com exceção da *R. brasiliensis*, para a qual não foi necessário nenhum método.

Para as espécies convolvuláceas a metodologia para a superação de dormência foi baseada no estudo de Pazuck et al. (2015). O método que mais apresentou resultados de germinação para *I. indivisa* e *I. grandifolia* foi a água quente, com as sementes foram colocadas em água a 98 °C por uma hora, sem manutenção da temperatura. Para a espécie *I. purpurea* foi utilizada a escarificação química, em que as sementes foram deixadas em ácido sulfúrico (98%) por 10

minutos, com agitação constante e, em seguida, realizou-se lavagem em água corrente.

Para a superação da dormência em *B. latifolia*, as sementes foram colocadas no calor seco, em estufa a 60 °C por 30 minutos, em seguida ficaram submersas em KNO<sub>3</sub> com uma concentração de 2% por 3 horas.

Após a superação de dormência, as sementes foram dispostas em caixas gerbox sobre dupla camada de papel germitest e umedecidas com 20 mL de água destilada e em seguida, levadas para câmara de crescimento do tipo B.O.D., com temperatura constante de 25 °C. Quando as plântulas apresentavam os cotilédones, eram transplantadas 4 plantas por vaso, com auxílio de uma pinça, em vasos de 3 L, previamente identificados, com mistura de solo (Latosolo Distroférico vermelho), areia e substrato na proporção 1:1:1. Os vasos foram depositados em casa de vegetação com temperatura controlada a 25 °C e foram irrigados conforme necessidade de água.

#### 4.2 DELINEAMENTO, TRATAMENTOS E APLICAÇÃO

Foram conduzidos dois experimentos, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. No experimento com espécies convolvuláceas, os tratamentos foram arranjados em fatorial 3 x 2 x 4 + 1., em que o fator A foram as espécies *I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. purpurea*, o fator B os biótipos tolerante e sensível ao glyphosate e o fator C constituído por quatro períodos de avaliação após a aplicação de glyphosate (2, 8, 24 e 72 horas), mais uma testemunha sem aplicação. No experimento com espécies rubiáceas, os tratamentos foram arranjados em um fatorial 2 x 2 x 4 + 1, em que o primeiro fator foi constituído pelas espécies *R. brasiliensis* e *B. latifolia*, o segundo fator pelos biótipos tolerante e sensível ao glyphosate o último fator constituído pelos mesmos períodos do ensaio com convolvuláceas.

A aplicação de glyphosate foi realizada quando as plantas alcançaram o estágio de 6 folhas expandidas, utilizando o produto comercial Zapp QI 620, com dose de 360 g i.a.ha<sup>-1</sup> A aplicação foi realizada com auxílio de pulverizador a pressão constante de CO<sub>2</sub> com bicos tipo leque 110.02 e volume de calda de 200 L.ha<sup>-1</sup>

### 4.3 COLETAS

Foram coletadas apenas as folhas das plantas, aos 2, 8, 24 e 72 horas após aplicação de glyphosate, sendo priorizadas a terceira e quarta folha para análise.

Cada folha coletada foi levada para retirar resíduos e acúmulo de glyphosate superficial, em seguida, foi envolta em papel alumínio identificado separadamente e colocadas em nitrogênio líquido. Após, as amostras foram levadas ao laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal da UTFPR, onde foram armazenadas em ultrafreezer a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 4.4 EXTRAÇÃO DE ÁCIDO CHIQUÍMICO DO MATERIAL VEGETAL

A concentração de ácido chiquímico foi determinado a partir de metodologia descrita por CROMARTIE, T.H. e POLGE, N.D., (Patente US 6,482,654 B1, de 19/11/2002) e adaptada por OLIVEIRA, M.C.

O material vegetal (folhas) foi retirado do ultrafreezer e colocado em caixa de isopor com  $\text{N}_2$  líquido, para evitar descongelamento. Pesou-se 1 g de CADA material vegetal e colocou-se em almofariz já resfriado com  $\text{N}_2$  líquido, macerando até a obtenção de um pó fino.

Em seguida, acrescentaram-se 4 mL de HCl 0,25 N, agitando-se por 5 minutos. O extrato foi transferido para tubos tipo eppendorfs de 1,5 mL e centrifugados durante 15 minutos em 12.500 rpm. O sobrenadante de cada tubo foi coletado e armazenado em novos tubos do tipo eppendorf, os quais, foram envoltos em papel alumínio para evitar degradação fotoquímica.

Em seguida, foram retiradas alíquotas de 125  $\mu\text{L}$  do sobrenadante e colocadas em tubos, onde acrescentaram-se 100  $\mu\text{L}$  de água destilada e, 250  $\mu\text{L}$  da solução de ácido periódico a 0,25%. Os tubos foram levados para incubação em banho-maria a  $37^{\circ}\text{C}$ , durante 30 minutos. Posteriormente adicionaram-se 500  $\mu\text{L}$  da solução NaOH 0,6 N e  $\text{NaSO}_3$  0,22M. Após 5 minutos, foi realizada a leitura em espectrofotômetro (Shimadzu) em comprimento de onda de 382 nm.

#### 4.5 CURVA DE CALIBRAÇÃO

Para a curva de calibração foram utilizados tubos de ensaio, com diferentes concentrações de cada solução, conforme tabela 2.

**Tabela 2** – Concentrações curva de calibração. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018

<b>Tubo</b>	<b>Solução D (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Água destilada (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Solução B (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Solução C (<math>\mu\text{L}</math>)</b>
<b>0</b>	0	250	250	500
<b>1</b>	5	245	250	500
<b>2</b>	10	240	250	500
<b>3</b>	15	235	250	500
<b>4</b>	20	230	250	500
<b>5</b>	25	225	250	500
<b>6</b>	30	220	250	500

Os valores da determinação das concentrações de ácido chiquímico foram expressos em mg de ácido chiquímico por grama de tecido verde.

#### 4.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados obtidos na leitura do espectrofotômetro (nm) foram transformados em mg de ácido chiquímico por grama de tecido verde com auxílio da planilha eletrônica do Excel®.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância dos resultados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro com o auxílio do programa WinStat (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2005). A relação dos níveis de fator qualitativo e variáveis resposta foram ajustadas por regressão polinomial, com auxílio do programa Sigmaplot 11.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para as espécies *I. grandifolia*, *I. indivisa* e *I. Purpurea*, as interações entre os fatores foram significativas ao nível de 5%, para todas as variáveis analisadas. com exceção da interação biótipo x período (Tabela 3).

**Tabela 3** – Quadrado médio dos fatores analisados a 5% de probabilidade de erro para família Convolvulaceae. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.

FATOR	QM*	PROBABILIDADE 5%
Espécie	1,437	0
Período	0,498	0
Biótipo	0,078	4,07e10 <sup>-5</sup>
Espécie x Período	0,202	0
Biótipo x Período	0,008	0,07
Espécie x Biótipo	0,405	0
Espécie x Biótipo x Período	0,113	0

\*QM quadrado médio.

Para a variável analisada concentração de ácido chiquímico o esquema trifatorial (espécie x período x biótipo) apresentou significância ao nível de 5% de probabilidade. A espécie *I. indivisa* apresentou diferença significativa entre os biótipos com maior acúmulo no biótipo sensível ao glyphosate (Tabela 4), totalizando um acúmulo de 1,14 mg de ácido chiquímico g<sup>-1</sup> de tecido verde (mg ac. g<sup>-1</sup> t.v), já o biótipo tolerante apresentou um acúmulo de 0,94 mg ac. g<sup>-1</sup> t.v, as 72 HAT.

**Tabela 4** – Concentração média de ácido chiquímico nos períodos 0, 2, 8, 24 e 72 HAT em resposta a aplicação do herbicida glyphosate para biótipos sensíveis e tolerantes de espécies Convolvuláceas. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.

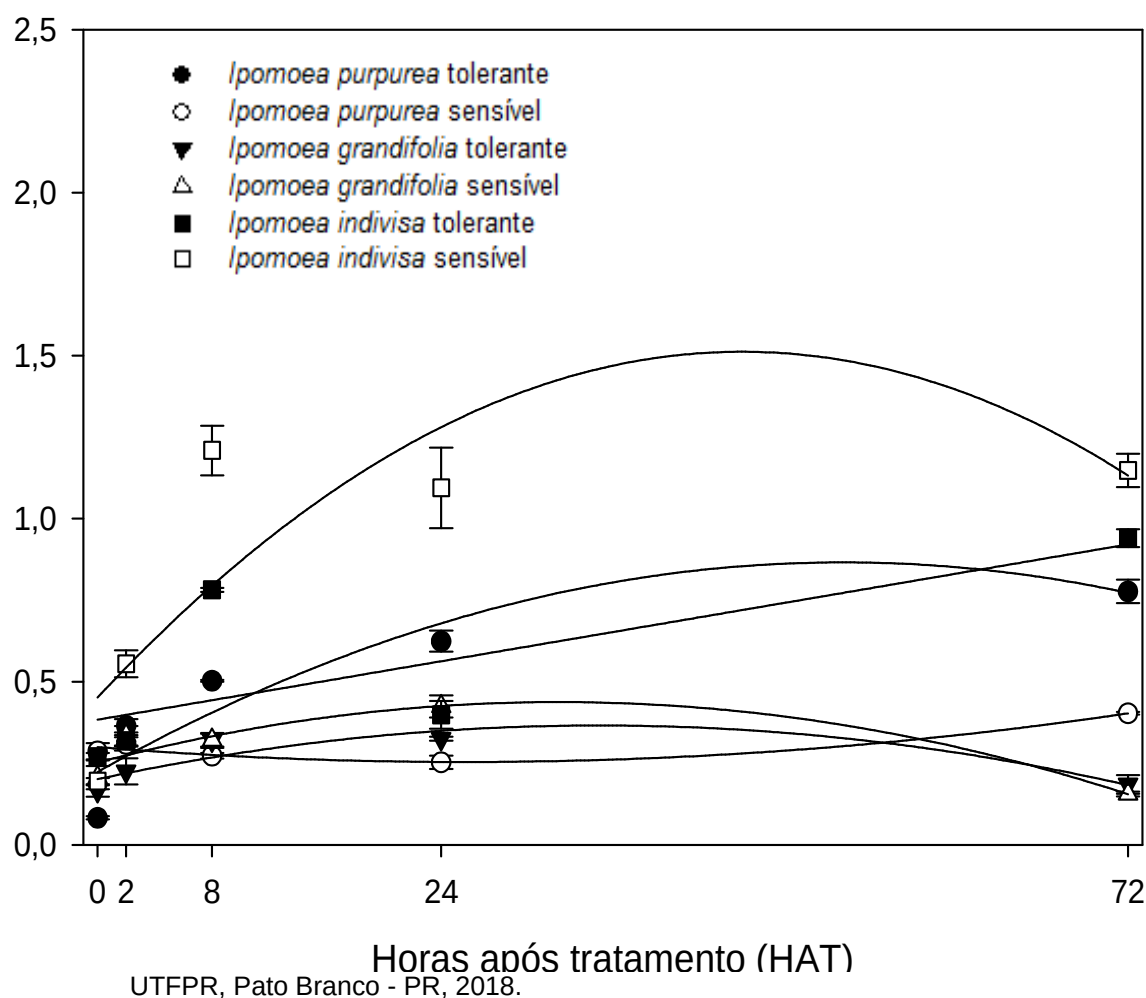
ESPÉCIE	BIÓTIPO	
	Tolerante	Sensível
	Ácido chiquímico (mg g <sup>-1</sup> t.v.)	
<i>Ipomoea purpurea</i>	0,4703 a	0,3049 b
<i>Ipomoea grandifolia</i>	0,2441 a	0,2879 a
<i>Ipomoea indivisa</i>	0,5417 b	0,8402 a

Médias seguidas de mesma letra significam ausência de diferença entre biótipos, dentro da mesma espécie, através do Teste de Tukey (p<0,05).

Os parâmetros ajustados pelo SigmaPlot para as espécies Convolvuláceas foram elevados, com exceção para os dois biótipos da espécie *I. indivisa*, entretanto foi o melhor resultado encontrado. Para a espécie *I. indivisa*, o biótipo sensível apresentou concentração média de ácido chiquímico 55% superior

ao biótipo tolerante. O biótipo sensível da espécie *I. grandifolia* também superou em 54% o tolerante em relação ao acúmulo médio de chiquimato, embora não significativamente. Já para a espécie *I. purpurea*, o biótipo tolerante superou em 17% a acumulação de chiquimato em relação ao biótipo sensível (Figura 2).

**Figura 2** – Concentração de ácido chiquímico em resposta a aplicação do herbicida glyphosate as 0, 2, 8, 24 e 72 HAT para biótipos sensíveis e tolerantes de espécies Convolvuláceas.



Os níveis de acúmulo de chiquimato foram crescentes para as espécies *I. purpurea* sensível, *I. purpurea* tolerante e *I. indivisa* tolerante até a última avaliação (Figura 2), apresentando um acúmulo final de 0,40 mg a.g<sup>-1</sup> t.v; 0,77 mg ac.g<sup>-1</sup> t.v e 0,94 mg de ac g<sup>-1</sup> t.v, respectivamente.

Para os biótipos da espécie *I. grandifolia*, houve um incremento de chiquimato até as 24 HAT, com 0,32 mg ac.g<sup>-1</sup> t.v para o biótipo tolerante e 0,42 mg ac.g<sup>-1</sup> t.v para o biótipo sensível, não foram significativos. Após este período, os

níveis de chiquimato reduziram. No biótipo sensível da espécie *I. indivisa* o acúmulo máximo de chiquimato ocorreu as 8 HAT, com 1,09 mg ac.g<sup>-1</sup>t.v.

Espécies mais tolerantes tendem a acumular menores níveis de ácido chiquímico, porque deduz-se que menos glyphosate chega até a enzima EPSPs ou porque a enzima é menos sensível ao herbicida. Nesse caso, o impedimento para transformação de chiquimato em corismato é reduzido, havendo menor acumulação de chiquimato e controle menos eficiente das plantas tratadas. Ao contrário acontece em biótipos sensíveis, pois quando aplicado glyphosate, a enzima EPSPs compete pelo substrato PEP, impedindo a transformação de chiquimato em corismato, havendo o acúmulo do chiquimato, onde as plantas são controladas devido a baixa eficiência fotossintética e redução na produção de aminoácidos aromáticos. Dessa forma, pode-se hipotetizar que na espécie de *I. indivisa*, em que foi observado o maior acúmulo de chiquimato no biótipo sensível durante todo período de coleta. O provável mecanismo de tolerância envolvido nesta espécie é a baixa translocação do herbicida até o local de ação (PAZUCK, 2013).

Porém, a análise demonstrou maior acúmulo de chiquimato no biótipo tolerante de *I. purpurea* do que no biótipo sensível e ausência de diferença de acúmulo de chiquimato entre os biótipos de *I. grandifolia*. Não era esperado maior acúmulo de chiquimato em biótipo tolerante de *I. purpurea*. Maior acúmulo de chiquimato no biótipo tolerante de *I. purpurea*, em princípio, indica que haveria maior disponibilidade de herbicida para a enzima EPSPs neste biótipo ou que a enzima é mais sensível no biótipo tolerante do que no sensível. Assim, não há uma explicação lógica para o que possa estar ocorrendo neste biótipo.

Para as espécies da família Rubiaceae, a análise da variância indicou significância ao nível de 5% de probabilidade para a interação tripla entre os fatores espécies x períodos x biótipos (Tabela 5).

As espécies *R. brasiliensis* e *B. latifolia* apresentaram comportamentos distintos em relação ao acúmulo de chiquimato, observando que para *R. brasiliensis* não houve diferença significativa entre os biótipos (Tabela 6), já a espécie *Borreria latifolia* apresentou maior acúmulo de chiquimato no biótipo sensível (1,92 mg ac. g<sup>-1</sup> t.v), em comparação ao biótipo tolerante (1,64 mg ac.g<sup>-1</sup> t.v).

**Tabela 5** – Quadrado médio dos fatores analisados a 5% de probabilidade de erro para família Rubiaceae. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.

FATOR	QM*	PROBABILIDADE 5%
Espécie	33,509	0
Período	11,163	0
Biótipo	0,168	0,00022
Espécie x Período	9,716	0
Biótipo x Período	0,319	0
Espécie x Biótipo	0,434	9,014 e10 <sup>-8</sup>
Espécie x Biótipo x Período	0,295	0

\*QM quadrado médio.

Os parâmetros ajustados pelo SigmaPlot para as espécies Convolvuláceas foram elevados. Para *R. brasiliensis*, os biótipos sensível e tolerante não foi constatada diferença entre os biótipos nos períodos de avaliação de 2, 8, 24 e 72 HAT. (Figura 3).

**Tabela 6** – Concentração média de ácido chiquímico nos períodos 0, 2, 8, 24 e 72 HAT em resposta a aplicação do herbicida glyphosate para biótipos tolerantes e sensíveis de *Richardia brasiliensis* e *Borreria latifolia*. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.

ESPÉCIE	BIÓTIPOS	
	Tolerante	Sensível
	Ácido chiquímico (mg g <sup>-1</sup> t.v.)	
<i>Richardia brasiliensis</i>	0.3172 a	0.2531 a
<i>Borreria latifolia</i>	1.6418 b	1.9177 a

Médias seguidas de mesma letra significam ausência de diferença entre biótipos, dentro da mesma espécie, através do Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

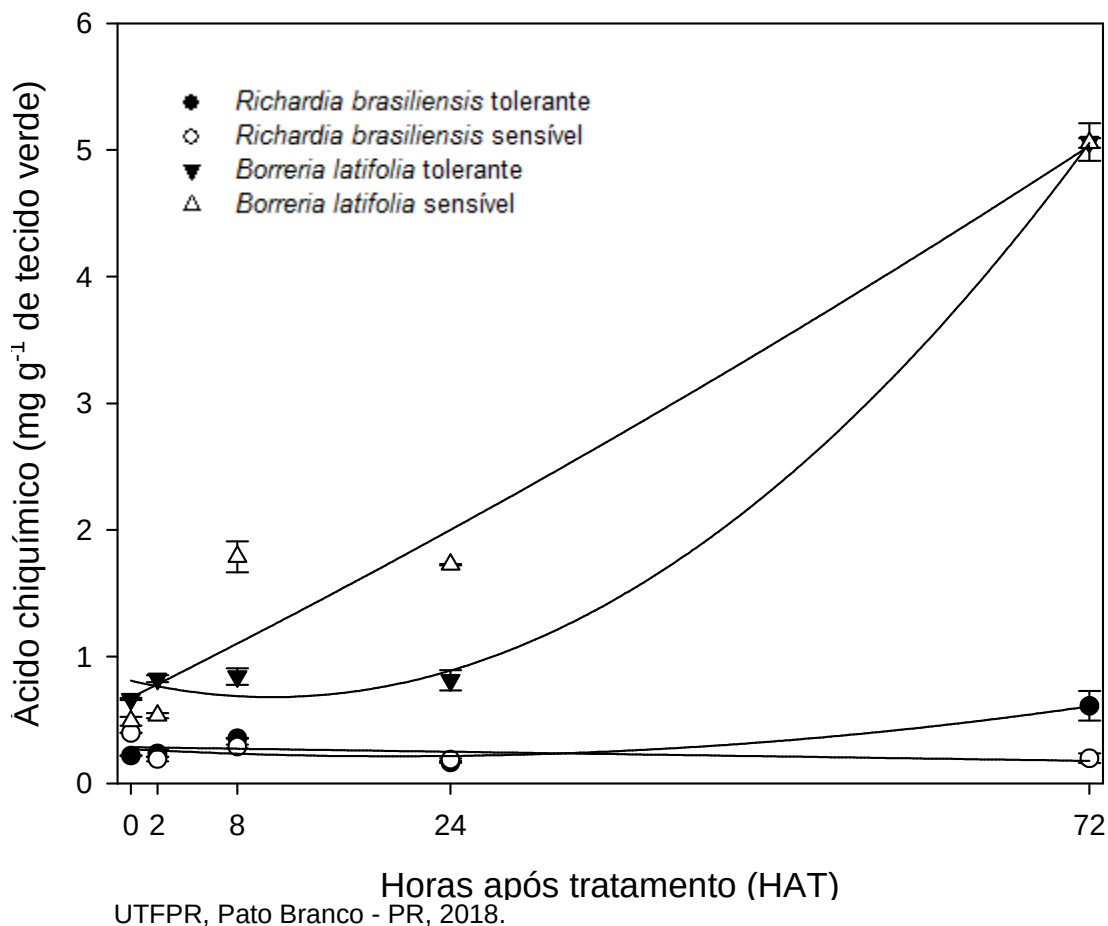
Entretanto, o biótipo tolerante apresentou maior incremento no acúmulo de chiquimato, totalizando 31% a mais que o biótipo sensível na avaliação efetuada 72 HAT, momento que se observou 0,61 e 0,19 mg ac.g<sup>-1</sup> t.v de acúmulo, nos biótipos tolerante e sensível, respectivamente. (Figura 3).

Para a espécie *B. latifolia*, o biótipo sensível apresentou acúmulo de chiquimato superior ao biótipo tolerante nas avaliações efetuadas a 8 e 24 HAT, momento em que foi 47% superior, apresentando 1,7 mg ac.g<sup>-1</sup> t.v no biótipo sensível e 0,84 mg ac.g<sup>-1</sup> t.v no biótipo tolerante (Figura 3).

Em relação a média de acúmulo durante o período de avaliação, o biótipo tolerante da espécie *B. latifolia* apresentou menores concentrações de ácido

chiquímico, desta maneira, evidencia-se que um mecanismo de tolerância está envolvido, pois a eficiência de controle para esta espécie será reduzida.

**Figura 3** – Concentração de ácido chiquímico em resposta a aplicação do herbicida glyphosate as 0, 2, 8, 24 e 72 HAT para biótipos tolerantes e sensíveis de *R. brasiliensis* e *B. latifolia*.



O provável mecanismo de tolerância desta espécie é a baixa translocação de glyphosate, uma vez que, estudos de translocação de glyphosate radiomarcado em biótipos tolerante desta mesma espécie efetuados por Diesel (2016) mostram que o herbicida permanece na folha tratada, havendo baixa translocação para outras partes da planta. Assim como, estudos feitos por Galon et. al. (2013) determinaram que 89% do glyphosate permaneceu na folha dessa espécie, havendo pouca translocação para outras partes da planta.

O bloqueio na rota do ácido chiquímico acumula elevados níveis de ácido chiquímico, que representa um resultado direto da inibição da EPSPs. Ainda não há estudos com as mesmas espécies que possam comparar os resultados obtidos neste experimento. Entretanto, na literatura, alguns autores mostram a quantificação do acúmulo de ácido chiquímico em outras espécies daninhas. Como

em estudo de Brunharo (2014), com biótipos resistente e suscetível de *Chloris polydactyla* (capim-branco), que constatou um acúmulo de 2,56 vezes maior no biótipo suscetível nos períodos de avaliação de 6, 12, 24, 48 e 96 horas após aplicação do herbicida, além disso, este mesmo estudo mostra que o biótipo suscetível absorveu maior quantidade de glyphosate e reteve mais glyphosate na folha, quando comparado ao biótipo resistente.

Carvalho (2011), observou um acúmulo de ácido chiquímico de 5,7% menor no biótipo resistente de *Digitaria insularis* (capim-amargoso) comparado ao sensível, após 24, 48, 72, 96 e 168 horas da aplicação do herbicida. Verificou também, que a não-acumulação de ácido chiquímico em biótipos de plantas resistentes indicou a não-sensibilidade do herbicida e a absorção do glyphosate em plantas suscetíveis foi mais lenta, bem como a concentração encontrada também foi menor, indicando que o glyphosate está atingindo a enzima alvo. Este fato também, pode ser observada nos biótipos sensíveis das espécies *I. gradifolia*, *I. purpurea* e *R. brasiliensis*, podendo indicar que a enzima alvo está sendo alcançada.

Em biótipos de *Conyza bonariensis* (buva), também evidenciou-se o menor acúmulo de ácido chiquímico no biótipo resistente em todos os períodos avaliados (0, 3, 7, 10 e 14 dias após a aplicação do herbicida), quando comparado ao biótipo suscetível. Ainda, neste estudo identificou-se o mecanismo de resistência ao glyphosate nesta espécie, que ocorre a partir da insensibilidade da enzima EPSPs ao sítio de ação, ou seja, a falta de afinidade da enzima, ocasionada por mutações que alteram a sequência de aminoácidos (VARGAS et. al., 2014)

Em espécies cultivadas também é possível observar o não acúmulo de ácido chiquímico em cultivares resistentes ao glyphosate, como mostra Augustinho, (2015) em estudo com cana-de-açúcar onde a cultivar transgênica mostrou-se resistente ao glyphosate pelo não acúmulo de ácido chiquímico. Outras cultivares geneticamente modificadas como: milho, soja e algodão também se comportam da mesma maneira em relação ao ácido chiquímico, menor acúmulo deste composto quando comparadas as mesmas espécies convencionais, ou não modificadas (PLINE, 2002; .SINGH; SHANER, 1998)

Segundo Castro et. al., (2016) observaram em plantas de *Eucalyptus urograndis clone* com parte superior e parte inferior protegidas, que o acúmulo de ácido chiquímico é maior em locais da planta onde ocorre o contato direto do

herbicida e ainda, quanto maior a concentração de glyphosate encontrada na planta, maior o acúmulo de ácido chiquímico.

Matallo et. al., (2006) em experimentos realizados com *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária), observaram uma queda nos níveis de ácido chiquímico ao longo do tempo, considerando intervalos de 2, 4 e 8 horas, 1, 2, 8 e 16 dias após a aplicação, mostra um acúmulo rápido de ácido chiquímico a partir de 4 horas após aplicação de glyphosate alcançando um máximo de acúmulo as 8 horas após aplicação.

Assim, é possível concluir que o ácido chiquímico pode ser considerado um bom marcador químico para aplicações de glyphosate em muitas espécies, inclusive com potencial para determinação de biótipos resistentes ou tolerantes ao glyphosate.

Em relação aos mecanismos de tolerância, alguns autores identificam estes mecanismos, a fim de, auxiliar e encontrar outros métodos de controle para as espécies resistentes ou tolerantes.

## 6 CONCLUSÕES

Em relação à média dos períodos para os biótipos estudados de *Ipomoea* sp e *B. latifolia*, foi possível evidenciar que o biótipo tolerante das espécies *I. indivisa* e *B. latifolia* acumularam menores níveis de ácido chiquímico comparado ao biótipo sensível, indicando uma limitação de chegada de glyphosate até os cloroplastos.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão dos mecanismos de tolerância de plantas daninhas ao glyphosate, pode auxiliar na escolha de estratégias alternativas para o manejo e controle de plantas daninhas tolerantes.

A avaliação do acúmulo de ácido chiquímico torna-se importante para identificar biótipos tolerantes e suscetíveis das diferentes espécies de plantas daninhas.

Entretanto outros trabalhos podem ser desenvolvidos a partir deste estudo, como o a pesquisa de absorção, translocação e metabolização do glyphosate ou de outros mecanismos de tolerância que possam confirmar qual está conferindo a tolerância a estes biótipos. Também é possível estudar a diversidade genética dos biótipos, a fim de, esclarecer os resultados não esperados deste trabalho, para os biótipos da espécie *I. purpurea*.

## REFERÊNCIAS

AUGUSTINHO, D. **Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar ao glifosato por meio do acúmulo do ácido chiquímico determinado por análises colorimétricas**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

BRUNHARO, C. A. C. G. **Resistência da planta daninha capim-branco (*Chloris polydactyla*) ao herbicida glyphosate**. Dissertação (Mestrado) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2014.

CARRIZO, E. V; SOBRERO, Y.M.T. Descrição das espécies do gênero *Ipomoea* presentes na área de irrigação de dulce, Santiago Del Estero river, Argentina. **Planta daninha**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 155–161, 2001.

CARVALHO, L. B. **Interferência de *Digitaria insularis* em *Coffea arabica* e respostas destas espécies ao glyphosate**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

CASTRO, E. B. et al. Absorção, translocação e efeitos metabólicos do glyphosate em plantas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 719–727, 2016.

CONSTANTIN, J. Métodos de manejo. In: **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompipax, 2011. cap. 3, p. 67–78.

DELPRETE, P. G. The status of monographic and floristic studies of neotropical rubiaceae, with emphasis on the flora of the guianas. **Flora of the Guianas Newsletter**, v. 12, p. 11–13, 1999.

DICK.R.E; QUINN.J.P. Glyphosate-degrading isolates from environmental samples: occurrence and pathways of degradation. **Applied Microbiology Biotechnology**, Berlin, v. 43, n. 3, p. 545–550, 1995.

DIESEL, F. **Investigação da tolerância de *Borreria latifolia* (Aubl) e *Richardia brasiliensis* (Gomes) a glyphosate e competitividade com a cultura da soja**. Tese (Doutorado em Agronomia) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016 Citado na página 4.

FERREIRA, A.F; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R. Mecanismo de ação de herbicidas. In: **V Congresso brasileiro de algodão**. Salvador: [s.n.], 2005.

FERREIRA, E. A. et al. **Manejo de plantas daninhas tolerantes ou resistentes ao glyphosate no Brasil**. In: . [S.l.]: Fepaf, 2009. cap. 15, p. 357–400.

FORLANI, G et al. Degradation of the phosphonate herbicide glyphosate in soil: evidence for a possible involvement of unculturable microorganism. **Soil Biology e Biochemistry**, .31, p. 991–997, 1999.

GALON, L. et al. Glyphosate translocation in herbicide tolerant plants. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 193–201, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S0100-83582013000100021](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0100-83582013000100021)>. Acesso em: 15 maio 2018.

GIESY, J. P; DOBSON, S; SOLOMON, K. R. Ecotoxicological risk assessment for roundup herbicide. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 167, n. 1, p. 35–120, 2000.

HARTZLER, B. **Which glyphosate product is best?** 2003. Disponível em: <<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/qtr01-1/glyphosateformulations.htm>>. Acesso em: 05 nov. 2016

PEDRINHO JUNIOR, A.F.F; BIANCO, S; PITELLI, R.A. Accumulation of biomass and macronutrients by *Glycine max* and *Richardia brasiliensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, 2004.

KARAM, D. et al. **Cultivo do milho: Plantas daninhas**. 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item-/27041/1/Plantas-daninhas.pdf>>. Acesso em: 17 set 2016.

KRUSE, N. D.; TREZZI, M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPs. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 2, p. 139–146, 2000.

LACERDA, A. L. S; VICTORIA FILHO, R. Curvas dose-resposta em espécies de plantas daninhas com o uso do herbicida glyphosate. **Bragantia**, Campinas, v.63, n. 1, p. 73–79, 2004.

LEE, L.J; GIM, J. A. A first report of glyphosate-resistance goosegraa[eleusine indica (l.) gaertn] in malaysia. **Pest Management Science**., v. 56, p. 336–339, 2000.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7. ed. Nova Odesa: Instituto Plantarum, 2014. 324 – 326 p.

LORRAINE-COLWILL, D. F et al. Investigations into the mechanism of glyphosate resistance in *Iolium rigidum*. **Pesticide Biochemistry Phyology**, v. 74, p. 62–72, 2002.

LYDON J.; DUKE, S. O. Glyphosate induction of elevated levels of hydroxybenzoic acids in higher plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 36, n. 4, p. 813–816, 1988.

MACHADO, A. A; CONCEIÇÃO, A.R. Software, **WinStat: sistema de análise estatística para Windows**. Pelotas, 2005. Versão Beta.

MATALLO, M. B et al. **Acúmulo de ácido chiquímico em plantas de *Brachiaria decumbens* pulverizados com sub-doses de glyphosate**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25º. Brasília, 2006.

MELO, M. S. C. **Alternativas de controle, acúmulo de chiquimato e curva de crescimento de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suscetível e resistente ao glyphosate**. Dissertação (Mestrado) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.

MONQUERO, P. A et al. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 445–451, 2004.

MONQUERO, P. A. **Dinâmica populacional e mecanismos de tolerância de espécies de plantas daninhas ao herbicida glyphosate**. 99 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

MONQUERO, P. A.; CURY, J. C; CHRISTOFFOLETI, P. J. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 123–132, 2005.

MORAES, P. V. D; ROSSI, P. Comportamento ambiental do glifosato. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 9, n. 3, p. 22–35, 2010.

MOREIRA, H. J. C; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de Identificação de plantas infestantes**. São Paulo: FMC Agricultural Products,, 2011.

MOREIRA, M.S et al. Resistência de *Cozyza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. **Planta daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157–164, 2007.

NOHATTO, M. A. **Resposta de *Euphorbia heterophylla* proveniente de lavouras de soja Roundup Ready R<sup>o</sup> do Rio Grande do Sul ao herbicida glyphosate**. 75 p. Dissertação (Mestrado em Plantas Daninhas) — Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federa de Pelotas, Pelotas, 2010.

OERKE, E. C. Crop losses to pests. **The Journal of Agricultural Science.**, v. 144, n. 1, p. 31–43, 2006.

OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTATIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 362 p.

PARREIRA, M. C. et al. Superação de dormência e influência dos fatores ambientais na germinação de sementes de *Spermacoce latifolia*. **Revista brasileira de ciências agrárias**, Recife, v. 6, n. 3, p. 427–431, 2011.

PAZUCK, D. **Tolerância ao glyphosate e sua absorção e translocação por biótipos de *Ipomoea spp.*** Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

PAZUCK, D. et al. Superação de dormência em sementes de três espécies de *Ipomoea*. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/2014nahead/0103-8478-cr-00-00-cr20120665.pdf>>. Acesso em: 22 jan 2018.

PERES, L. E. P. **Metabolismo Secundário**. 2008.

PLINE, W. A. Tolerance and accumulation of shikimic acid in response to glyphosate applications in glyphosate-resistant and non glyphosate-resistant cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 3, p. 506–512, 2002.

POWLES, S. B; PRESTON, C. Evolved glyphosate resistance in plants: biochemical and genetic basis of resistance. **Weed Technology**, v. 20, p. 282–289, 2006. .

PRIONE, L. P. **Avaliação do controle de *Ipomoea grandifolia* (corda de viola) em solo argiloso e arenoso utilizando diferentes doses do herbicida kih-485**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Sorocaba, 2011.

RESISTANCE, Herbicide; definitions., Herbicide Tolerance; WSSA. **Herbicide Resistance and Herbicide Tolerance Definitions**. 4. ed. Weed Technology, 1998. 798 p. Disponível em: <<http://wssa.net/wssa/weed/resistance/herbicide-resistance-and-herbicide-tolerance-definitions>>. Acesso em: 17 set 2016.

RODRIGUES, B. N; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. 3a. ed. Londrina: Benedito Noedi Rodrigues e Fernando Souza de Almeida, 1995. 675 p.

SHANER, D. L. Role of translocation as a mechanism of resistance to glyphosate. **Weed Science**, Lawrence, v. 57, n. 1, p. 118–123, 2009.

SINGH B. K.; SHANER, D. L. Rapid determination of glyphosate injury to plants and identification of glyphosate-resistant plants. **Weed Technology, Champaign**, v. 12, p. 527–530, 1998.

TREZZI, M. M.; KRUSE, N. D; VIDAL, R. A. Inibidores de EPSPs. In: **Herbicidologia**. Porto Alegre: [s.n.], 2001. cap. 5, p. 37–45.

VARGAS, L. et al. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região sul do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 573–578, 2007.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Resistências de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução**. Passo Fundo, 2008. Disponível em: <<https://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/pdo58.pdf>>. Acesso em: 29 set 2017.

VARGAS L. et al. Glyphosate influence on the physiological parameters of *Conyza bonariensis* biotypes. **Planta daninha**, v. 32, n. 1, p. 151–159, 2014.

VELINI, Edivaldo Domingues et al. **Glyphosate**. [S.l.]: Fepaf, 2009. 493 p.

VIDAL, Ribas. **Interação negativa entre plantas: Inicialismo, Alelopatia e Competição**. Porto Alegre: Evangraf, 2010.

VIDAL, R. A; JR, A. M. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 2001.

VIVIAN, R. **A importância das plantas daninhas na agricultura**. 2011. Disponível em: <<http://www.paginarural.com.br/artigo/2236/aimportancia-das-plantas-daninhas-na-agricultura>>. Acesso em: 17 set 2017.

WAUCHOPE, R. D et al. The scs/ars/ces pesticide properties database: select values for environmental decision making. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, Reviews of environmental contamination & toxicology, New York, v. 123, n. 1, p. 164, 1992.

WSSA – **Herbicide Resistance and Herbicide Tolerance Definitions**. Weed Technology. vol 12, Issue 4, 1998. Disponível em <<http://wssa.net/wssa/weed/resistance/herbicide-resistance-and-herbicide-tolerancedefinitions/>>. Acesso em 17 set 2016.

YAMADA, T; CASTRO, P. R. C. **Efeitos do Glifosato nas plantas: Implicações fisiológicas e agronômicas**. Piracicaba, 2007.

ZELAYA I. A.; OWEN, M. D. K. Differential response of common waterhemp (*Amaranthus rudis sauer*) to glyphosate in iowa. In: . **Meeting of the weed science society of America**. Toronto: WSSA, 2000. p. 62–63.

## ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS

<b>APÊNDICE A – Parâmetros das equações ajustadas para a variável resposta concentração de ácido chiquímico para biótipos tolerante e sensível ao herbicida glyphosate das espécies <i>I. purpurea</i>, <i>I. grandifolia</i> e <i>I. indivisa</i>. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE B – Parâmetros das equações ajustadas para a variável resposta concentração de ácido chiquímico para biótipos tolerante e sensível ao herbicida glyphosate das espécies <i>Richardia brasiliensis</i> e <i>Borreria latifolia</i>. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....</b>	<b>47</b>

## APÊNDICES



APÊNDICE A – Parâmetros das equações ajustadas para a variável resposta concentração de ácido chiquímico para biótipos tolerante e sensível ao herbicida glyphosate das espécies *I. purpurea*, *I. grandifolia* e *I. indivisa*. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.

Espécie	Biótipo	Parâmetros*			R <sup>2</sup>
		a	b	y0	
<i>I. purpurea</i>	Tolerante	0,0247	-0,0002	0,2232	0,85
<i>I. purpurea</i>	Sensível	-0,0036	6,94e-5	0,2995	0,97
<i>I. grandifolia</i>	Tolerante	0,0094	-0,0001	0,2011	0,79
<i>I. grandifolia</i>	Sensível	0,0115	-0,0002	0,2521	0,87
<i>I. indivisa</i>	Tolerante	0,0115	-0,0002	-	0,55
<i>I. indivisa</i>	Sensível	0,0471	-0,0005	0,4511	0,66

<sup>1</sup>Equação polinomial quadrática ( $f=y_0+a*x+b*x^2$ ).

APÊNDICE B – Parâmetros das equações ajustadas para a variável resposta concentração de ácido chiquímico para biótipos tolerante e sensível ao herbicida glyphosate das espécies *Richardia brasiliensis* e *Borreria latifolia*. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.

Espécie	Biótipo	Parâmetros*			R <sup>2</sup>
		a	b	y0	
<i>R. brasiliensis</i>	Tolerante	-0,0057	0,0001	0,27	0,84
<i>R. brasiliensis</i>	Sensível	0,2848	-0,0015	-	0,24
<i>B. latifolia</i>	Tolerante	-0,0245	0,0012	0,8100	0,99
<i>B. latifolia</i>	Sensível	0,0525	0,0001	0,6760	0,95

<sup>1</sup>Equação polinomial quadrática ( $f=y_0+a*x+b*x^2$ ).