

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

**PEDRO HENRIQUE FACCIÓNI MIZERSKI**

**ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DO HERBICIDA  $^{14}\text{C}$ -GLYPHOSATE  
EM *Borreria latifolia* E *Richardia brasiliensis***

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2016**

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

**PEDRO HENRIQUE FACCIÓNI MIZERSKI**

**ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DO HERBICIDA <sup>14</sup>C-GLYPHOSATE  
EM *Borreria latifolia* E *Richardia brasiliensis***

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2016**

PEDRO HENRIQUE FACCIÓN MIZERSKI

**ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DO HERBICIDA <sup>14</sup>C-GLYPHOSATE  
EM *Borreria latifolia* E *Richardia brasiliensis***

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

PATO BRANCO

2016

Mizerski, Pedro Henrique Faccioni  
ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DO HERBICIDA <sup>14</sup>C-GLYPHOSATE  
EM *Borreria latifolia* E *Richardia brasiliensis* / Pedro Henrique Faccioni  
Mizerski.  
Pato Branco. UTFPR, 2016  
45 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco,  
2016.

Bibliografia: f. 40 – 44.

1. Agronomia. 2. Herbicidologia I. Trezzi, Michelangelo Muzell., II.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. III.  
Título.

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**

# **ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DO HERBICIDA <sup>14</sup>C-GLYPHOSATE EM *Borreria latifolia* E *Richardia brasiliensis***

por

**PEDRO HENRIQUE FACCIÓNI MIZERSKI**

Monografia apresentada às 13 horas 00 min. do dia 21 de Novembro de 2016 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. Dr. Marisa de Cácia Oliveira**  
UTFPR

**Doutoranda Francielli Diesel**  
UTFPR

**Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi**  
UTFPR  
Orientador

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.

A minha família, e, sobretudo a Deus, dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida. Aos meus pais, Pedro Mizerski e Terezinha Faccioni Mizerski e irmã, Eduarda Leticia Faccioni Mizerski com carinho agradeço, pelo integral apoio psicológico e financeiro. A minha namorada Poliana Fogaça dos Santos agradeço, por toda a ajuda e compreensão. Ao professor e orientador, Dr. Michelangelo Muzell Trezzi por todo apoio técnico e científico, pela calma e paciência, e, principalmente por confiar em meu trabalho, agradeço. Aos meus colegas de graduação, agradeço pelos cinco anos de boa convivência, aos demais professores pelo conhecimento compartilhado, agradeço. Aos colegas do NIPED, Francielli Diesel, Fortunato Pagnoncelli, Mateus Gallon, Eli Marchesan, deixo meus mais sinceros votos de sucesso e gratidão por todo conhecimento compartilhado.

*"Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível."*

**(Charles Chaplin)**



## RESUMO

MIZERSKI, Pedro Henrique Faccioni. ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DO HERBICIDA <sup>14</sup>C-GLYPHOSATE EM *Borreria latifolia* E *Richardia brasiliensis*. 46 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Vários mecanismos são desenvolvidos pelas plantas daninhas para tolerar moléculas herbicidas. Por este motivo, é de suma importância investigar qual destes está efetivamente reduzindo o efeito herbicida. O objetivo deste trabalho foi avaliar a absorção e translocação do herbicida <sup>14</sup>C-glyphosate em biótipos de *Borreria latifolia* e *Richardia brasiliensis*. As sementes foram coletadas em lavouras de soja transgênica ou em locais sem pressão de seleção por glyphosate em municípios do Paraná e Norte de Santa Catarina. Dois experimentos foram realizados nas dependências do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, no Campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, da Universidade de São Paulo, um para cada espécie *Rubiaceae* (*B. latifolia* e *R. Brasiliensis*). Foram cultivadas plantas em casa de vegetação, nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná até atingirem estágio de aplicação de 4 a 6 folhas totalmente expandidas, momento em que sua transferência para o Laboratório de Ecotoxicologia-CENA/USP foi realizada, onde efetuaram-se as análises laboratoriais. Os estudos foram desenvolvidos em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, organizado em esquema fatorial (períodos x biótipos), em que cada planta representou uma parcela experimental. Os períodos de avaliação foram 2, 8, 24, 48 e 72 horas após aplicação (HAA) do herbicida, totalizando 15 plantas por biótipo, no total de 30 plantas para os dois biótipos de cada espécie daninha estudada. Em cada experimento foram analisados um biótipo considerado tolerante e outro considerado sensível ao glyphosate. Conforme foram germinando, as mesmas foram transplantadas para vasos com capacidade de 500 ml, compostos por solo peneirado e deixados em casa de vegetação com condições controladas. Quando as plantas atingiram estágio de aplicação, procedeu-se aplicação do glyphosate marcado com <sup>14</sup>C no radical fosfonometil. A solução herbicida foi composta por uma mistura de <sup>14</sup>C-glyphosate + padrão analítico, na concentração de 360 g de glyphosate (equivalente ácido) em 200 L ha<sup>-1</sup>. Essa solução foi aplicada na face adaxial do último par de folhas totalmente expandidas, sob a forma de dez gotas de 1,0 µL por folha, totalizando 20 gotas por planta. Após o término de cada período de leitura, as folhas tratadas foram lavadas e a radioatividade determinada através de espectrometria de cintilação líquida (ECL). A absorção do herbicida foi determinada pela porcentagem da radioatividade presente no interior da planta (folhas tratadas, folhas acima, folhas abaixo das tratadas, caule e raiz) em relação a radioatividade total recuperada (líquido de lavagem + radioatividade no interior da planta). Posteriormente, cada parte da planta sofreu combustão em oxidador biológico e quantificação da radioatividade através de ECL. Para a *R. brasiliensis* o biótipo sensível absorveu mais glyphosate radiomarcado que o tolerante, 75 e 70%, respectivamente. Comportamento semelhante ocorreu com a espécie *B. latifolia*, no entanto, não evidenciou-se diferença entre os biótipos sensível e tolerante. Para as duas espécies evidenciou-se que grande parte do herbicida aplicado não translocou, ficando apenas na folha aplicada, exceto para as avaliações efetuadas 48 (*R. brasiliensis*) e 72 (*R. brasiliensis* e *B. Latifolia*) HAA, a translocação diferencial do herbicida pôde ser verificada em ambas espécies no biótipo considerado tolerante.

**Palavras-chave:** *Rubiaceae*, Poaia-Branca, Erva-Quente.

## ABSTRACT

MIZERSKI, Pedro Henrique Faccioni. ABSORPTION AND TRANSLOCATION OF THE  $^{14}\text{C}$ -GLYPHOSATE HERBICIDE IN *Borreria latifolia* AND *Richardia brasiliensis*. 46 s. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2016.

Several mechanisms are developed by the weeds to tolerate the herbicide molecules for this reason it is extremely important to investigate which of these mechanisms is effectively reducing the herbicidal effect. The objective of this study was to evaluate the absorption and translocation of the herbicide glyphosate- $^{14}\text{C}$  in biotypes *Borreria latifolia* and *Richardia brasiliensis*. Seeds were collected from transgenic soybean crops or in places without by glyphosate selection pressure for municipalities in Paraná and Northern Santa Catarina. Two experiments were conducted on the premises of the Center for Nuclear Energy in Agriculture - CENA, Campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, University of São Paulo, one for each *Rubiaceae* species (*B. latifolia* and *R. brasiliensis*). Plants were grown in a greenhouse on the premises of the Federal Technological University of Paraná to reach the application stage 4-6 fully expanded leaves, at which time their transfer to the Laboratory of Ecotoxicology-CENA / USP was held, where it is effected laboratory analysis. The studies were carried out in a completely randomized design with three replications, arranged in a factorial (x periods biotypes), where each plant represented an experimental plot. The evaluation periods were 2, 8, 24, 48 and 72 hours after application (HAA) herbicide, totaling 15 plants per biotype, a total of 30 plants for the two biotypes of each weed species studied. In each experiment were analyzed one biotype considered tolerant and another considered sensitive to glyphosate. As were germinating, they were transplanted into pots with 500 ml capacity, consisting of soil sifted and left in a greenhouse with controlled conditions. When the plants reached application stage, proceeded application of glyphosate  $^{14}\text{C}$  in phosphonomethyl radical. The herbicide solution was composed of a mixture of  $^{14}\text{C}$ -glyphosate and an analytical standard, at a concentration of 360 g of glyphosate (acid equivalent) in 200 L ha<sup>-1</sup>. This solution was applied in the adaxial side of the last pair of fully expanded leaves as ten drops of 1.0 ul per a total of 20 drops per plant. After the end of each reading period, the treated leaves were washed and the radioactivity determined by liquid scintillation spectrometry (LSS). The absorption of herbicide was determined by the percentage of radioactivity present within the plant (leaves treated above leaves, leaves below the treated stem and root) compared to the total radioactivity recovered (rinsing liquid + radioactivity within the plant). Subsequently, each plant underwent combustion in organic oxidizer and quantitation of radioactivity using LSS. For sensitive biotype *R. brasiliensis* absorbed over the radiolabeled glyphosate tolerant, 75 and 70%, respectively. Similar behavior occurred with the species *B. latifolia*, however, did not show a difference between the sensitive and tolerant biotypes. For the two species showed that much of the applied herbicide not translocated, leaving only the sheet applied, except for the tests conducted 48 (*R. brasiliensis*) and 72 (*R. brasiliensis* and *B. latifolia*) HAA, the differential translocation of the herbicide could be verified in both species tolerant biotype considered.

**Keywords:** Rubiaceae. Poaia-Branca. Erva-Quente.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Absorção (A) e total translocado (B) para biótipos de *R. brasiliensis* em resposta a aplicação de glyphosate radiomarcado.....32
- Figura 2 – Distribuição de glyphosate radiomarcado em biótipos de *R. brasiliensis* no período de 2 (A), 8 (B), 24 (C), 48 (D) e 72 (E) horas após a aplicação (HAA).....34
- Figura 3 – Absorção (A) e total translocado (B) para biótipos de *B. Latifolia* em resposta a aplicação de glyphosate radiomarcado.....36
- Figura 4 – Distribuição de glyphosate radiomarcado em biótipos de *B. Latifolia* no período de 2 (A), 8 (B), 24 (C), 48 (D) e 72 (E) horas após a aplicação (HAA).....38

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Identificação e características dos locais em que foram coletadas as sementes dos biótipos tolerante e suscetível ao glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2016.....28
- Tabela 2 - Parâmetros das equações e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as variáveis absorção e total translocado em resposta a períodos de avaliação de glyphosate radiomarcado em biótipos de *R. brasiliensis* e *B. latifolia* com respostas contrastantes ao glyphosate. UTFPR Campus Pato Branco, 2016.....31

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CENA	Centro de Energia Nuclear na Agricultura
ECL	Espectometria de Cintilação Líquida
HAA	Horas Após Aplicação
USP	Universidade Estadual de São Paulo

## LISTA DE ABREVIATURAS

Fig.

Figura

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
MBq	Mega Becquerel
mmol <sup>-1</sup>	Mili Mol
R <sup>2</sup>	Coefficiente de Determinação
μL	Micro Litro

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
2.1 GERAL.....	22
2.2 ESPECÍFICOS.....	22
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES DANINHAS <i>Rubiaceae</i> .....	23
3.2 MECANISMOS DE TOLERÂNCIA EM PLANTAS DANINHAS.....	24
3.2.1 Absorção.....	24
3.2.2 Translocação.....	26
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>31</b>
5.1 <i>RICHARDIA BRASILIENSIS</i> .....	31
5.2 <i>BORRERIA LATIFOLIA</i> .....	35
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>39</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A presença de plantas daninhas em áreas de lavoura tem sido apontada como um dos fatores mais importantes que contribuem para a redução da produtividade das culturas, evidenciando grande ameaça à produção sustentável de alimentos. Sua importância é tamanha, que cerca da metade dos agroquímicos comercializados no mundo é representado por herbicidas (THEISEN; RUEDELL, 2004). Ao nível mundial, as perdas médias reais ocasionadas pela interferência das plantas daninhas atingem 4,3 a 15,2% do rendimento das culturas de algodão, arroz, batata, milho, soja e trigo (OERKE, 2006).

Entre os métodos de controle de plantas daninhas, o controle com herbicidas tem sido o mais utilizado, devido à maior praticidade e grande eficiência (FERREIRA et al., 2009). O Brasil é responsável por 84% do consumo de agrotóxicos da América Latina. A partir de 2000 o Brasil aumentou a importação de agrotóxicos e em 2007, encontrava-se como um dos maiores importadores mundiais, atrás apenas da França, Alemanha, Canadá e Reino Unido (PELAEZ, 2010).

No país existem 476 marcas registradas de herbicidas, com aproximadamente 100 ingredientes ativos (i.a.) pertencentes a diferentes mecanismos de ação. A comercialização de herbicidas, no Brasil, no ano de 2011, foi de 40.362 toneladas de i.a. Considerando toda a gama de agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, acaricidas, fungicidas, entre outros), a cultura em que são mais utilizados é a soja, responsável por 43,5%, o algodão em segundo lugar (12,5%), seguido da cana-de-açúcar (11,6%), milho safra (5,0%), milho safrinha (3,8%), café (3,7%), citros (3,1%), culturas de inverno (2,4%) e feijão (2,4%). Esse conjunto de culturas somou 87,8% do valor comercializado nesse ano. Entre os estados consumidores, o Paraná é o terceiro colocado com 12,1%, ficando atrás do líder Mato Grosso (20,6%) e de São Paulo (15,3%) (FERREIRA; CAMARGO; VEGRO, 2012).

O controle químico apresenta inúmeras vantagens, entretanto, pode acarretar em muitos malefícios quando utilizado de maneira equivocada, tais como o controle ineficiente das espécies daninhas, ocorrência de danos e perdas produtivas em culturas comerciais causadas por fitotoxicidade e também problemas ambientais

(RODRIGUES; ALMEIDA, 1995). Além disso, a utilização continuada de um mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação e espectro de controle de plantas daninhas por diversos anos pode selecionar populações resistentes e também tolerantes a herbicidas.

Com a liberação do cultivo da soja Roundup Ready® resistente ao herbicida glyphosate (soja RR®) no Brasil, em meados de 2005, o manejo de plantas daninhas sofreu alterações. Assim, o uso do glyphosate aumentou, pois permitiu a aplicação deste em pós-emergência da cultura (PEREIRA et al., 2008). Atualmente, a maioria dos agricultores realiza três aplicações do produto por ciclo da soja (NOHATTO, 2010). Essa prática, aliada a outros manejos inadequados nas lavouras, desencadearam uma intensificação da seleção de plantas daninhas em sistemas de cultivo agrícolas. A seleção intraespecífica de plantas daninhas resulta em biótipos resistentes. A interespecífica resulta em mudança da flora para espécies mais tolerantes.

A resistência de populações de plantas daninhas a herbicidas é, atualmente, uma das principais dificuldades enfrentadas pelo setor agrícola ao nível mundial. Em todo o Brasil, existem milhões de hectares infestados com biótipos de azevém e buva resistentes ao glyphosate, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo (BIANCHI et al., 2008). No Brasil, a seleção de espécies de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate em lavouras de soja é uma preocupação crescente, especialmente para sojicultores que desenvolvem a cultura em grandes áreas, pois a utilização de herbicidas é mais intensiva do que em pequenas áreas de lavoura (CHRISTOFFOLETI et al., 2008).

Desde a introdução de cultivares geneticamente modificadas resistentes ao glyphosate, na cultura da soja, têm ocorrido a seleção de espécies tolerantes a este herbicida, como a trapoeraba (*Commelina* spp.), corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), erva-quente (*Borreria latifolia*), entre outras. Esse fenômeno também ocorre em outros locais do mundo, em espécies tais como *Ambrosia artemisiifolia* e *Sesbania exaltata*, entre outras.

A tolerância é uma característica intrínseca da planta que a acompanha antes mesmo da aplicação do herbicida em uma área é uma habilidade de sobrevivência da planta para garantir sua reprodução após o tratamento com

herbicida. Outros fatores, como estágio de desenvolvimento, condições climáticas antes, durante e após a aplicação afetam a tolerância das culturas e plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI et al., 2008).

Contudo, a capacidade de sobrevivência e reprodução, após exposição a uma dose de herbicida considerada letal para o biótipo selvagem da planta, é denominada resistência. E pode ocorrer naturalmente, através da seleção ou ser induzida por técnicas de engenharia genética ou seleção de variantes produzidas por culturas de tecidos ou mutagênese (HEAP, 2006).

A tolerância de plantas daninhas aos herbicidas está disseminada do Norte ao Sul do Brasil (GALON et al., 2013). Em lavouras de soja da região Sul do país, espécies pertencentes às famílias Convolvulaceae, Rubiaceae e Commelinaceae são as que apresentam maior importância dentre as tolerantes ao herbicida glyphosate. Há fortes indícios que a dose necessária para controlar determinadas populações tolerantes esteja se deslocando para um patamar superior, resultado de processo de seleção em que indivíduos que toleram doses mais elevadas, sobrevivem e indivíduos mais sensíveis são eliminados.

Nas áreas infestadas com espécies tolerantes é frequente a utilização de doses de herbicidas acima da recomendada (GALON et al., 2013), gerando impacto negativo às espécies cultivadas, indicando que o processo de seleção referido acima está em curso e também forte impacto ambiental, à saúde humana e demais animais. O incremento de doses de herbicidas para controlar populações tolerantes, que tem sido observado em lavouras de diversas regiões do Brasil reflete, provavelmente, o acúmulo de genes que conferem maior tolerância em biótipos.

Há vários exemplos na literatura demonstrando que a tolerância de plantas daninhas ao glyphosate se deve à absorção ou translocação diferencial do herbicida (WESTWOOD et al., 1997; SANDBERG et al., 1980; SATICHIVI et al., 2000; CHACHALIS et al., 2001; MONQUERO et al., 2004; FERREIRA et al., 2006; MOREIRA et al., 2007). Já a metabolização diferencial de glyphosate é frequentemente detectada em espécies cultivadas, como soja (*Glycine max* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), milho (*Zea mays* L.), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) e ervilha (*Pisum sativum*) (RUEPPEL et al., 1977; KOMOBA, et al., 1992; UOTILA et al.,

1995; CHRISTOFFOLETI et al., 2000), porém, para a espécie invasora *Commelina benghalensis*, Monqueiro et al. (2004) observaram que tanto a absorção quanto a metabolização diferencial foram determinantes para a tolerância da referida espécie.

O herbicida deve atingir a folha para, posteriormente, ser absorvido. A interceptação da gota pela folha depende do efeito que o ambiente gera sobre a gota, da densidade de plantas invasoras, da disposição das folhas e de qual superfície da folha foi atingida (VIDAL, 2002). Quando a gota de herbicida atinge a região abaxial (de baixo) das folhas a absorção é maior do que quando ocorre pela parte adaxial (de cima) das folhas. As características mais importantes que diferenciam estas duas partes das folhas são, a espessura da cutícula e a quantidade de estômatos (VIDAL, 2002). O ingrediente ativo deve migrar através de barreiras até atingir o apoplasto e, finalmente, penetrar nas células da planta (DEVINE et al., 1993). Alternativamente, pode penetrar nos estômatos até atingir as células do mesófilo, (EICHERT; BURKHARDT, 2011). Este fenômeno é governado por características físicas e químicas do herbicida, bem como por outras externas, como o ambiente ou internas da planta.

A translocação (transporte desde a entrada até um ou mais órgãos específicos) é uma característica que permite que o herbicida atinja partes da planta que não foram tratadas, sendo chamados de “herbicidas sistêmicos”, que são transportados através do xilema e floema (MENENDEZ; ROJANO-DELGADO ; PRADO, 2014).

A família Rubiaceae abrange duas importantes espécies invasoras, sendo elas a erva quente (*Borreria latifolia*), frequente nas regiões Oeste, Centro-Oeste e Sul do Brasil, com maior incidência nas culturas anuais (KISSMAN; GROTH, 1992), e a poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), uma das principais infestantes da América do Sul, com elevadas densidades populacionais, causando prejuízo aos agricultores (ROSSETTO et al., 1997).

Espécies dos gêneros *Borreria* (sin. *Spermacoce*) e *Richardia*, apresentam grande importância na região Sudoeste do Paraná, especialmente em áreas cultivadas com a soja. *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum. e *Richardia brasiliensis* Gomes são encontradas de forma generalizada nessa região. Baseando-se em informações empíricas de técnicos e agricultores, as espécies citadas

apresentam respostas distintas a características do ambiente. A presença de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* é mais comum em solos sem problemas de drenagem e ácidos.

Embora as espécies *Rubiaceae* referidas acima sejam consideradas tolerantes ao herbicida glyphosate, há informações que algumas populações de *B. latifolia* não são controladas mesmo com doses muito elevadas deste herbicida.

Determinar os mecanismos fisiológicos responsáveis pela maior tolerância de alguns biótipos para cada espécie em relação a outros é importante pois permite investigar estratégias que tornem o controle mais eficiente.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Determinar se a absorção e translocação são mecanismos fisiológicos importantes para explicar diferenças de tolerância ao glyphosate entre biótipos das espécies *Richardia brasiliensis* e *Borreria latifolia*.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Determinar a existência de diferenças de absorção de  $^{14}\text{C}$ -glyphosate entre biótipos das espécies *Richardia brasiliensis* e *Borreria latifolia* com distinta tolerância ao glyphosate.
- Determinar a existência de diferenças de translocação de  $^{14}\text{C}$ -glyphosate entre biótipos das espécies *Richardia brasiliensis* e *Borreria latifolia* com distinta tolerância ao glyphosate.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES DANINHAS RUBIACEAE

A família Rubiaceae é uma das maiores famílias de angiospermas, com 650 gêneros e aproximadamente 13.000 espécies a nível mundial (DELPRETE, 1999). No Brasil, esta família compreende cerca de 130 gêneros e 1.500 espécies distribuídas em formações vegetais diferentes, com uma grande ocorrência na Mata Atlântica (SOUZA; LORENZI, 2005).

O Brasil é um país que possui grande diversidade de espécies *Rubiaceae* nativas ou introduzidas, muitas apresentam alto valor econômico como cafeeiro, ipecacuanha (medicinal), gardênia (ornamental), entre outras. Por outro lado, muitas apresentam aspectos negativos, como plantas infestantes (KISSMANN; GROTH, 1995).

Espécies infestantes da família *Rubiaceae* pertencentes aos gêneros *Borreria* (*Spermacoce*) e *Richardia*, apresentam grande importância na região Sudoeste do Paraná, especialmente em áreas cultivadas com a soja. As espécies *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum. e *Richardia brasiliensis* Gomes são encontradas de forma generalizada na região.

A espécie *Borreria latifolia* é planta nativa no Brasil, ocorrendo com maior intensidade nas regiões Sudeste, Centro-oeste, Sul e também Norte (KISSMANN; GROTH, 1995). A propagação se dá via sementes, é uma espécie herbácea, anual, que se desenvolve em todo o país, vegetando em áreas ocupadas por lavouras anuais e/ou perenes (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010). Essa espécie possui nítida preferência por solos pobres e ácidos e tolera um certo grau de sombreamento, competindo, assim, com a cultura durante todo o ciclo (LORENZI, 2008).

## 3.2 MECANISMOS DE TOLERÂNCIA EM PLANTAS DANINHAS

Existem diversos mecanismos que podem conferir tolerância aos herbicidas em plantas daninhas, podendo influenciar negativamente a ação destes compostos. Destacam-se a menor absorção e/ou translocação do produto, maior metabolização a substâncias menos fitotóxicas, compartimentalização das moléculas intactas, falta de afinidade do herbicida pelo sítio de ação específico, além de super produção da enzima-alvo (SILVA et al., 2007).

O herbicida glyphosate é aplicado em pós-emergência e, para que seja eficiente, é necessário que ocorra a retenção da molécula na superfície e posterior penetração foliar, translocação na planta até o sítio de ação e a inibição da enzima-alvo enolpiruvilchiquimato-P-sintase (EPSPs) (KIRKWOOD; MCKAY, 1994).

### 3.2.1 Absorção

Para garantir a eficiência de um herbicida controlar plantas daninhas é de suma importância que ocorra a penetração do mesmo nos tecidos vegetais (PROCÓPIO et al., 2003). Herbicidas aplicados em pós-emergência, como o glyphosate, penetram nas plantas através de estruturas aéreas, como folhas, caule, frutos e flores (SILVA et al., 2007), sendo a absorção foliar o passo mais importante para que ocorra interação do herbicida com os processos metabólicos da planta (PROCÓPIO et al., 2003).

Possíveis alterações na absorção de herbicidas podem estar relacionadas com as características morfo-anatômicas das espécies daninhas, englobando a parte aérea e o sistema radicular, dependendo da via preferencial de absorção. A espessura da cutícula das folhas e a sua composição química, podem influenciar a penetração de certos herbicidas. Características do herbicida como  $K_{ow}$  (coeficiente de partição octanol/água) e a constante de dissociação ( $pK_a$ ) também são capazes de influenciar sua absorção e translocação (SILVA et al., 2007). A polaridade dos herbicidas é importante para o conhecimento da rota de absorção dos mesmos. Herbicidas apolares são absorvidos pela rota lipofílica,



entretanto, os herbicidas polares, pela rota hidrofílica. A presença de água, além de favorecer a rota hidrofílica atua, também, na rota lipofílica, pois quando a parede celular composta por pectina e celulose é hidratada, ocorre o afastamento das placas de ceras, permitindo, assim, maior permeabilidade e conseqüentemente maior absorção do herbicida (SILVA et al., 2000).

A membrana cuticular é composta por uma camada de ceras epicuticulares, ceras embebidas, cutinas, pectinas e celulose. As ceras epicuticulares podem atuar como principal barreira à penetração de produtos químicos (LIAKOPOULOS; STAVRIANOKOU; KARABOURNIOTIS, 2001). Estas, assim como as cuticulares contêm longas cadeias de alcanos, porém em pequenas porcentagens e outras substâncias como alcoóis, aldeídos, ácidos graxos e cetonas (HESS; CHESTER, 2000). A composição química das ceras epicuticulares é variável entre os distintos grupos filogenéticos, podendo apresentar diferenças na composição dentro dos mesmos grupos, espécies, ou entre os estádios de desenvolvimento de um mesmo indivíduo e também por condições ambientais (MONQUERO et al., 2005).

As ceras epicuticulares apresentam suma importância na absorção dos herbicidas. Devido a isso, vários trabalhos relatam que a quantidade e composição das ceras epicuticulares podem ser a principal barreira de absorção e subsequente translocação de herbicidas aplicados na folhagem de plantas daninhas (HATTERMAN-VALENTI et al., 2006).

Em estudo anatômico realizado com as espécies *Galinsoga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*, Procópio et al. (2003) observaram que *C. incana* apresentou como principal obstáculo foliar potencial à penetração de herbicidas a alta deposição de cera epicuticular, já em *I. cairica* a grande espessura da cutícula e baixa densidade estomática na face adaxial, além da deposição de cera epicuticular foram os prováveis obstáculos constatados à penetração de herbicidas.

Em estudo realizado para avaliar a absorção e translocação de glyphosate em *Ipomoea lacunosa*, *Echinochloa crus-galli* e *Sida spinosa*, Norsworthy et al. (2001) verificaram que apenas 6% do glyphosate aplicado nas folhas de *I. lacunosa* foi absorvido 48 horas após o tratamento (HAT), enquanto que em *E. crus-*

*galli* e *S. spinosa* absorveram 33 e 22%, respectivamente, sugerindo que a tolerância ao glyphosate seja devido a absorção limitada desse herbicida.

### 3.2.2 Translocação

Após a absorção, os herbicidas necessitam atingir os locais de ação para exercer sua atividade herbicida. O caminho a ser percorrido pode ser pequeno para herbicidas de contato, ou longo para herbicidas sistêmicos que são translocados pelo apoplasto e simplasto (VIDAL, 2002). A translocação representa um processo essencial para a eficácia do herbicida (WANAMARTA; PENNER, 1989).

O glyphosate apresenta mobilidade no floema, seguindo a rota dos assimilados oriundos da fotossíntese, proveniente das folhas fotossinteticamente ativas (fonte) em direção às partes das plantas em crescimento (dreno), para manutenção do metabolismo e/ou formação de produto de reserva, das raízes, dos tubérculos, das folhas jovens e de zonas meristemáticas (HETHERINGTON et al., 1998). Portanto, a absorção, translocação e metabolização do herbicida podem afetar a sensibilidade de uma planta, pois este necessita atingir o sítio de ação numa concentração adequada para apresentar eficiência.

Em espécies daninhas, a translocação reduzida é uma causa importante do controle insatisfatório que traz como consequência a inabilidade do herbicida em alcançar o local de ação, após ter penetrado na planta. Geralmente existem diferenças marcantes de translocação entre herbicidas e, para um mesmo produto, há diferenças entre espécies de plantas (AGOSTINETTO; VARGAS, 2009).

Em estudo realizado com o objetivo de caracterizar a absorção foliar, translocação e a metabolização do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate em *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus*, Monquero et al. (2004) observaram que o mecanismo de tolerância de *C. benghalensis* ao glyphosate foram a absorção diferencial e a metabolização do herbicida pela planta. Em *I. grandifolia* a tolerância ocorreu devido a uma menor translocação do herbicida, não havendo evidências de metabolização diferencial do herbicida por esta planta daninha.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram realizados nas dependências do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, no Campos Luiz de Queiroz, Piracicaba Universidade de São Paulo, um para cada espécie da família *Rubiaceae* (*Borreria latifolia* e *Richardia brasiliensis*).

As plantas foram cultivadas em casa de vegetação nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco e, quando atingiram estágio fenológico de aplicação de 4 a 6 folhas totalmente expandidas, foram transferidas para a Universidade de São Paulo. As análises laboratoriais foram realizados no Laboratório de Ecotoxicologia – CENA/USP.

Os estudos foram desenvolvidos em delineamento inteiramente casualizados com três repetições, organizado em esquema fatorial (períodos x biótipos), em que cada planta representou uma parcela experimental. Os períodos de avaliação foram 2, 8, 24, 48 e 72 horas após aplicação (HAA) com o herbicida, com 15 plantas por biótipo, no total de 30 plantas para os dois biótipos de cada espécie daninha utilizada. Em cada experimento foram analisados um biótipo considerado tolerante e outro sensível ao glyphosate, de acordo com valores de  $C_{50}$  estimado anteriormente, através da investigação de resposta a doses de glyphosate em 14 biótipos de *B. latifolia* e 11 biótipos de *R. brasiliensis* coletados em lavouras de soja transgênica ou em locais sem pressão de seleção por glyphosate. As localizações das áreas onde foram coletadas as sementes e os principais esquemas de sucessão de culturas e herbicidas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Identificação e características dos locais em que foram coletadas as sementes dos biótipos tolerante e suscetível ao glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2016.

Espécie	Resposta ao glyphosate	Localização	Sist. de sucessão de culturas	Emprego de herbicidas
<i>B. latifolia</i>	Tolerante	Renascença – PR (277)	<sup>1</sup> Soja/Soja <sup>2</sup> Trigo/Soja	Dessecação: Glyphosate Pós emergência: Glyphosate (soja) e metsulfuron (trigo)
	Suscetível	São Paulo – SP	-	-
<i>R. brasiliensis</i>	Tolerante	Pato Branco – PR (283)	<sup>1</sup> Soja/Soja <sup>2</sup> Trigo/Soja	Dessecação: Glyphosate Pós emergência: Glyphosate (soja) e metsulfuron (trigo)
	Suscetível	São Paulo – SP	-	-

<sup>1</sup>Safra/safrinha <sup>2</sup>Sucessão inverno/verão

As sementes de *B. latifolia* sofreram tratamento de superação de dormência antes da semeadura, com calor seco a 60 °C por 30 minutos e imersão em nitrato de potássio (2%) por 3 horas. Logo em seguida, as sementes de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* foram alocadas em gerbox e colocadas em condições ideais para germinação em BOD. Conforme foram germinando, as mesmas foram transplantadas para vasos com capacidade de 500 mL, preenchidos por solo peneirado e deixados em casa de vegetação em condições controladas.

Quando as plantas atingiram entre 4 e 6 folhas totalmente expandidas, procedeu-se com a aplicação do glyphosate marcado com carbono 14 no radical fosfometil, apresentando atividade específica de 537,4 MBq mmol<sup>-1</sup> e 96,81% de pureza. A solução herbicida foi composta por uma mistura de <sup>14</sup>C-glyphosate + padrão analítico, na concentração de 360 g de glyphosate (equivalente ácido) em 200 L ha<sup>-1</sup>. Essa solução foi aplicada na face adaxial do último par de folhas totalmente expandidas, sob a forma de dez gotas de 1,0µL por folha, totalizando 20 gotas por planta com auxílio de um microaplicador (Hamilton PB6000 Dispenser, Hamilton Co. EUA).

Após o término de cada período de leitura, procedeu-se o corte das folhas tratadas para parar o processo de translocação para o restante da planta. As folhas tratadas foram colocadas dentro de um funil disposto sobre frasco de cintilação e lavadas com 1 mL (lavadas 3 vezes com o auxílio de uma pipeta calibrada de 1000  $\mu$ L) de uma solução de metanol a 80%, a fim de eliminar o herbicida não absorvido.

Do líquido proveniente dessa lavagem, foi retirada uma alíquota de 500  $\mu$ L e misturada com 10  $\mu$ L de líquido de cintilação para, posteriormente realizar a análise da radioatividade dessa mistura, através de espectrometria de cintilação líquida (ECL) (Packard 1900 TR). Após cada período de avaliação, as plantas foram lavadas para remoção de todo o solo de suas raízes, e confeccionadas excicatas secas a 40 °C até atingir massa constante. Posteriormente, foram submetidas a combustão em oxidador biológico (OX 600 Harvey Instruments) para posterior quantificação da radioatividade através de ECL e determinado a translocação em cada parte da planta.

Através dessa metodologia foi possível determinar a absorção do herbicida pela porcentagem da radioatividade presente no interior da planta (folhas tratadas, folhas acima, folhas abaixo das tratadas, caule e raíz) em relação a radioatividade total recuperada (líquido de lavagem + radioatividade no interior da planta). Para análise dos dados de absorção, total translocado e distribuição de glyphosate radiomarcado ( $^{14}$ C-glyphosate) em cada parte da planta foram calculadas as médias das três repetições, junto aos respectivos desvios-padrões.

## 5 RESULTADOS E DISCUSÃO

A análise da variância indicou a interação entre os fatores biótipos x horários de avaliação para todas as variáveis analisadas, exceto para a variável folha abaixo das folhas tratadas, em que apenas o fator biótipos apresentou significância.

A absorção (%) e o total translocado (%) em 2 HAA foram inferiores nos biótipos de *R. brasiliensis* (Fig. 1 A e B) quando comparado com os biótipos de *B. latifolia* (Fig. 3 A e B).

### 5.1 RICHARDIA BRASILIENSIS

Os parâmetros das equações ajustadas para a absorção e translocação de glyphosate em *R. brasiliensis* encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros das equações e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as variáveis absorção e total translocado em resposta a períodos de avaliação de glyphosate radiomarcado em biótipos de *R. brasiliensis* e *B. latifolia* com respostas contrastantes ao glyphosate. UTFPR Campus Pato Branco, 2016.

Variável	Espécie	Biótipo	Parâmetro equação				$R^2$
			a	b	x0	y0	
Absorção	<i>R. brasiliensis</i>	283 <sup>2</sup>	65,77	2,86	14,62	29,86	0,99
		São Paulo <sup>2</sup>	61,49	2,65	14,02	36,94	0,99
	<i>B. latifolia</i>	277 <sup>1</sup>	87,33	3,82	0,79	-	0,89
		São Paulo <sup>1</sup>	96,71	2,61	1,20	-	0,99
Total translocado	<i>R. brasiliensis</i>	283 <sup>2</sup>	10,32	3,13	16,26	0,62	0,95
		São Paulo <sup>2</sup>	18,57	7,27	19,90	1,34	0,98
	<i>B. latifolia</i>	277 <sup>1</sup>	20,59	3,32	80,90	-	0,97
		São Paulo <sup>1</sup>	55,68	115,50	31,64	-	0,82

<sup>1</sup>Equação logística de três parâmetros. <sup>2</sup>Equação logística de quatro parâmetros. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, C<sub>50</sub>= Período (horas) que proporciona 50% de absorção, y0=média da resposta sob período elevado.

O biótipo classificado como sensível (São Paulo) absorveu mais <sup>14</sup>C-glyphosate (média de 75%) que o tolerante (283) (média de 70%) (Fig. 1 A). Após 8

HAA, ambos os biótipos (sensível e tolerante) sofreram um aumento de aproximadamente 50% na absorção do glyphosate radiomarcado.

A partir de 24 HAA (Fig. 1 B), observou-se maior translocação no biótipo sensível, totalizando 12 e 18% no período de 72 HAA. Em ensaios semelhantes, Monquero et al. (2004) relataram que após a aplicação de 4 gotas do 0,5µL de uma solução contendo 720 g e. a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate e sendo avaliado 72 HAA, a taxa de translocação (parte aérea, caule e raiz) para as espécies: *Amaranthus hybridus*, *Ipomoea grandifolia* e *Commelina benghalensis* foi de 25, 11,4 e 26,8%, respectivamente.

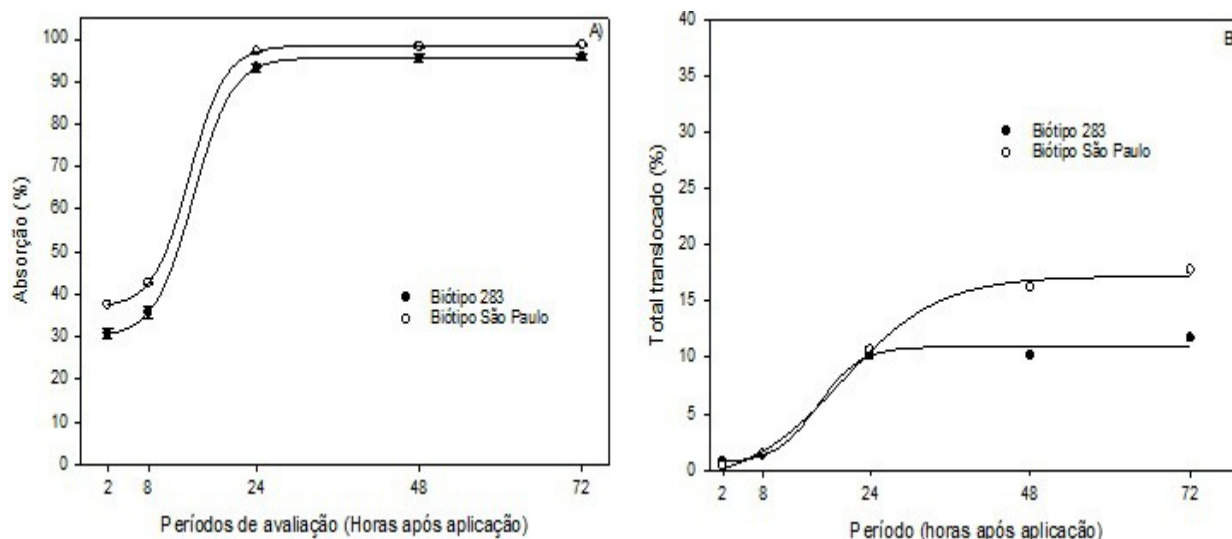


Figura 1 – Absorção (A) e total translocado (B) para biótipos de *R. brasiliensis* em resposta a aplicação de glyphosate radiomarcado.

A maior parte do herbicida absorvido ficou depositada na folha tratada (Fig. 2 A, B, C, D e E), com diferenças de translocação entre os biótipos apenas nas avaliações efetuadas 48 e 72 HAA (Fig. 2 D e E). Nestes períodos, houve diferenças significativas nas translocações apenas para caule, sendo que o biótipo sensível apresentou maior translocação em ambos os períodos, as 72 HAA atingiu-se 6,8% e 14% de translocação no caule para biótipo com maior tolerância e mais sensível, respectivamente. Em avaliações com biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) considerados sensíveis e resistentes, Ferreira et al. (2006), relatou que após a

aplicação de glyphosate radiomarcado, sob dosagem de 800 g ha<sup>-1</sup> e. a., a velocidade de absorção foi semelhante para os dois biótipos, que mais de 50% da absorção ocorreu nas primeiras 8 HAA, e a maior retenção de glyphosate foi observada na folha tratada do biótipo resistente (81,64%) do total de herbicida absorvido até 64 HAA.



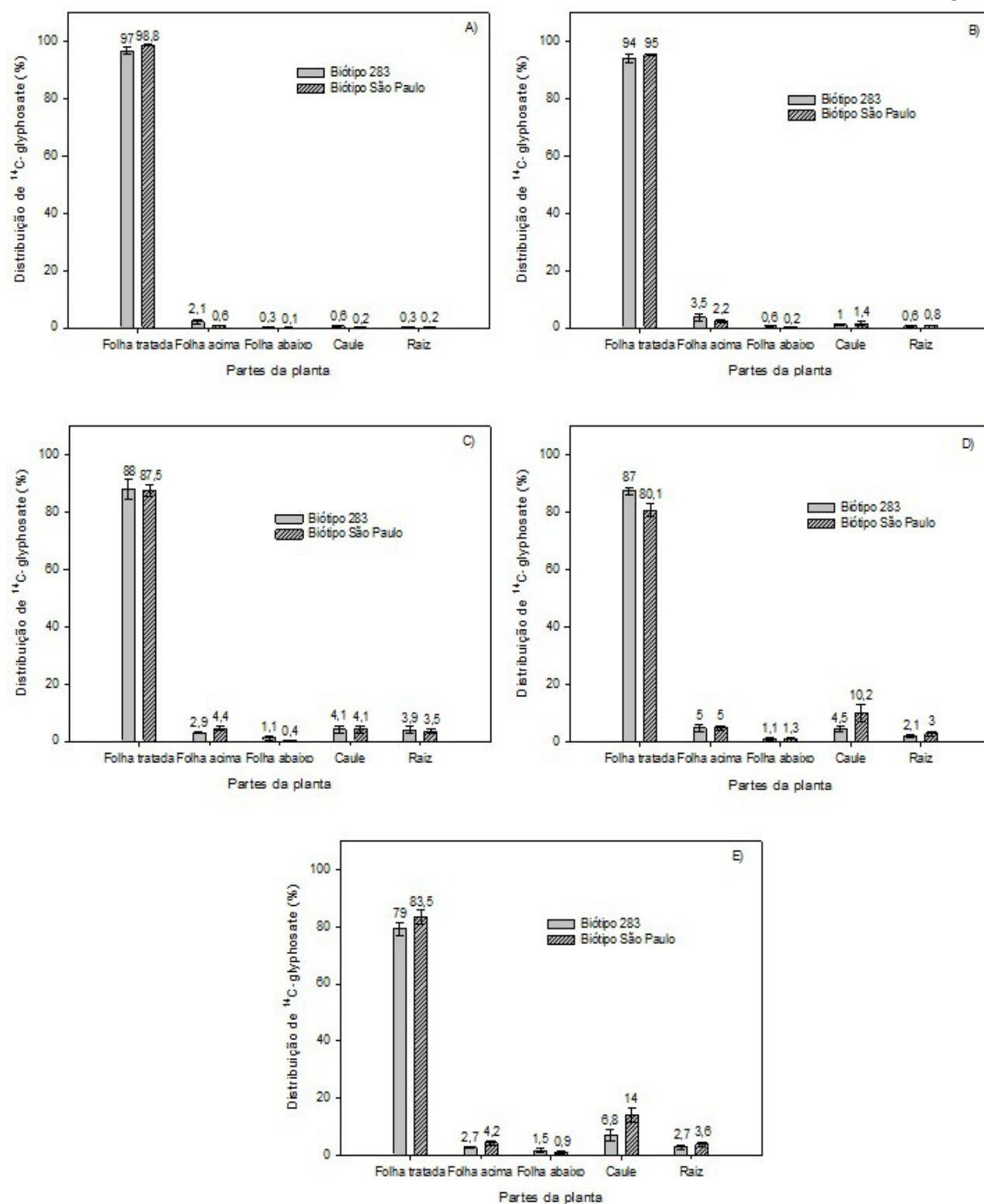


Figura 2 – Distribuição de glyphosate radiomarcado em biótipos de *R. brasiliensis* no período de 2 (A), 8 (B), 24 (C), 48 (D) e 72 (E) horas após a aplicação (HAA).

## 5.2 BORRERIA LATIFOLIA

Os parâmetros das equações ajustadas para a absorção e translocação de glyphosate em *B. latifolia* encontram-se na Tabela 2.

Houve menor absorção no biótipo 277 (maior tolerância) a partir de 2 HAA, entretanto, no período de 72 HAA não se evidenciou diferença significativa na absorção entre os dois biótipos com respostas contrastantes ao glyphosate (Fig. 3 A). A maior porcentagem de translocação foi observada no biótipo sensível, atingindo 32%, enquanto o biótipo considerado tolerante translocou somente 12% do glyphosate radiomarcado. Para o biótipo 277, observou-se uma ligeira queda na translocação de 2 HAA até 72 HAA (Fig. 3 B), o que pode ser considerado indício da exsudação do herbicida.

Observações realizadas em condições experimentais e em diferentes culturas têm evidenciado porcentagens de absorção foliar do glyphosate distintas, variando de 6 a 70% (REDDY, 2000; SATICHIVI et al., 2000; SHARMA & SINGH, 2001; PLINE et al., 2001).

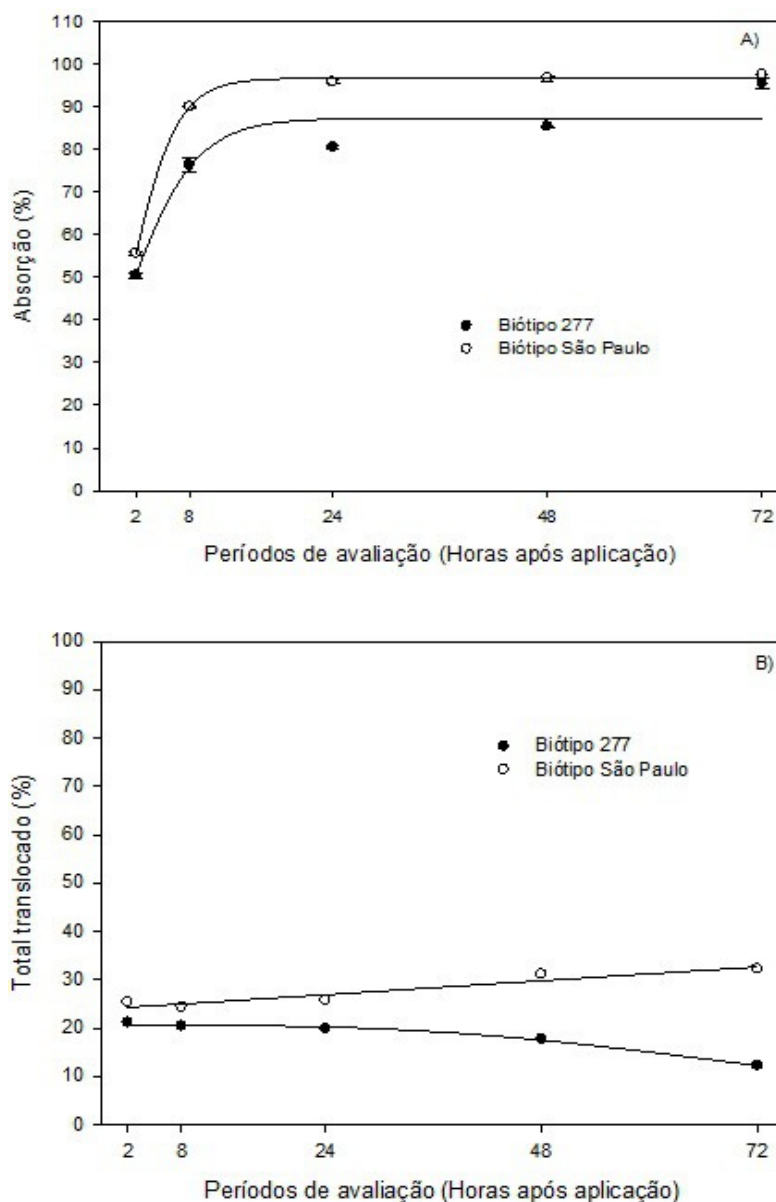


Figura 3 – Absorção (A) e total translocado (B) para biótipos de *B. latifolia* em resposta a aplicação de glyphosate radiomarcado.

Para ambos os biótipos de *B. Latifolia*, evidenciou-se que a maior parte do glyphosate radiomarcado aplicado não translocou através das partes da planta, concentrando-se principalmente na que recebeu a aplicação (Fig. 4 A, B, C, D e E). Fato também observado em folhas de *L. multiflorum* por Ferreira et al. (2006), porém, houve menor translocação no biótipo resistente em relação ao sensível.

Maior retenção de glyphosate na folha de biótipo resistente de *Lolium rigidum* também foi relatada por Lorraine-Colwill et al. (2002) que observaram,

também, maior acúmulo de  $^{14}\text{C}$ -glyphosate nas pontas das folhas tratadas do biótipo resistente de *L. rigidum*, em comparação ao biótipo sensível.

Houve diferença significativa na translocação pelas partes da planta apenas no último período de avaliação (72 HAA) (Fig. 4 E). Observou-se menor concentração do herbicida na folha tratada no biótipo sensível em relação ao tolerante, 88 e 95%, respectivamente (Fig. 4 E), corroborando com a maior translocação na folha acima da tratada para o biótipo mais sensível comparado com o mais tolerante, atingindo 7,2 e 2,4%, respectivamente. A movimentação do glyphosate está associado aos hidratos de carbono que lideram a distribuição do herbicida na planta, pois ocorre maior acúmulo desse herbicida nos ápices e em raízes (MCALLISTER; HADERLIE, 1985).

Dessa forma, a translocação é um processo essencial para a boa eficácia do herbicida (WANAMARTA; PENNER, 1989), mas para que ele consiga expressá-la, é dependente de processos como a retenção do herbicida na superfície foliar, bem como a penetração foliar e posterior translocação (KIRKWOOD; MCKAY, 1994). Algumas plantas têm a capacidade de desenvolver estratégias para evitar o contato com o herbicida através de sua superfície foliar. As ceras epicuticulares podem ser uma dessas estratégias, haja visto que esta barreira física pode interromper o contato do herbicida com a folha, prejudicando, dessa maneira, a sua ação e eficiência.

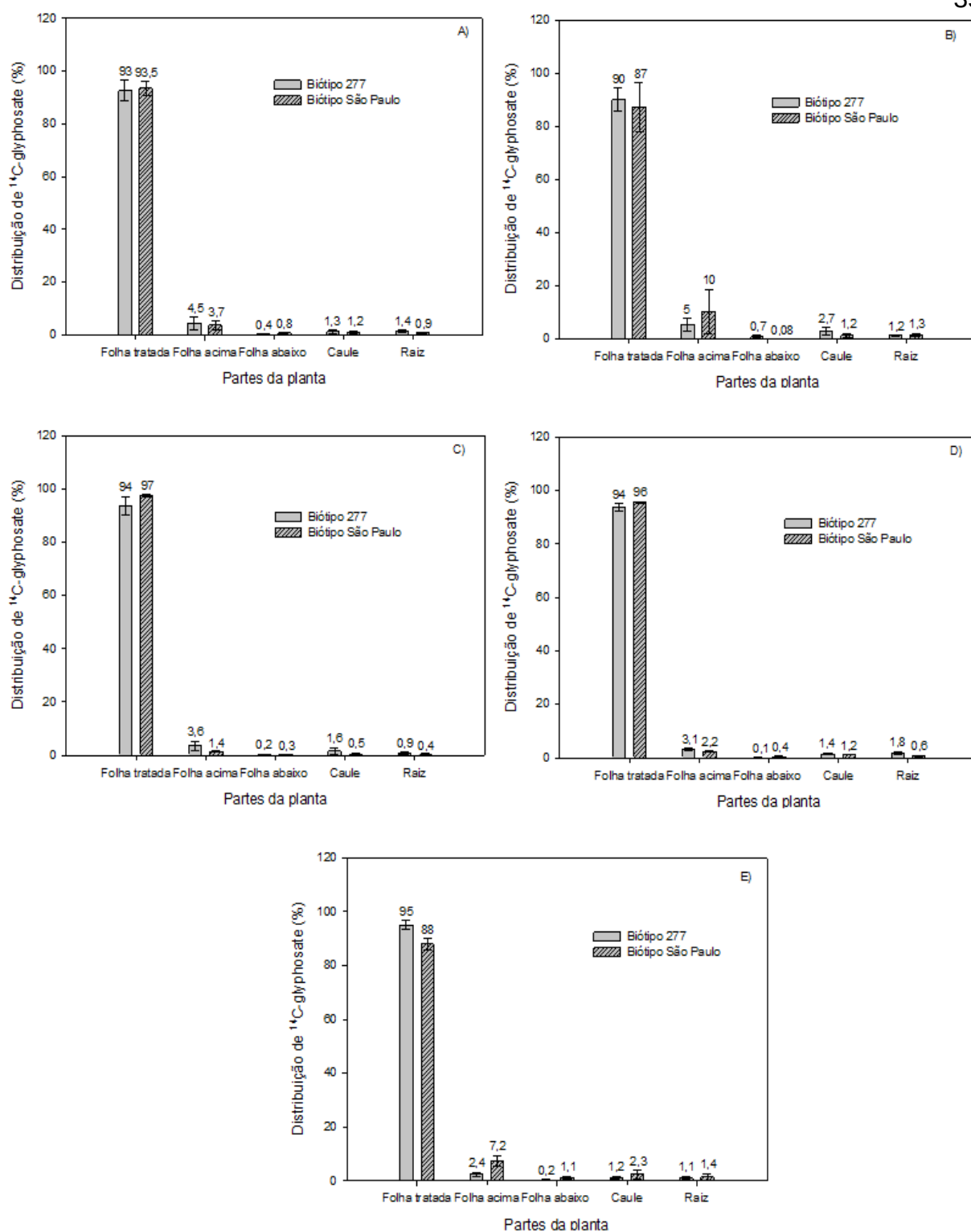


Figura 4 – Distribuição de glyphosate radiomarcado em biótipos de *B. latifolia* no período de 2 (A), 8 (B), 24 (C), 48 (D) e 72 (E) horas após a aplicação (HAA).

## 6 CONCLUSÕES

A absorção do glyphosate foi um pouco inferior nos biótipos considerados tolerantes (283 e 277), desde a avaliação efetuada 2 HAA, tanto em *Richardia brasiliensis* quanto em *Borreria latifolia*.

Para as espécies estudadas, ambos os biótipos considerados mais tolerantes ao herbicida radiomarcado, apresentaram maior retenção deste na folha onde ocorreu aplicação, ou seja, houve menor translocação na planta.

A espécie *B. latifolia* apresentou maior absorção e translocação (%) do que a espécie *R. brasiliensis*, após 2 HAA.

A translocação do herbicida no biótipo considerado sensível de *R. brasiliensis* deslocou-se a um patamar superior comparado ao biótipo com maior tolerância a partir de 24 HAA.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises realizadas comprova-se a hipótese inicial desse trabalho, da existência de diferenças de absorção e translocação de glyphosate entre biótipos de espécies rubiáceas sob distintas condições de pressão de seleção pelo herbicida. Em geral, os resultados entre os biótipos indicam maiores diferenças de translocação do que de absorção. Portanto, a maior dificuldade de controlar os biótipos tolerantes podem ser, em parte, explicadas pela translocação inferior do herbicida nas plantas. Não está descartada, no entanto, a possibilidade de existência de outros mecanismos de tolerância responsáveis pela tolerância diferencial. Para a espécie *Borreira latifolia* os resultados indicam a possibilidade que as plantas tolerantes estejam exsudando glyphosate pelo sistema radicular. Este e outros mecanismos, como a possibilidade de metabolização da molécula para formas menos tóxicas merecem investigação mais profunda, com a finalidade de esclarecer de forma mais completa os mecanismos envolvidos.

**REFERÊNCIAS**

AGOSTINETTO, DIRCEU; VARGAS, LEANDRO;. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier. p. 37- 67, 2009.

BIANCHI, MARCO A.; VARGAS, LEANDRO; RIZZARDI, MAURO A.; Manejo e controle de plantas daninhas resistentes ao glifosato no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26., Ouro Preto, 2006. **Palestras...** Sete Lagoas: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 223-231, 2008.

CHACHALIS, DEMOSTHENIS, REDDY, KRISHNA N.; ELMORE, C D.; Characterization of leaf surface, wax composition, and control of redvine and trumpetcreeper with glyphosate. **Weed Science** v.49 p.156–163, 2001.

CHRISTOFFOLETI, PEDRO J.; MEDEIROS, DANIEL; MONQUERO, PATRÍCIA A.; PASSINI, TELMA. **Plantas daninha À cultura da soja: controle químico e resistência a herbicidas**. In: Gil Miguel de Souza Câmara. (Org.). Soja: tecnologia de produção II. 1 ed. Piracicaba: Autor, 2000, v. 1, p. 179-202.

CHRISTOFFOLETI, PEDRO J.; GALLI, ANTONIO J. B.; CARVALHO, SAUL J. P.; MOREIRA, MURILO S.; NICOLAI, MARCELO; FOLONI, LUIZ L.; MARTINS, BIANCA A. B.; RIBEIRO, DANIELA N.; Glyphosate sustainability in South America cropping systems. **Pest Management Science**, v. 64, p. 422-427, 2008.

DELPRETE, PIERO 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.

EICHERT, THOMAS; Burkhardt Jürgen; Journal of **Experimental Botany**. 2001, 52, 771–781.

FERREIRA, E. A. et al. Translocação do glyphosate em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta daninha**, Viçosa , v. 24,n. 2,p. 365-370, 2006 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582006000200021&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582006000200021&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03 Maio 2016.

FERREIRA, CÉLIA R. R. P. T.; CAMARGO, MARIA DE LOURDES B.; VEGRO, CELSO L. R. Defensivos Agrícolas: vendas batem novo recorde em 2012 e segue em ritmo forte em 2013. Disponível em:< <http://www.iea.sp.gov.br/out//LerTexto.php?codTexto=12700>>. Acesso em 29 de abril, 2016.

FERREIRA, EVANDER A. F.; CONCENÇO, GERAMNI; VARGAS, LEANDRO; SILVA, ANTONIO A. Manejo de plantas daninhas tolerantes ou resistentes ao



glyphosate no Brasil. Capítulo 15, p. 357-400. In: VELINI, E. D.; MESCHEDÉ, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. Glyphosate. Editora Fepaf, 493 p., 2009.

GALON, LEANDRO et al. Glyphosate translocation in herbicide tolerant plants. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 193-201, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010083582013000100021&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010083582013000100021&script=sci_arttext)>. Acesso em: 30 de Abril, 2016.

HATTERMAN-VALENTI, HARLENE M.; PITY ABELINO; OWEN, MICHEAL D. K.; Effect of environment on giant foxtail (*Setaria faberi*) leaf wax and fluazifop-P absorption. **Weed Science**, v. 54(4) p. 607-614, 2006.

HESS, F. DAN.; CHESTER, L. FOY. Interaction of surfactants with plant cuticles. **Weed Technology**, v.14, p.807-813, 2000. Disponível em: <[http://www.wssajournals.org/doi/abs/10.1614/0890-037X\(2000\)014%5B0807%3AIOSWPC%5D2.0.CO%3B2](http://www.wssajournals.org/doi/abs/10.1614/0890-037X(2000)014%5B0807%3AIOSWPC%5D2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 28 de Abril, 2016.

HEAP, I.A. Criteria for confirmation of the herbicide-resistant weeds. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/in.asp>> Acesso em: 25 de julho, 2016.

HETHERINGTON, P. RICHARD. The absorption, translocation and distribution of the herbicide glyphosate in maize expressing the CP-4 transgene. **J. Exp. Bot.**, v. 50, p. 1567-1576, 1998. Disponível em: <<http://jxb.oxfordjournals.org/content/50/339/1567.short>>. Acesso em: 28 de Abril, 2016.

KIRKWOOD, RALPH. C.; MCKAY, IRENE; Accumulation and elimination of herbicides in select crop and weed species. **Pestic. Sci.**, v. 42, p. 241-249, 1994.

KISSMANN, KURT G.; GROTH, DORIS. Plantas Infestantes e Nocivas. 2. ed. São Paulo: Basf Brasileira, 1992. v. 3, 726 p.

KISSMANN, KURT G.; GROTH, DORIS; **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo II. São Paulo: Basf Brasileira S.A., 683 p., 1995.

KOMOBA, DIETER.; GENNITY INGRID; SANDERMANN, Heinrich.; Plant metabolism of herbicides with C-P bonds glyphosate. **Pesticide, Biochemistry and Physiology**, v. 43, p. 85-94, 1992. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004835759290022R>>. Acesso em: 27 de Abril, 2016.

LIAKOPOULOS, GEORGIOS; STAVRIANOKOU, SOTIRIA; KARABOURNIOTIS, GEORGE; Analysis of epicuticular phenolics of *Prunus persica* and *Olea europea* leaves, evidence for the chemical origin of the u.v. induced blue fluorescence of

stomata. **Annals of botany**, v. 87, p.641-648, 2001. Disponível em: <<http://aob.oxfordjournals.org/content/87/5/641.short>>. Acesso em: 27 de Abril, 2016.

LORRAINE-COLWILL, D. F. et al. Investigations into the mechanism of glyphosate resistance in *Lolium rigidum*. **Pest. Biochem. Physiol.**, v. 74, p. 62-72, 2002.

LORENZI, HARRI; **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 640 p., 2008.

MCALLISTER, R.; HABERLIE, L. L. Translocation of <sup>14</sup>C-Glyphosate and <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> – Labeled photoassimilates in Canada thistle (*Cirsium arvense*). **Weed Sci.**, v. 33, p. 153-159, 1985.

MENENDEZ, J.; ROJANO-DELGADO, M. A.; PRADO, R. de; **Differences in Herbicide Uptake, Translocation, and Distribution as Sources of Herbicide Resistance in Weeds in Retention, Uptake, and Translocation of Agrochemicals in Plants**. American Chemical Society, 2014. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-2014-1171.ch007>>. Acesso em: 28 de Abril, 2016.

MONQUERO, Patrícia A.; CHRISTOFFOLETI, Pedro J.; OSUNA M. D.; DE PRADO, R. A.; Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v. 22, p. 445-451, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582004000300015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582004000300015&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 25 Abril 2016

MONQUERO, PATRÍCIA A.; CURY, JULIANO C.; CHRISTOFFOLETI, PEDRO J.; et al. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 123-132, 2005. Disponível em: <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IisScript=SCBR.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=017865>>. Acesso em: 26 de Abril, 2016.

MOREIRA, M.S. et al. Resistência de *Coryza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. **Planta daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-164, Mar. 2007. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582007000100017&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582007000100017&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 25 Abril, 2016.

MOREIRA, HENRIQUE J. C.; BRAGANÇA, HORLANDEZAN B. N.; **Manual de identificação de plantas infestantes: cultivos de verão**. Campinas: FMC. 642 p., 2010.

NOHATTO, MARCOS A; **Resposta de *Euphorbia heterophylla* proveniente de lavouras de soja Roundup Ready® do Rio Grande do Sul ao herbicida**

**glyphosate**. 2010. 75f. Dissertação (Mestrado em Plantas Daninhas) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

NORSWORTHY, JASON K.; BURGOS, NILDA R.; OLIVER, LAWRENDE R.; Differences in weed tolerance to glyphosate involve different mechanisms. **Weed Technology**, v. 15, p. 725–731, 2001. Disponível em: <[http://www.wssajournals.org/doi/abs/10.1614/0890-037X\(2001\)015%5B0725%3ADIWTTG%5D2.0.CO%3B2](http://www.wssajournals.org/doi/abs/10.1614/0890-037X(2001)015%5B0725%3ADIWTTG%5D2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 26 de Abril, 2016.

OERKE, ERICH C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**. v. 144, p. 31 – 43, 2006. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=431724&fileId=S0021859605005708>>. Acesso em: 27 de Abril, 2016.

PELAEZ, VICTOR. Monitoramento do mercado de agrotóxicos. ANVISA e UTFPR. 2010. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/07ee7e0041d81501a0d9f5255d42da10/estudo\\_monitoramento.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/07ee7e0041d81501a0d9f5255d42da10/estudo_monitoramento.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em 20 Abril 2016.

PEREIRA, J. L. et al. Effects of glyphosate and endosulfan on soil microorganisms in soybean crop. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 825-830, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582008000400014&script=sci\\_arttext&tlng=](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582008000400014&script=sci_arttext&tlng=)>. Acesso em: 22 de Abril, 2016.

PLINE, W. et al. Absorption and translocation of glyphosate in glyphosate-resistant cotton as influenced by application method and growth stage. **Weed Sci.**, v. 49, p. 460-467, 2001. Disponível em:

PROCÓPIO, SERGIO O; SILVA, ELDO A. M.; SILVA, ANTÔNIO A.; FERREIRA, EVANDER A.; **Anatomia foliar das plantas daninhas do Brasil**. V.1. Viçosa: UFV., 117 p., 2003.

REDDY, K. Factors affecting toxicity, absorption, and translocation of glyphosate in redvine (*Brunnichia ovata*). **Weed Technol.**, v. 14, p. 457-462, 2000.

RODRIGUES, BENEDITO N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de Herbicidas**. 3ª ed. Londrina, 675 p., 1995.

ROSSETTO, RICARDO R.; PITELLI, ROBINSON L. C. M.; PITELLI, ROBINSON A. **Estimativa da área foliar de plantas daninhas: Poaia-branca**. **Planta Daninha**, v. 15, n. 1, p. 25-29, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v15n1/a03v15n1.pdf>>. Acesso em: 25 de Abril, 2016.

RUEPPEL, MELVIN L. et al. Metabolism and degradation of glyphosate in soil and water. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 25, p. 517-528, 1977. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf60211a018>>. Acesso em: 25 de Abril, 2016.

SANDBERG, C.L.; MEGGITT W. F.; PENNER D.; Absorption, translocation and metabolism of <sup>14</sup>C-glyphosate in several weed species. **Weed Research.**, v. 20, p. 195-200, 1980. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3180.1980.tb00068.x/abstract>>. Acesso em: 24 de Abril, 2016.

SATICHIVI, N. et al. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science.**, v. 48, p. 675-679, 2000. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1614/0043-1745%282000%29048%5B0675%3AAATOGI%5D2.0.CO%3B2>>. Acesso em: 23 de Abril, 2016.

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

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; Herbicidas: Classificação e mecanismos de ação. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Ed. UFV, Viçosa, MG., p. 83-148, 2007.

SILVA, A. A. et al. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 260p., 2000.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H; Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2005.

THEISEN, GIOVANI; RUEDELL, JOSÉ; **Tecnologia de Aplicação de Herbicidas**. Teoria e Prática. Cruz Alta, 90 p., 2004.

UOTILA, M. G.; GULLNER, G.; KOMIVES, T.; Induction of glutathione S-transferase activity and glutathione level in plants exposed to glyphosate. **Physiologia Plantarum**, v. 93, p. 689-694, 1995. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.1995.tb05118.x/abstract>>. Acesso em: 24 de Abril, 2016.

VIDAL, RIBAS. A. **Ação dos herbicidas**. 1ª ed. Porto Alegre. Evangraf. 89p., 2002.

WANAMARTA, G. D.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. **Weed Science.**, v. 4, p. 215-231, 1989. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9047852>>. Acesso em: 20 de Abril, 2016.

WESTWOOD, JAMES H. et al. Absorption and translocation of glyphosate in tolerant and susceptible biotypes of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Science**. v. 45, p. 658- 663, 1997. Disponível em: <[http://www.jstor.org/stable/4045890?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/4045890?seq=1#page_scan_tab_contents)>. Acesso em: 22 de Abril, 2016.