



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS ERECHIM  
CURSO DE AGRONOMIA**

**ALANA PRIGOL**

**IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE RESISTÊNCIA DE  
LEITEIRO (*Euphorbia heterophylla* L.) A HERBICIDAS INIBIDORES DE  
ALS E PROTOX**

**ERECHIM  
2014**

**ALANA PRIGOL**

**IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE RESISTÊNCIA DE LEITEIRO (*Euphorbia heterophylla* L.) A HERBICIDAS INIBIDORES DE ALS E PROTOX**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção de  
grau de Engenheiro(a) Agrônomo(a) da  
Universidade Federal da Fronteira Sul.  
Orientador: Prof. Dr. Leandro Galon

**ERECHIM  
2014**

ALANA PRIGOL

**IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE RESISTÊNCIA DE LEITEIRO (*Euphorbia heterophylla* L.) A HERBICIDAS INIBIDORES DE ALS E PROTOX**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Engenheiro(a) Agrônomo(a) da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Galon

Aprovado em: 14 / 07 / 2014

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Leandro Galon – UFFS  
(Presidente da Banca)



Prof. Dr. Altemir José Mossi – UFFS



Prof. M<sup>c</sup>. Gismael Francisco Perin – UFFS

Dedico este trabalho aos meus pais Moacir  
Luiz Prigol e Isaura T. Zanelato Prigol.  
Ao meu namorado Vando Dalanora.  
E a todos que contribuíram para realização do  
mesmo.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador professor Dr. Leandro Galon, pela orientação, apoio, paciência, ensino, respeito e dedicação.

A minha família, em especial aos meus pais Moacir e Isaura pelo apoio e exemplos que são em minha vida.

Ao meu namorado Vando Dalanora pelo companheirismo, compreensão e ajuda.

A todos os professores que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

Aos meus colegas que colaboraram para a realização desse trabalho.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

José de Alencar

## RESUMO

A ampla utilização de herbicidas na agricultura tem por vezes favorecido a ocorrência de plantas daninhas resistentes. Neste sentido a identificação da resistência em biótipos, favorece a adoção de estratégias de manejo. Objetivou-se com o presente trabalho efetuar a confirmação da ocorrência de resistência a diferentes mecanismos de ação de biótipos de leiteiro oriundos dos estados de Rondônia (RO) e do Rio Grande do Sul (RS), bem como determinar a dose dos herbicidas necessária para redução de 50% na massa seca das plantas ( $GR_{50}$ ) e para o controle total de 50% das plantas de cada unidade experimental ( $LD_{50}$ ). Para tanto foi instalado um experimento em casa de vegetação, em blocos casualizados, com quatro repetições. Os herbicidas utilizados foram: imazethapyr, chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl, saflufenacil, fomesafen e carfentrazone-ethyl. As doses utilizadas foram: 0; 0,5; 2; 8; 16; 32 e 64 vezes a dose comercial, aplicadas sobre dois biótipos de leiteiro (R e S). As variáveis avaliadas foram controle do leiteiro aos 07, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) e também, aos 28 DAT determinou-se a massa seca das plantas. Os dados foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett. A massa seca do biótipo S, quando submetido a herbicidas inibidores de ALS, apresentou redução a partir de 0,5x a dose recomendada; o biótipo R necessita doses de imazethapyr 43,6x e 61,9x maiores que o S, respectivamente para atingir a  $GR_{50}$  e a  $LD_{50}$ . Para chlorimuron-ethyl e cloransulam-methyl, as doses demandadas para alcançar a  $GR_{50}$  e a  $LD_{50}$  do biótipo R se situaram acima do intervalo avaliado. Os herbicidas saflufenacil, fomesafen e carfentrazone-ethyl alcançaram a  $GR_{50}$ , respectivamente com o uso de 0,51, 0,34 e 0,13 vezes a dose recomendada e controle  $LD_{50}$  com o uso de 0,19, 0,27 e 0,19 vezes a dose recomendada. O biótipo de leiteiro R apresenta resistência cruzada aos herbicidas inibidores de ALS e foi suscetível aos inibidores de PROTOX.

Palavras-chave: *Euphorbia heterophylla* L. *Glycine max*. Plantas daninhas.

## ABSTRACT

The wide use of herbicides in agriculture favored the occurrence of herbicide-resistant weeds. In this sense the identification of resistant biotypes favors the adoption of management strategies. We aimed with this study to confirm the resistance of Wild Poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) from the States of Rondônia (RO) and Rio Grande do Sul (RS) to different herbicide mechanisms of action, and to determine the dose needed for 50% reduction in dry mass ( $GR_{50}$ ) and 50% control of plants ( $LD_{50}$ ). The experiment was conducted under greenhouse in randomized blocks design with four replications. The herbicides used were: imazethapyr, chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl, saflufenacil, fomesafen e carfentrazone-ethyl, applied at 0; 0.5; 2; 8; 16; 32 and 64 fold the label dose, over the two biotypes (S and R). Control levels were evaluated 7, 14, 21 and 28 days after treatments (DAT) and also at 28 DAT the dry mass was determined. Data were subjected to analysis of normality by Shapiro-Wilk and homogeneity of variances by the Bartlett. Dry mass of biotype S, when subjected to the ALS inhibitors, decreased from 0.5-fold the label dose; biotype R demanded imazethapyr at doses 43.6x and 61.9x greater than the S, respectively to reach the  $GR_{50}$  and  $LD_{50}$ . To chlorimuron-ethyl and cloransulam-methyl, necessary doses to achieve the  $GR_{50}$  and  $LD_{50}$  for the biotype R were above the dose range evaluated. Saflufenacil, fomesafen and carfentrazone-ethyl reached the  $GR_{50}$ , respectively with use of 0.51, 0.34 and 0.13 fold the label, and the  $LD_{50}$  by using 0.19, 0.27 and 0.19 fold the label dose. The dairy R biotype showed cross to the ALS inhibitors and showed no resistance or cross-resistance or multiple and the mechanism of action of PROTOX.

Keywords: *Euphorbia heterophylla* L. *Glycine max.* Weeds.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	10
2.1 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS E POTENCIAL COMPETITIVO DA ESPÉCIE <i>Euphorbia heterophylla</i> L.....	10
2.2 RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS A HERBICIDAS .....	11
<b>2.2.1 Mecanismos que conferem resistência</b> .....	13
<b>2.2.2 Resistência de <i>Euphorbia heterophylla</i> L. a herbicidas inibidores de ALS e         PROTOX</b> .....	14
2.3 SITUAÇÃO DA RESISTÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS NO BRASIL E NO MUNDO .....	15
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	27
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	28

## 1 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas interferem, na maioria das vezes, de forma negativa sobre a quantidade e a qualidade da produção agrícola, representando um dos problemas econômicos mais importantes para produtores de culturas de interesse agrônomo, como a soja (XAVIER, 2014).

O manejo de plantas daninhas é um dos grandes desafios enfrentados pelos produtores, devido à competição destas com as plantas cultivadas, o que inevitavelmente resulta na redução da produtividade. A seleção de espécies daninhas resistentes agrava o problema, exigindo medidas integradas e prudentes para o controle (VARGAS et al., 2013).

As estratégias de controle podem ser adotadas de forma mais rápida e eficiente quando se usam herbicidas, contudo os herbicidas devem ser utilizados como ferramenta adicional e não como o único método para diminuir os prejuízos com plantas daninhas. Os herbicidas são substâncias químicas capazes de selecionar populações de plantas, deste modo, o uso repetido acarretará na seleção de espécies daninhas tanto tolerantes como resistentes ao herbicida. A resistência é um fenômeno natural, que se manifesta sempre que ocorre a utilização de um mesmo herbicida ou herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, de forma repetida e demasiadamente, aumentando a pressão de seleção (TREZZI et al., 2009; COSTA e RIZZARDI, 2014).

Atualmente são despendidos esforços na tentativa de se buscar herbicidas alternativos para o controle de espécies resistentes, mas acima de tudo é necessário que se faça o uso de manejos alternativos, que aliados ao controle químico possam atrasar a seleção e a proliferação de novas espécies daninhas resistentes (OLIVEIRA Jr., 2011). Frente à importância que o controle químico de plantas daninhas representa para a agricultura moderna e do impacto causado pelo surgimento de plantas daninhas resistentes aos herbicidas, objetivou-se com o presente trabalho efetuar a confirmação da ocorrência de resistência de biótipos de leiteiro, oriundos dos estados de Rondônia (RO) e do Rio Grande do Sul (RS) a diferentes mecanismos de ação, bem como determinar a dose necessária para redução de 50% no acúmulo de massa seca das plantas ( $GR_{50}$ ) e o controle de total de 50% das plantas de leiteiro de cada unidade experimental ( $LD_{50}$ ).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão teórica a seguir aborda estudos realizados sobre a biologia da *Euphorbia heterophylla* L., aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas, bem como os prejuízos econômicos e ambientais destas interações.

### 2.1 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS E POTENCIAL COMPETITIVO DA ESPÉCIE *Euphorbia heterophylla* L.

Espécie pertencente à família das Euphorbiaceae é considerada uma planta daninha que apresenta elevada habilidade competitiva (KISSMAN e GROTH, 1999; VARGAS et al., 2013). Conhecida popularmente como amendoim-bravo ou leiteiro é nativa de regiões tropicais e subtropicais da América, encontrando-se amplamente distribuída no Brasil, principalmente em áreas de cultivo agrícola (CARVALHO et al., 2010). É uma planta herbácea, ereta, com altura média entre 40 a 60 cm, com características morfológicas variáveis entre e intra populações ou ainda em uma mesma planta, possuindo raiz principal pivotante e secundárias filamentosas (KISSMAN e GROTH, 1999).

O leiteiro possui características relevantes que a tornam uma planta daninha extremamente importante. Ciclo anual com reprodução por meio de sementes, as quais germinam com mais facilidade em profundidades de 4 até 12 cm. O leiteiro apresenta ciclo curto de crescimento e desenvolvimento, entre a emergência e a frutificação, podendo ocorrer de duas a quatro gerações por ano, com boa capacidade de rebrota em condições de luminosidade elevada, sendo também hospedeira do percevejo *Euschistus heros*, praga importante da cultura da soja (KISSMAN e GROTH, 1999).

As plantas de leiteiro apresentam excelente capacidade de multiplicação, sendo as sementes lançadas a distância pela abertura explosiva do seu fruto, rápido crescimento e ainda demonstram intensa capacidade competitiva por água, nutrientes, luz e espaço, sombreando as culturas anuais de desenvolvimento mais lento, como a soja, feijão, dentre outras (JUMES et al., 2010; CARVALHO et al., 2010).

O leiteiro por apresentar elevada habilidade competitiva com as culturas de interesse agrônômico esta classificada como uma das espécies daninhas mais temidas em cultivos agrícolas (XAVIER et al., 2012).

Convém destacar que o leiteiro quando infesta culturas que são cultivadas em monocultura incrementa ainda mais sua habilidade competitiva, com grandes prejuízos às

culturas comerciais, como ocorre em cultivos sem rotação da soja (VOLL et al., 2002). De acordo com Chemale e Fleck, (1982) dez plantas de leiteiro por m<sup>2</sup> podem provocar reduções de 7% no rendimento de grãos durante o ciclo da cultura da soja.

Uma estimativa mundial adverte que, caso não fossem adotadas medidas de controle de plantas daninhas, mais de 38% do potencial produtivo das lavouras seria perdido devido ao efeito negativo das mesmas (OERKE, 2005). De acordo com Machado, (2012), a produtividade do feijoeiro pode ser afetada por vários fatores, sendo que a interferência das plantas daninhas pode reduzir a produtividade de grãos, ultrapassando 80%. O mesmo autor relata que a convivência de plantas de leiteiro com a soja 17 dias após a emergência da cultura resultou numa perda diária de 5,15 kg ha<sup>-1</sup> na produtividade de grãos. De acordo com Paula et al. (2011), os efeitos negativos causados pela interferência das plantas daninhas se manifestam sobre a quantidade e a qualidade da produção agrícola.

## 2.2 RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS A HERBICIDAS

De acordo com Christoffoleti et al. (1994), a resistência de plantas daninhas a herbicidas ocorre naturalmente, devido ao processo evolucionário e a extensa variabilidade genética, que permite a adaptação e a sobrevivência dessas espécies em diversas condições ambientais. Dessa forma a variabilidade genética natural, existente em populações de plantas daninhas, é a responsável pela fonte inicial de resistência em populações suscetíveis, antes mesmo da aplicação de qualquer herbicida (OLIVEIRA Jr., 2011).

Porém o uso contínuo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação tem selecionando algumas populações de plantas daninhas resistentes, por meio da pressão de seleção, sendo um dos principais problemas enfrentados pelos diferentes segmentos envolvidos na agricultura, principalmente quando se trata de monocultivos. (CHRISTOFFOLETI e LÓPEZ-OVEJERO, 2003; TREZZI et al., 2009).

Pode-se definir resistência de plantas daninhas a herbicidas como: “a capacidade inerente e herdável de alguns biótipos, dentro de uma determinada população, de sobreviver e se reproduzir após a exposição à dose de um herbicida, que normalmente seria letal a uma população normal (suscetível) da mesma espécie” (CHRISTOFFOLETI et al., 2008).

A resistência das plantas daninhas aos herbicidas pode ser cruzada ou múltipla (CHRISTOFFOLETI et al., 1994). A cruzada ocorre quando biótipos de plantas daninhas são resistentes a dois ou mais herbicidas, de um mesmo mecanismo de ação. E a múltipla, quando um indivíduo possui um ou mais mecanismos de resistência distintos que conferem o

comportamento resistente a herbicidas com mecanismo de ação diferenciado (OLIVEIRA Jr., 2011; CHRISTOFFOLETI et al., 2008).

A estabilização do sistema de plantio direto, a agregação de novas áreas produtivas, e a crescente insuficiência de mão de obra no campo, tem tornado os herbicidas, aliados a grande disponibilidade e eficiência, na principal medida de controle de plantas daninhas em grandes culturas, como por exemplo, na cultura da soja (*Glycine max*). Portanto, mesmo em programas de manejo integrado os herbicidas representam a principal ferramenta de controle (OLIVEIRA Jr., 2011; GELMINI et al., 2001). Deste modo, a pressão de seleção causada pelo uso contínuo de produtos com o mesmo mecanismo de ação, e a própria evolução das plantas daninhas tem provocado a seleção de biótipos resistentes, como é o caso do leiteiro (CHRISTOFFOLETI et al., 2008; GELMINI et al., 2001).

No Brasil, a *Euphorbia heterophylla* L. obtém destaque devido ao fato de apresentar resistência a mais de um mecanismo de ação e, portanto, a vários herbicidas simultaneamente gerando grande preocupação pela sua alta capacidade e habilidade competitiva quando infesta as culturas de interesse agrônômico (VARGAS et al., 2013).

Como principais consequências da resistência de plantas daninhas a herbicidas pode-se citar a restrição ou inviabilização da utilização desses produtos, redução de áreas de semeadura, perdas de rendimento e qualidade dos produtos agrícolas e a necessidade de reaplicação de outros herbicidas para se ter manejo adequado. Os baixos níveis de resistência determinam a elevação das doses de herbicidas pelos agricultores, resultando em maior impacto ambiental e o incremento dos custos de produção, com consequente redução da competitividade na comercialização do produto final (CHRISTOFFOLETI et al., 2008; TREZZI et al., 2009; TREZZI et al., 2011).

Segundo Christoffoleti et al. (2008), os principais fatores que afetam a evolução da resistência de plantas daninhas a herbicidas são agrupados em: genéticos, bioecológicos e agrônômicos. Os genéticos são intrínsecos aos indivíduos de uma mesma população de plantas daninhas. Os fatores bioecológicos resultam de uma interação entre as características dos indivíduos e a ação do ecossistema sobre essa população e os agrônômicos resultam da seleção proporcionada pelas práticas agrícolas. Destes fatores, os genéticos e bioecológicos são de complexa manipulação para o manejo da resistência, porém de grande importância na avaliação de potencial de risco da resistência. Portanto, apenas os fatores agrônômicos podem ser manipulados pelo homem na implantação de estratégias de manejo da resistência.

Em diferentes áreas produtoras do país verificou-se resistência de leiteiro a herbicidas inibidores da ALS. A principal razão para a manifestação da resistência está relacionada com

a presença de ALS, insensível à ação desses herbicidas. Considerando o fato dos biótipos poderem apresentar resistência a diferentes mecanismos de ação, observa-se a importância de verificar a presença de resistência múltipla a diferentes herbicidas, na procura por produtos alternativos cuja atuação se dê em outras enzimas no vegetal, para que a planta daninha possa ser controlada com eficiência (GELMINI et al., 2001; VARGAS et al., 2013).

Eventos de resistência de leiteiro a mais de um mecanismo de ação causam bastante preocupação no meio agrícola, pois os principais herbicidas seletivos para a cultura da soja, eficientes no controle de plantas resistentes a inibidores da ALS (aceto lactato sintase) em pós-emergência, são compostos que inibem a enzima PROTOX (protoporfirinogênio oxidase). Se a resistência de leiteiro a um mecanismo de ação representa uma grande ameaça à produção de culturas em áreas infestadas, a resistência múltipla a inibidores da ALS e inibidores da PROTOX representa uma ameaça ainda maior, pois acaba limitando as opções de controle, com necessidade de utilização de outras práticas de manejo (TREZZI et al., 2006).

Após a confirmação da resistência, um dos principais problemas é desenvolver estratégias de manejo destas plantas nas lavouras, bem como evitar a dispersão desses biótipos (PAULA et al., 2011). Quando a ocorrência de plantas daninhas em uma área apresentar densidade suficiente para limitar a produção agrícola observa-se a necessidade de mudança nas práticas culturais, sendo assim, o manejo de plantas infestantes deve ser considerado a longo prazo, por meio de um sistema integrado de controle (MEDEIROS et al., 2004).

Dentre as práticas de prevenção e manejo da resistência pode-se destacar: a rotação de herbicidas de diferentes mecanismos de ação, a rotação de culturas, adoção do Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), utilizando diferentes métodos de controle disponíveis de maneira econômica e sustentável. Além da utilização de cobertura do solo, e a prevenção da disseminação de sementes através do uso de equipamentos limpos (CHRISTOFFOLETI e LÓPEZ-OVEJERO, 2003; MEDEIROS et al., 2004; PAULA et al., 2011).

### **2.2.1 Mecanismos que conferem resistência**

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas pode ser resultado de mudanças bioquímicas e fisiológicas, alterações morfológicas ou mudanças fenológicas de certos biótipos de plantas daninhas (MEDEIROS et al., 2004).

De acordo com Christoffoleti et al. (2008) e Oliveira Jr. (2011), existem três mecanismos gerais que explicam o desenvolvimento da resistência em plantas daninhas, bem como influenciam no modo de ação dos herbicidas, sendo eles, a alteração do sítio de ação, metabolização e compartimentalização.

A alteração do sítio de ação é decorrente da mutação de genes que codificam a enzima ou outro complexo onde o herbicida atua, fazendo com que o biótipo resistente tenha pequenas diferenças no sítio de ação do herbicida em relação ao biótipo suscetível, ou seja, a molécula do herbicida pode tornar-se incapaz de exercer sua ação fitotóxica no local específico de ação dentro da planta (CHRISTOFFOLETI et al., 1994). A alteração pode ocorrer por mutação natural ou induzida. Os inibidores de ALS e inibidores de ACCase são exemplos de grupos de herbicidas que apresentam este mecanismo de resistência (GAZZIERO et al., 2004; OLIVEIRA Jr., 2011).

A metabolização é descrita por Medeiros et al. (2004) como a capacidade que o biótipo resistente possui de degradar rapidamente e/ou conjugar o herbicida em componentes menos tóxicos. As formas mais comuns de metabolização do herbicida por plantas são a hidroxilação e a oxidação, formando grupamentos aptos para conjugação com glutatona e aminoácidos. A maioria dos casos de resistência de plantas daninhas aos grupos de herbicidas dos inibidores da ACCase (acetyl-CoA carboxylase), inibidores de ALS, inibidores de EPSPs (enol-piruvil-shiquimato-fosfato-sintase), inibidores da PROTOX, entre outros, são devidos a este processo (OLIVEIRA Jr., 2011).

No caso da compartimentalização, os herbicidas são removidos do sítio de ação do herbicida e armazenados em locais inativos, como vacúolos da célula ou tecidos localizados distantes das partes metabolicamente ativas da célula (MEDEIROS et al., 2004). O grupo de herbicidas dos mimetizadores de auxinas desenvolveu resistência com base neste mecanismo (OLIVEIRA Jr., 2011).

### **2.2.2 Resistência de *Euphorbia heterophylla* L. a herbicidas inibidores de ALS e PROTOX**

A seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas na agricultura brasileira e mundial é um fenômeno já constatado e relatado para praticamente todos os herbicidas em uso na agricultura (CHRISTOFFOLETI e LÓPEZ-OVEJERO, 2003; HEAP, 2014).

Os herbicidas inibidores da ALS apresentam centenas de relatos de seleção de biótipos resistentes no mundo, enquanto que os inibidores da PROTOX, apesar de utilizados intensivamente na agricultura, têm poucos relatos de casos de resistência na agricultura mundial (CHRISTOFFOLETI e LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

Os herbicidas inibidores da enzima aceto lactato sintase (ALS) bloqueiam a síntese dos aminoácidos: leucina, isoleucina e valina. A vasta utilização destes herbicidas deve-se a sua baixa toxicidade a animais, à ampla seletividade para praticamente todas as culturas, grande gama de plantas daninhas controladas e, principalmente, pela sua alta eficiência de controle mesmo em doses baixas (XAVIER, 2014). Os herbicidas inibidores da ALS pertencem a quatro grupos químicos: imidazolinonas, sulfoniluréias, sulfonilamida e pyrimidyl-benzoatos (HRAC, 2010).

A resistência de plantas daninhas a esse mecanismo de ação se dá por vários motivos. Primeiramente, a utilização de doses excessivas dos herbicidas, nas mais diversas culturas, e também ao seu uso repetitivo, além disso, muitos dos herbicidas inibidores da ALS exibem residual prolongado no solo e, deste modo, aumentam a pressão de seleção para biótipos resistentes. A maioria dos casos de resistência a herbicidas inibidores da ALS estudados apresentam resistência cruzada aos diversos grupos químicos deste mecanismo de ação (TRANEL e WRIGHT, 2002).

Os herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) atuam na rota metabólica de síntese das clorofilas, são eficazes em baixas doses, apresentam persistência variável no solo e têm amplo espectro de controle de plantas daninhas (FERREIRA, 2007). No Brasil os herbicidas deste mecanismo de ação estão divididos em quatro grupos químicos: difeniléteres, ftalamidas, oxadiazoles e triazolinonas (HRAC, 2010).

A tolerância assim como a resistência aos herbicidas inibidores da PROTOX, em diversas espécies, se dá por meio de vários mecanismos, como a mínima translocação associada à rápida metabolização, alteração do sítio de ação, aumento da concentração da enzima PROTOX nas mitocôndrias, mutação em gene nuclear e super expressão de genes responsáveis pela geração da enzima PROTOX (XAVIER, 2014).

### 2.3 SITUAÇÃO DA RESISTÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS NO BRASIL E NO MUNDO

Atualmente existem 432 casos de plantas daninhas resistentes a herbicidas no mundo, envolvendo 235 espécies. As plantas desenvolveram resistência a 22 dos 25 locais de ação de



herbicidas conhecidos e 155 herbicidas diferentes. Plantas daninhas resistentes a herbicidas têm sido relatadas em 82 culturas em 65 países (HEAP, 2014).

No Brasil, o primeiro caso de resistência confirmado foi de *Euphorbia heterophylla* L., em regiões produtoras de soja no ano de 1992 (GAZZIERO et al., 1998; VIDAL e MEROTTO Jr., 1999). Posteriormente foram evidenciados casos de resistência em outras espécies, devido a utilização indiscriminada de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, e pela adoção do método químico como principal, e na maioria das vezes, única forma de controle. A Tabela 1 apresenta o ano de surgimento dos biótipos resistentes, bem como os mecanismos de ação para os quais foram constatados os casos de resistência.

**Tabela 1.** Evolução dos casos comprovados de resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil.

<b>Ano</b>	<b>Espécie</b>	<b>Mecanismo de Ação</b>
1992	<i>Euphorbia heterophylla</i> (leiteiro)	Inibidores da ALS
1993	<i>Bidens pilosa</i> (picão-preto)	Inibidores da ALS
1996	<i>Bidens subalternans</i> (picão-preto)	Inibidores da ALS
1997	<i>Brachiaria plantaginea</i> (capim-marmelada)	Inibidores da ACCase
1999	<i>Echinochloa crusgalli</i> (capim-arroz)	Auxinas Sintéticas
1999	<i>Echinochloa crus-pavonis</i> (capim-arroz)	Auxinas Sintéticas
1999	<i>Sagittaria montevidensis</i> (sagitária)	Inibidores da ALS
2000	<i>Cyperus difformis</i> (tirica-do-brejo, junquinho)	Inibidores da ALS
2001	<i>Raphanus sativus</i> (nabo)	Inibidores da ALS
2002	<i>Digitaria ciliaris</i> (capim-colchão)	Inibidores da ACCase
2003	<i>Eleusine indica</i> (capim-pé-de-galinha)	Inibidores da ACCase
2003	<i>Lolium multiflorum</i> (azevém)	Derivados da glicina
2004	<i>Parthenium hysterophorus</i> (losna-branca)	Inibidores da ALS
2004	<i>Euphorbia heterophylla</i> (leiteiro) (Resistência múltipla)	Inibidores da ALS Inibidores da PROTOX
2005	<i>Conyza bonariensis</i> (buva)	Derivados da glicina
2005	<i>Conyza canadensis</i> (buva)	Derivados da glicina
2006	<i>Oryza sativa</i> (arroz-vermelho)	Inibidores da ALS
2006	<i>Euphorbia heterophylla</i> (leiteiro) (Resistência múltipla)	Inibidores da ALS Derivados da glicina
2006	<i>Bidens subalternans</i> (picão - preto) (Resistência múltipla)	Inibidores da ALS Inibidores do FS II
2008	<i>Digitaria insularis</i> (capim-amargoso)	Derivados da glicina
2009	<i>Echinochloa crusgalli</i> (capim-arroz) (Resistência múltipla)	Inibidores da ALS Auxinas sintéticas
2010	<i>Lolium multiflorum</i> (azevém)	Inibidores da ALS
2010	<i>Lolium multiflorum</i> (azevém) (Resistência múltipla)	Inibidores da ALS Derivados da glicina
2010	<i>Conyza sumatrensis</i> (buva)	Derivados da glicina
2010	<i>Avena fatua</i> (aveia)	Inibidores da ACCase
2011	<i>Conyza sumatrensis</i> (buva)	Inibidores da ALS
2011	<i>Conyza sumatrensis</i> (buva) (Resistência múltipla)	Inibidores da ALS Derivados da glicina
2011	<i>Amaranthus retroflexus</i> (caruru) (Resistência múltipla)	Inibidores da ALS Inibidores do FS II
2011	<i>Amaranthus viridis</i> (caruru) (Resistência múltipla)	Inibidores da ALS Inibidores do FS II
2012	<i>Amaranthus retroflexus</i> (caruru)	Inibidores da ALS
2013	<i>Raphanus raphanistrum</i> (nabiça)	Inibidores da ALS

Fonte: Adaptado de Heap (2014).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa da vegetação pertencente ao grupo de pesquisa Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas (MASSA), na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim/RS (27°35' S e 52°16' W; altitude 762 m). Foram utilizadas sementes de *Euphorbia heterophylla* L. (leiteiro), coletadas em Erechim/RS em local sem histórico de aplicação de herbicidas e em Vilhena/RO, em lavouras com frequentemente aplicação de herbicidas inibidores de ALS e PROTOX, denominados respectivamente de S (supostamente suscetível) e R (com suspeita de resistência).

Os biótipos foram semeados separadamente em 14/03/2014, em vasos plásticos perfurados, com capacidade para 3 dm<sup>3</sup> preenchidos com substrato livre de qualquer contaminante e/ou propágulo de planta daninha, marca comercial Vivatto Pro 20. A irrigação foi realizada de forma regular durante toda a execução do experimento, a fim de garantir que a umidade do substrato se mantivesse próxima à capacidade de campo.

Após a emergência das plantas de leiteiro procedeu-se o desbaste, deixando-se duas plantas em cada unidade experimental. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os herbicidas utilizados foram: imazethapyr, chlorimuron-ethyl, cloransulam-metlyl, saflufenacil, fomesafen e carfentrazone-ethyl. As doses utilizadas foram: 0; 0,5; 2; 8; 16; 32 e 64 vezes a dose comercial. Para o controle de plantas daninhas infestantes da soja as doses registradas de imazethapyr, chlorimuron-ethyl, cloransulam-metlyl, saflufenacil, fomesafen e carfentrazone-ethyl são respectivamente de 100, 20, 40, 35, 250 e 400 g ha<sup>-1</sup> de ingredientes ativos. A aplicação dos herbicidas foi efetuada com pulverizador costal de precisão pressurizado a CO<sub>2</sub>, equipado com ponta de pulverização tipo leque modelo 110.02 ADI, o qual aspergiu um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. Aos 22 dias após a semeadura, quando as plantas se encontravam no estágio de quatro folhas, foram aplicados os tratamentos.

As variáveis avaliadas foram: controle do leiteiro aos 07, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), atribuindo-se a nota de zero (0%) aos tratamentos com ausência de controle e a nota cem (100%) para controle total da planta daninha. Também, aos 28 DAT determinou-se a massa seca da parte aérea do leiteiro, sendo as plantas que não apresentaram 100% de controle, seccionadas rente ao solo e acondicionadas em sacos de papel e postas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65°C ±5°C até atingirem massa constante.

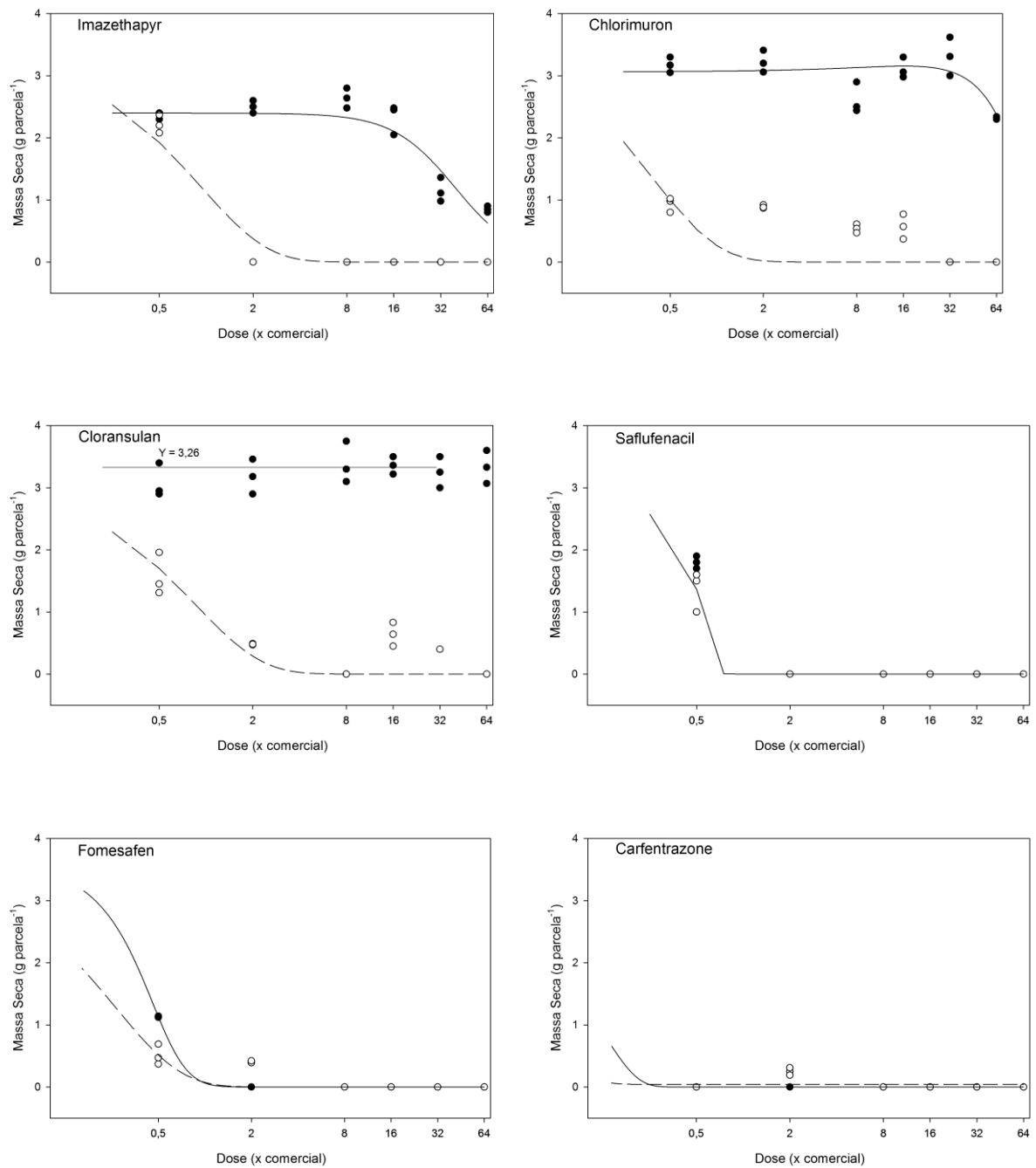
Os dados foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett sendo quando necessários submetidos à transformação BoxCox até o alcance da homocedasticidade (CONAGIN et al., 1993). Após ajustes os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, sendo o efeito das doses estudadas por regressões lineares e não lineares. Para a escolha da regressão a ser empregada em cada caso, considerou-se o significado biológico, o maior ajuste do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o menor quadrado médio do resíduo, além da significância ( $p \leq 0,05$ ). As análises dos dados foram efetuadas no ambiente estatístico R (R Development Core Team, 2012) e os gráficos elaborados no software SigmaPlot 12.3 (SYSTAT, 2014). O eixo X dos gráficos foi apresentado em escala logarítmica; a dose “0” (zero) não é apresentada, sendo, porém considerada na obtenção das curvas.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existem diferenças entre os biótipos avaliados (R, suspeita de resistência) e (S, supostamente suscetível) e os grupos químicos de herbicidas testados (ALS e PROTOX). De maneira geral o biótipo S foi sensível aos herbicidas quando comparado ao R e os herbicidas pertencentes ao grupo dos inibidores de ALS demonstraram menores efeitos sobre os biótipos, quando comparado aos inibidores de PROTOX. Resistência de plantas a inibidores de ALS foram identificadas para diversas culturas, sendo este grupo responsável por cerca de 32% dos casos de resistência já identificados em todo o mundo (XAVIER et al., 2013).

O biótipo S não acumulou massa seca com a dose recomendada de saflufenacil, fomesafen e carfentrazone-ethyl e sob aplicação dos ALS no máximo com duas vezes a dose de imazethapyr, chlorimuron-ethyl e cloransulam-methyl (Figura 1). Isto demonstra que este biótipo não é resistente aos herbicidas testados, o que é interessante do ponto de vista de manejo porque permite rotacionar grupos químicos, reduzindo a pressão de seleção sobre as plantas e conseqüentemente o risco de resistência. Para Trezzi et al. (2005) o desenvolvimento de resistência múltipla a inibidores de ALS e PROTOX presente no Sudoeste do Paraná, em leiteiro, está associado a alta pressão de seleção causada pelas aplicações de herbicidas inibidores de ALS, e, em seguida, pelos inibidores de PROTOX, o que resultou na seleção de resistência a ambos os mecanismos de ação, em momentos distintos, na mesma população; fato também destacado por Xavier et al. (2013).

As avaliações realizadas sobre o biótipo R demonstram que este apresentou resistência aos herbicidas inibidores da enzima ALS (Figura 1), sendo necessário para imazethapyr e chlorimuron-ethyl, respectivamente a dose de 16 e 32 vezes a recomendada para provocar redução na massa seca acumulada. E para o cloransulam-methyl, mesmo com a dose 64 vezes maior que a recomendada não houve alteração na massa seca das plantas de leiteiro (Figura 1).



**Figura 1.** Acúmulo de massa seca nas plantas de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) dos biótipos R (suspeito de resistência ●) e S (suscetível ○), em função de herbicidas e doses, aos 28 dias após aplicação dos tratamentos (DAT). Eixo X apresentado em escala logarítmica. UFFS, Erechim/RS, 2014.

Cabe destacar que os dados ajustam-se adequadamente aos modelos adotados, com exceção para o herbicida cloransulam-methyl onde não houve significância (Tabela 2).

**Tabela 2.** Equações, ajuste e significância das curvas de massa seca e controle de plantas de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), em função de herbicidas e doses, aos 28 dias após aplicação (DAA). UFFS, Erechim/RS, 2014.

Herbicida	Massa Seca			Controle			
	Biótipo	Equação	R <sup>2</sup>	Sig.	Equação	R <sup>2</sup>	Sig.
Imazethapyr	R	$Y=2,4/(1+(x/39,6)^{2,2})$	0,82	**	$Y=56,6/(1+(x/32)^{-32})$	0,98	**
	S	$Y=3,33e^{-1,1x}$	0,97	**	$Y=100/(1+(x/0,51)^{-15,4})$	0,99	**
Chlorimuron	R	$Y=3,1-0,03x^2$	0,47	*	$Y=11/(1+(x/57,8)^{-35})$	0,96	**
	S	$Y=1687/(1+e^{-(x+2,29)/-0,37})$	0,86	**	$Y=112/(1+(x/0,53)^{-0,44})$	0,99	**
Cloransulam	R	$Y=3,26$	---	ns	$Y=11,6/(1+(x/58)^{-37})$	0,99	**
	S	$Y=2962/(1+e^{-(x+5,79)/-0,84})$	0,89	**	$Y=96/(1+(x/0,2)^{-1,1})$	0,97	**
Safufenacil	R	$Y=2,97/(1+(x/0,51)^{16,9})$	0,99	**	$Y=102x/(0,2+x)$	0,99	**
	S	$Y=2,97/(1+(x/0,51)^{16,9})$	0,99	**	$Y=102x/(0,2+x)$	0,99	**
Fomesafen	R	$Y=4,2/(1+e^{-(x-0,34)/-0,15})$	0,99	**	$Y=100/(1+(x/0,28)^{-1,27})$	0,99	**
	S	$Y=83/(1+e^{-(x+0,79)/-0,25})$	0,97	**	$Y=100/(1+(x/0,28)^{-1,27})$	0,99	**
Carfentrazone	R	$Y=5,5/(1+e^{-(x-0,3)/-0,1})^{10}$	0,99	**	$Y=102x/(0,2+x)$	0,99	**
	S	$Y=0,04+3,8/(1+e^{-(x-0,05)/-0,02})$	0,98	**	$Y=102x/(0,2+x)$	0,99	**

Avaliando o uso de herbicidas sobre biótipos de *Euphorbia heterophylla* L., Gelmini et al. (2001) verificaram que mesmo aplicando-se dose oito vezes maior do que a recomendada de chlorimuron-ethyl e de imazethapyr, o biótipo resistente não foi controlado e não alterou a massa seca. Os mesmos autores relatam ainda que para o biótipo suscetível a dose recomendada mostrou-se eficaz.

As curvas de evolução da massa seca (Figura 1) demonstram que o biótipo S, quando submetido a herbicidas inibidores de ALS, apresentou redução no acúmulo de massa seca das plantas a partir de 0,5x a dose recomendada. Desta forma pode-se ainda constatar, a partir dos índices de resistência (Tabela 3) que o biótipo R, em comparação com o S, necessita doses de imazethapyr 43,6x e 61,9x maiores, respectivamente para atingir a GR<sub>50</sub> e a LD<sub>50</sub>. Para chlorimuron-ethyl e cloransulam-methyl, as doses demandadas para alcançar a GR<sub>50</sub> e a LD<sub>50</sub> do biótipo R não foram alcançadas com o intervalo testado, impossibilitando a obtenção dos valores reais do coeficiente de resistência - RI (Tabela 3).

Assim, pode-se inferir sobre a ocorrência de resistência cruzada de leiteiro do biótipo R aos herbicidas inibidores da enzima ALS avaliados (Figura 1; Tabela 3). Embora sejam verificados níveis distintos de resistência para cada princípio ativo, pode-se considerar que o biótipo R demonstra alto nível de resistência, conforme preconizado também por Trezzi et al.

(2005). A constatação da resistência no biótipo R e não no S, possivelmente esteja associada às aplicações frequentes de herbicidas, as quais exerceram pressão de seleção sobre as plantas ao longo das gerações. O uso quase exclusivo de um mesmo herbicida tem aumentado os casos de resistência (XAVIER et al., 2013).

Convém destacar que o surgimento de novos casos de leiteiro resistente aos herbicidas inibidores de ALS e de PROTOX deve-se em grande parte por esses dois mecanismos de ação serem os mais usados para o controle de plantas daninhas infestantes de culturas agrícolas. Também em Rondônia apesar das áreas cultivadas serem relativamente recentes se comparadas a outros estados brasileiros, tem apresentado casos de leiteiro resistente a ALS e PROTOX. Um dos motivos para que isso venha a ocorrer deve-se ao fato de que nesse estado ainda os cultivos de culturas geneticamente modificadas resistentes a outros mecanismos de ação não tenham participação efetiva nos cultivos e desse modo safra após safra os agricultores tem usado os herbicidas inibidores de ALS e PROTOX para o manejo de plantas daninhas infestantes de culturas anuais ou perenes o que favorece o surgimento de plantas daninhas resistentes aos dois mecanismos de ação (XAVIER et al., 2013).

**Tabela 3.** Dose do herbicida necessária para reduzir o crescimento das plantas de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) em 50% (GR<sub>50</sub>) ou para controlar 50% das plantas da parcela (LD<sub>50</sub>), aos 28 dias após aplicação dos tratamentos (DAT). UFFS, Erechim/RS, 2014.

Herbicida	Biótipo R		Biótipo S		RI <sub>R/S</sub>	
	GR <sub>50</sub>	LD <sub>50</sub>	GR <sub>50</sub>	LD <sub>50</sub>	GR <sub>50</sub>	LD <sub>50</sub>
Imazethapyr	39,3x	32,2x	0,9x	0,52x	43,6x	61,9x
Chlorimuron	> 64x	> 64x	0,35x	0,33x	> 182x	> 193x
Cloransulam	> 64x	> 64x	0,8x	0,22x	> 80x	> 291x
Saflufenacil	0,51x	0,19x	0,51x	0,19x	1x	1x
Fomesafen	0,4x	0,27x	0,27x	0,27x	1,48x	1x
Carfentrazone	0,14x	0,19x	0,12x	0,19x	1,16x	1x

X = vezes a dose comercial recomendada.

Os resultados para controle do leiteiro do biótipo S demonstram que aplicações de doses iguais ou superiores a 0,7x, 32x e 8x, respectivamente para imazethapyr, chlorimuron-ethyl e cloransulam-methyl (Figura 2) controlaram 100% das plantas, sendo verificados bons ajustes dos dados (Tabela 2). Entretanto cabe considerar que o uso da metade da dose

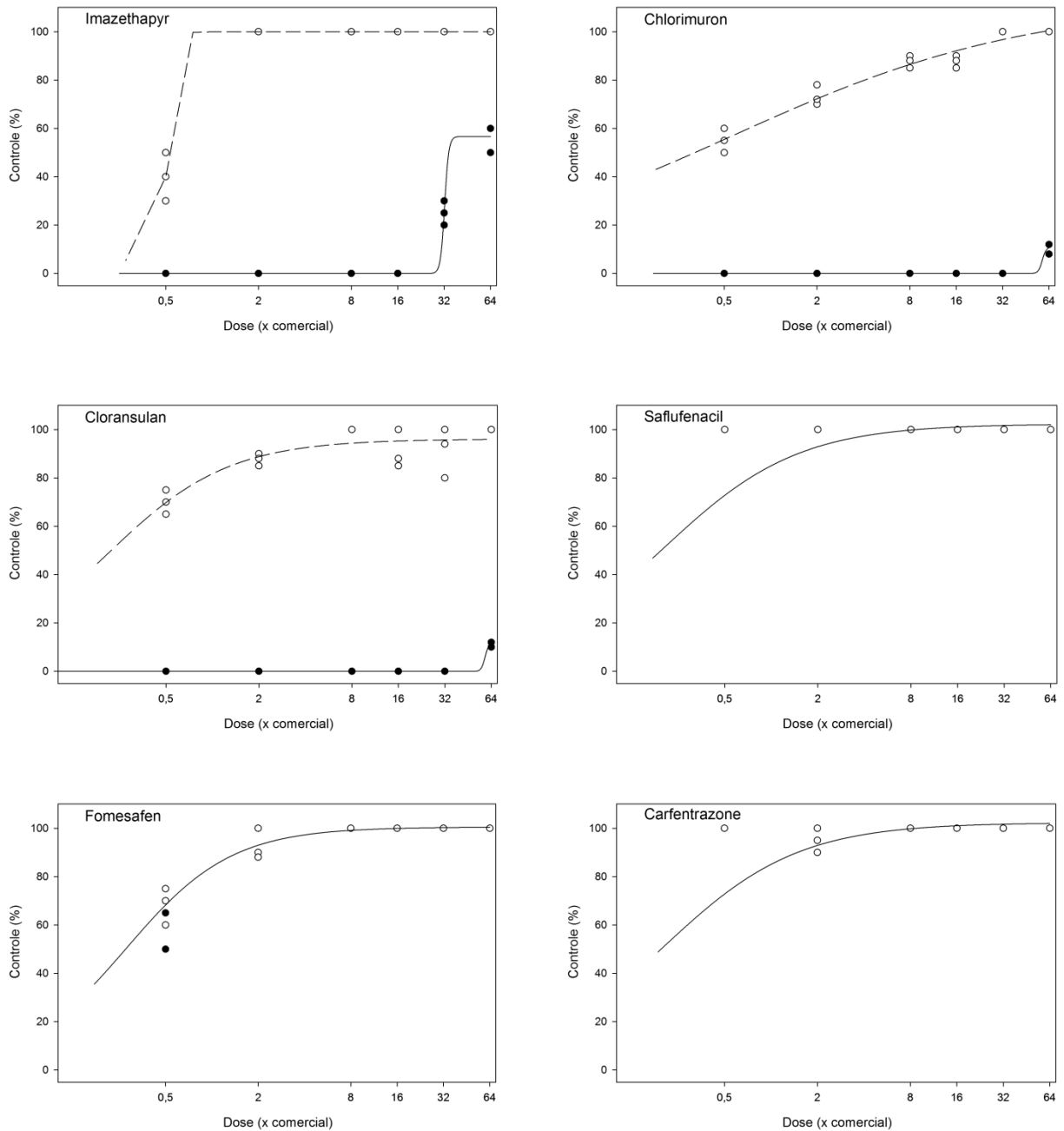


recomendada provocou controle de 40, 52 e 66% das plantas de leiteiro (S), respectivamente para o imazethapyr, chlorimuron-ethyl e cloransulam-methyl (Figura 2).

O biótipo R sob aplicação dos inibidores de ALS, apresentou baixo controle, sendo a LD<sub>50</sub> de 32,2x para imazethapyr, e não tendo sido alcançada, mesmo com a maior dose testada, 64x, para chlorimuron-ethyl e cloransulam-methyl (Tabela 3), indicando alto nível de resistência do biótipo. Assim, verificou-se para o biótipo R que a dose máxima testada (64x) resultou em controle de 53%, 12% e 10% das plantas, respectivamente para imazethapyr, chlorimuron-ethyl e cloransulam-methyl (Figura 2). Trezzi et al. (2011) observaram aumento no controle de biótipos de leiteiro com a elevação da dose de herbicidas inibidores de ALS e PROTOX, sendo o controle do leiteiro mais acentuado para biótipos suscetíveis que os resistentes, em uma mesma dose avaliada. A resistência dos biótipos a ALS, segundo Christoffoleti et al. (2008) deve-se a uma modificação do gene responsável pela codificação da enzima ALS, tornando a planta resistente aos herbicidas inibidores dessa enzima, que por conseguinte altera a sequência de aminoácidos da enzima ALS, não permitindo que herbicidas como o imazethapyr, chlorimuron-ethyl e cloransulam-methyl consigam provocar a inibição da enzima.

Comparando-se os coeficientes de resistência (RI) do biótipo R em relação ao S, para GR<sub>50</sub> e LD<sub>50</sub>, observou-se que o grupo das imidazolinonas foi mais eficiente que o das sulfoniluréias no controle das plantas de leiteiro (Tabela 3). Destaca-se que o cloransulam-methyl onde o RI obtido ao se comparar a dose necessária para obter 50% de controle das plantas do biótipo R e S demonstra ser superior a 291x (Tabelas 2 e 3).

A utilização dos herbicidas pertencentes ao grupo dos inibidores da enzima PROTOX, sobre o acúmulo de massa seca do biótipo R, demonstram que estes foram eficientes tanto na redução da massa seca das plantas (Figura 1) como no seu controle (Figura 2). Os mesmos resultados foram identificados por Gelmini et al. (2001), os quais avaliaram herbicidas pertencentes aos inibidores de PROTOX, tradicionalmente utilizados na cultura da soja, e constataram que estes exerceram controle eficaz em biótipos de *Euphorbia heterophylla*. Também Trezzi et al. (2011) em teste rápido de imersão foliar, identificaram que biótipos resistentes e suscetíveis de *Euphorbia heterophylla* foram controlados com a dose comercial de herbicidas inibidores de PROTOX, mas não com o uso de inibidores de ALS, conforme constatado na presente pesquisa.



**Figura 2.** Controle (%) de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) em biótipos R (suspeito de resistência ●) e S (suscetível ○), em função de herbicidas e doses, aos 28 dias após aplicação dos tratamentos (DAT). Eixo X apresentado em escala logarítmica. UFFS, Erechim/RS, 2014.

Para os herbicidas inibidores de PROTOX (saflufenacil, fomesafen e carfentrazone-ethyl), foi constatado similaridade de controle entre biótipos, sendo que houve aumento do percentual em função do incremento na dose (Figura 2). Observou-se para os herbicidas saflufenacil, fomesafen e carfentrazone-ethyl, respectivamente redução de 50% na massa seca das plantas ( $GR_{50}$ ), em média, com o uso de 0,51; 0,34 e 0,13 vezes a dose recomendada e

controle total de 50% das plantas de leiteiro ( $LD_{50}$ ), em média com o uso de 0,19; 0,27 e 0,19 vezes a dose recomendada (Tabela 3).

No que tange a diferença de eficiência sobre os biótipos R e S foi observado a necessidade de doses 48 e 16% maiores de fomesafen e carfentrazone-ethyl para supressão de 50% da massa seca das plantas de leiteiro do biótipo R comparado ao S. Entretanto, considerando que a supressão de 50% no acúmulo de massa seca do biótipo R foi alcançada com metade da dose recomendada (Tabela 3), destaca-se a eficiência no uso destes herbicidas.

## 5 CONCLUSÃO

O biótipo supostamente suscetível (S) mostra sensibilidade aos herbicidas testados, já o biótipo com suspeita de resistência (R) foi resistente aos inibidores de ALS e suscetível aos inibidores de PROTOX.

A massa seca do biótipo RS, quando submetido a aplicação de herbicidas inibidores de ALS, apresentou redução a partir de 0,5x da dose recomendada. Para o biótipo RO, em comparação com o RS, necessita-se doses de imazethapyr 43,6x e 61,9x maiores, respectivamente para atingir a GR50 e a LD50. Para chlorimuron-ethyl e cloransulam-methyl, as doses demandadas para alcançar a GR50 e a LD50 do biótipo RO não foram alcançadas com o intervalo testado, impossibilitando a obtenção dos valores reais de RI.

Os herbicidas saflufenacil, fomesafen e carfentrazone-ethyl, respectivamente promoveram redução de 50% na massa seca das plantas (GR50), em média, com o uso de 0,51; 0,34 e 0,13 vezes a dose recomendada e controle total de 50% das plantas da parcela (LD50), em média com o uso de 0,19; 0,27 e 0,19 vezes a dose recomendada.

Portanto, é necessário o conhecimento dos mecanismos que resultam na ocorrência da resistência de plantas daninhas a diferentes herbicidas, bem como conhecer o comportamento de populações resistentes ao longo do tempo, permitindo a adoção de estratégias de manejo adequadas, de modo a retardar a evolução da resistência em áreas agrícolas.

Frente a isso, deve-se destacar a importância da implantação de práticas de prevenção e manejo da resistência em áreas agrícolas, como por exemplo, a rotação de culturas, rotação e/ou associação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, adoção do manejo integrado de plantas daninhas (MIPD), a fim de que se mantenham viáveis as tecnologias disponíveis aos produtores.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, L. B. et al. Interferência de *Euphorbia heterophylla* no crescimento e acúmulo de macronutrientes da soja. **Planta daninha**, v. 28, n. 1, p. 33-39, 2010.
- CHEMALE, V. M.; FLECK, N. G. Avaliação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em competição com *Euphorbia heterophylla* L. sob três densidades e dois períodos de ocorrência. **Planta Daninha**, v. 5, n. 1, p. 36-45, 1982.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 12, n. 1, p. 13-20, 1994.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; et al. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3 ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas HRAC-BR, 120 p., 2008.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 507-515, 2003.
- CONAGIN, et al. Efeito da falta de normalidade em testes de homogeneidade das variâncias. **Bragantia**, v.52, n.2, p. 173-180, 1993.
- COSTA, L.O. e RIZZARDI, M.A. Resistance of *Raphanus raphanistrum* to the herbicide metsulfuron-methyl. **Planta daninha**. vol.32, n.1, p. 181-187. 2014.
- FERREIRA, L.C. **Ação protetora do oxido nítrico em plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill) submetidas ao lactofen**. 2007. 155P. Tese (doutorado) -Instituto de Biociências, UNESP –Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- GAZZIERO, D. L. P. et al. Resistência de amendoim-bravo aos herbicidas inibidores da enzima ALS. **Planta daninha**, v. 16, p. 117-125, 1998.
- GAZZIERO, D. L. P. et al. Variabilidade no grau de resistência de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) aos herbicidas clethodim, tepraloxymid e sethoxydim. **Planta daninha**, v.22, n.3, p. 397-402, 2004.
- GELMINI, G. A. et al. Resistência de biótipos de *Euphorbia heterophylla* L. aos herbicidas inibidores da enzima ALS utilizados na cultura de soja. **Bragantia**, v. 60, p. 93-99, 2001.
- HEAP, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponível em:<[www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)>. Acesso em: 5 jun. 2014.
- HRAC, **The World of Herbicides**, 2010. Disponível em: <<http://www.hracglobal.com/Portals/5/moaposter.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2014.
- JUMES, T. M. C. et al. Avaliação de controle de *Euphorbia heterophylla*, com aplicações associadas de diuron, oxyfluorfen e prometryne. In: Congresso Brasileiro da Ciência de Plantas Daninhas, XXVII, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, p. 2534-2538, 2010.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: Basf Brasileira, 1999. Tomo II P.792 a 798.

MACHADO, A. B. **Impacto agrônômico e dano econômico da interferência entre leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em intervalos distintos de semeadura**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 126 p. 2012. Online.

MEDEIROS, A. F. A. et al. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no mundo**. Universidade Federal de Viçosa. Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Viçosa, MG, 2004.

OERKE, E. C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**. Bonn. p.31-43, 2005.

OLIVEIRA Jr, R. S. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: \_\_\_\_\_ **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**, cap. 8, p. 193-214, 2011.

PAULA, J.M.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D. e NOHATTO, M.A. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao herbicida glyphosate. **Planta daninha**, v. 29, n. 1, p. 217-227, 2011.

R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2012.

SYSTAT – **Exact Graphy for Exact Science**. Version 12.3, 2014.

TRANEL, P.J.; WRIGHT, T.R. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: What have we learned? **Weed Science**, v.50, p.700-712, 2002.

TREZZI, M. M. et al. Bioensaios para identificação de biótipos de *Euphorbia heterophylla* com resistência múltipla a inibidores da ALS e da PROTOX. **Planta daninha**, v. 24, n. 3, p. 563-571, 2006.

TREZZI, M. M. et al. Características morfofisiológicas de biótipos de *Euphorbia heterophylla* com resistência a diferentes mecanismos de ação herbicida. **Planta daninha**, v. 27, n.spe, p. 1075-1082, 2009.

TREZZI, M.M. et al. Multiple resistance of acetolactate synthase and protoporphyrinogen oxidase inhibitors in *Euphorbia heterophylla* biotypes. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v.40, n.1, p.101-109, 2005.

TREZZI, M.M et al. Teste rápido de imersão foliar de *Euphorbia heterophylla* para confirmação de resistência a herbicidas inibidores da Protox e da ALS. **Planta daninha**, v. 29, n. 4, p. 901-912, 2011.

VARGAS, L. et al. Práticas de manejo e a resistência de *Euphorbia heterophylla* aos inibidores da ALS e tolerância ao glyphosate no Rio Grande do Sul. **Planta daninha**, v. 31, n. 2, p. 427-432, 2013.

VIDAL, R. A. e MEROTTO Jr., A. Resistência de amendoim bravo aos herbicidas inibidores da enzima aceto lactato sintase. **Planta daninha**, v. 17, p. 367-373, 1999.

VOLL, E. et al. Competição relativa de espécies de plantas daninhas com a cultura de soja. **Planta Daninha**, v.20, n.1, p.17-24, 2002.

XAVIER, E. **Mecanismos de resistência e resposta aos herbicidas inibidores da ALS e da PROTOX em *Euphorbia heterophylla* L.** 2014. 211 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

XAVIER, E. et al. Acetolactate synthase activity in *Euphorbia heterophylla* resistant to ALS- and protox- inhibiting herbicides. **Planta Daninha**, v.31, n.4, p.867-874, 2013.

XAVIER, E. et al. **Atividade da Enzima ALS de Biótipos De *Euphorbia Heterophylla* L. com Resistência Múltipla aos Inibidores da ALS E PROTOX.** Resistência de plantas daninhas a herbicidas. XXVIII CBCPD, Campo Grande, MS, 2012.