

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Controle químico de junquinho com resistência
cruzada aos herbicidas inibidores da acetolactato
sintase (ALS) com diferentes mecanismos de ação**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Wagner Luiz Jaskulski

**Itaqui, RS, Brasil
2017**

WAGNER LUIZ JASKULSKI

Controle químico de junquinho com resistência cruzada aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) com diferentes mecanismos de ação

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Carlos Eduardo Schaedler

Itaqui, RS, Brasil.
2017

Jaskulski, Wagner Luiz.

Controle químico de junquinho com resistência cruzada aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) com diferentes mecanismos de ação/ Wagner Luiz Jaskulski. Junho de 2017.

Número de folhas (27); ilustração (2); tamanho (30 cm).

Trabalho de Conclusão do Curso de Agronomia (Universidade Federal do Pampa), Junho de 2017. Orientação: Carlos Eduardo Schaedler.

1. Controle químico. 2. *Cyperus iria*. 3. Resistência. I. Schaedler, Carlos Eduardo. II. Controle químico de junquinho com resistência cruzada aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) com diferentes mecanismos de ação.

WAGNER LUIZ JASKULSKI

**CONTROLE QUÍMICO DE JUNQUINHO COM RESISTÊNCIA
CRUZADA AOS HERBICIDAS INIBIDORES DA ACETOLACTATO
SINTASE (ALS) COM DIFERENTES MECANISMOS DE AÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da Universidade Federal do
Pampa (UNIPAMPA), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 28 de junho de 2017.
Banca examinadora:

Prof. Dr. Carlos Eduardo Schaedler
Orientador
Curso de Agronomia – Unipampa, Itaqui

Prof. Dr. Daniel Andrei Robe Fonseca
Curso de Agronomia – Unipampa, Itaqui

Prof. Dra. Renata Silva Canuto de Pinho
Curso de Agronomia – Unipampa, Itaqui

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais pela dádiva da vida, que me ensinaram a dar valor para as coisas simples e que me incentivaram a cursar a graduação.

Ao meu irmão Vinicius que sempre me incentivou para realizar a graduação.

Agradeço aos meus colegas Giordano Sandri e ao Thalís Marchezan pelo companheirismo durante esses cinco anos onde tivemos maior convivência por morarmos juntos.

Agradeço ao Diego Chiapinotto pela amizade e companheirismo durante o período de graduação.

Agradeço ao Professor Dr. Carlos pela orientação e pelos ensinamentos durante o curso.

Agradeço a minha namorada Thainá Marchezan que fez parte da minha caminhada na graduação, onde me apoiou e incentivou nos estudos e também pela paciência durante esse tempo.

RESUMO

CONTROLE QUÍMICO DE JUNQUINHO COM RESISTÊNCIA CRUZADA AOS HERBICIDAS INIBIDORES DA ACETOLACTATO SINTASE (ALS) COM DIFERENTES MECANISMOS DE AÇÃO

Autor: Wagner Luiz Jaskulski

Orientador: Carlos Eduardo Schaedler

Itaqui, 28 de junho de 2017.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o controle químico alternativo de *Cyperus iria* (CYPIR) com resistência cruzada aos herbicidas inibidores da ALS. Foram conduzidos dois experimentos, com delineamento inteiramente casualizado e com quatro repetições. O experimento I constou de biótipo resistente (CYPIR-R), suscetível (CYPIR-S) e dois cultivares de arroz. Os tratamentos herbicidas foram: 1) testemunha; 2) imazethapyr (106 g i.a. ha⁻¹); 3) (imazapyr + imazapic – 73,5 + 24,5 g i.a. ha⁻¹); 4) bentazone (960 g i.a. ha⁻¹); 5) propanil (3600 g i.a. ha⁻¹); 6) bentazone + imazamox (750 + 35 g i.a. ha⁻¹); 7) bentazone + imazamox (750 + 35 g i.a. ha⁻¹) + (imazapyr + imazapic – 73,5 + 24,5 g i.a. ha⁻¹); 8) bentazone (960 g i.a. ha⁻¹) + (imazapyr + imazapic – 73,5 + 24,5 g i.a. ha⁻¹); 9) glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹). O experimento II seguiu os mesmos procedimentos, incluindo doses de propanil + triclopyr (1900 g i.a. ha⁻¹ + 200 g e.a. ha⁻¹; 2280 g i.a. ha⁻¹ + 240 g e.a. ha⁻¹; 2660 g i.a. ha⁻¹ + 280 g e.a. ha⁻¹; 3040 g i.a. ha⁻¹ + 320 g e.a. ha⁻¹; 3420 g i.a. ha⁻¹ + 360 g e.a. ha⁻¹; 3800 g i.a. ha⁻¹ + 400 g e.a. ha⁻¹). As variáveis avaliadas foram: controle visual aos 7, 14, 21 e 28 dias após os tratamentos (DAT) e matéria da parte aérea seca (MPAS) aos 28 DAT. Todos os tratamentos herbicidas, exceto os inibidores da ALS aplicados de forma isolada, foram eficientes no controle do biótipo de CYPIR-R.

Palavras-chave: *Cyperus iria*, biótipo resistente, *Oryza sativa*, manejo.

ABSTRACT

JUNQUINHO CHEMICAL CONTROL WITH CROSS-RESISTANCE TO HERBICIDES INHIBITORS ACETOLACTATE SYNTHASE (ALS) WITH DIFFERENT MECHANISMS OF ACTION

Author: Wagner Luiz Jaskulski

Advisor: Carlos Eduardo Schaedler

Itaqui, June 28, 2017.

The aim of this work was to evaluate the alternative chemical control of *Cyperus iria* with cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides. There were conducted two experiments arranged in completely randomized design, with four replications. The experiment I consisted of resistant (CYPIR-R), susceptible (CYPIR-S) biotypes and two rice cultivars. The herbicide treatments were: 1) control; 2) imazethapyr (106 g a.i. ha⁻¹); 3) (imazapyr + imazapic – 73,5 + 24,5 g a.i. ha⁻¹); 4) bentazone (960 g a.i. ha⁻¹); 5) propanil (3600 g a.i. ha⁻¹); 6) bentazone + imazamox (750 + 35 g a.i. ha⁻¹); 7) bentazone + imazamox (750 + 35 g a.i. ha⁻¹) + (imazapyr + imazapic – 73,5 + 24,5 g a.i. ha⁻¹); 8) bentazone (960 g a.i. ha⁻¹) + (imazapyr + imazapic – 73,5 + 24,5 g a.i. ha⁻¹); 9) glyphosate (1080 g a.e. ha⁻¹); 10) propanil + triclopyr (3800 g a.i. ha⁻¹ + 400 g a.e. ha⁻¹). The experiment II followed the same procedures, added rates of propanil + triclopyr (1900 g a.i. ha⁻¹ + 200 g a.e. ha⁻¹; 2280 g a.i. ha⁻¹ + 240 g a.e. ha⁻¹; 2660 g a.i. ha⁻¹ + 280 g a.e. ha⁻¹; 3040 g a.i. ha⁻¹ + 320 g a.e. ha⁻¹; 3420 g a.i. ha⁻¹ + 360 g a.e. ha⁻¹; 3800 g a.i. ha⁻¹ + 400 g a.e. ha⁻¹). The variables studied were: visual control at seven, 14, 21 and 28 days after treatments (DAT) and shoot dry mass (SDM) at 28 DAT. The herbicides used, except for ALS-inhibiting in isolation, were efficient in controlling CYPIR-R.

Keywords: *Cyperus iria*, resistant biotype, *Oryza sativa*, management.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Herbicidas utilizados, classificados por nome comercial, ingrediente ativo, mecanismo de ação (HRAC, 2010), dose recomendada de registro e dose de produto comercial (AGROFIT, 2017)..... 14.
- Tabela 2:** Controle (%) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e fitotoxicidade (%) de cultivares de arroz irrigado (Guri Inta CL e IRGA 424 RI) aos 28 dias após o tratamento, em resposta a diferentes tratamentos herbicidas. Itaqui-RS, 2016..... 16.
- Tabela 3:** Redução de matéria da parte aérea seca (MPAS – g planta⁻¹) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e cultivares de arroz irrigado (Guri Inta CL e IRGA 424 RI) aos 28 dias após o tratamento, em resposta a diferentes tratamentos herbicidas. Itaqui-RS, 2016..... 17.
- Tabela 4:** Controle (%) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e fitotoxicidade (%) de cultivares de arroz irrigado (BR IRGA 409 e IRGA 424 RI) aos 28 dias após o tratamento, em resposta a diferentes tratamentos herbicidas. Itaqui-RS, 2017.....17.
- Tabela 5:** Redução de matéria da parte aérea seca (MPAS – g planta⁻¹) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e cultivares de arroz irrigado (BR IRGA 409 e IRGA 424 RI) aos 28 dias após o tratamento, em resposta a diferentes herbicidas. Itaqui-RS, 2017.....17.
- Tabela 6:** Controle (%) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e redução da parte aérea seca (MPAS – g planta⁻¹) *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) aos 28 dias após o tratamento, em resposta a doses de propanil + triclopyr. Itaqui-RS, 2017.....18.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Valores observados e ajustados de fitotoxicidade (% em relação à testemunha), aos 28 dias após o tratamento, dos cultivares de arroz (○ IRGA 424 RI e ● BR IRGA 409) ao incremento das doses de herbicida propanil + tricyclopir. Barras nas médias representa o intervalo de confiança (IC). Experimento II.....18.

Figura 2: Médias observados e ajustados da redução da parte aérea seca (g por planta⁻¹ em relação à testemunha), aos 28 dias após o tratamento, dos cultivares de arroz (IRGA 424 RI e BR IRGA 409) ao incremento das doses de herbicida propanil + tricyclopir. Barras nas médias representa o intervalo de confiança (IC). Experimento II.....19.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.2. OBJETIVO GERAL.....	11
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
6. REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

As extensões das áreas agrícolas detectadas com a presença de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas são pequenas, mas vem crescendo em larga escala (LÓPES-OVEJERO *et al.*, 2006). Nos anos atuais se discute muito sobre o manejo de plantas daninhas nas culturas brasileiras e mundial em relação a seleção de biótipos resistentes aos herbicidas (MOREIRA *et al.*, 2010). A resistência de plantas daninhas aos herbicidas é definida como natural ou hereditária de determinados biótipos, dentro de uma população, capaz de sobreviver e se reproduzir após a exposição a doses de herbicidas que seriam letais a biótipos normais (suscetíveis) de mesma espécie (CRHISTOFFOLETI *et al.*, 2016).

A infestação de plantas daninhas em áreas de arroz irrigado representa um dos principais fatores limitantes para altas produtividades, essas perdas dependem da espécie infestante, população se é suscetíveis ou resistentes, da cultivar de arroz e dos manejos adotados (DOMINGOS *et al.*, 2015).

Espécies pertencentes à família Cyperaceae destacam-se pela alta competitividade por nutrientes, luz e água em lavouras de arroz irrigado no sul do país sendo um dos principais fatores que causam perdas no potencial produtivo e consequentemente uso indevido de herbicidas para controlá-la (GALON, L. *et al.*, 2008). O controle de plantas daninhas é importante para altas produtividades, sendo que, na ausência do controle pode reduzir em até 90% na produtividade (ANDRES E MACHADO, 2004).

O principal método de controle utilizado é o controle químico, por ser prático e alcançar altos índices de controle. Uma das classes de herbicidas mais utilizadas e difundidas são os inibidores da enzima ALS (acetolactato sintase) que atua diretamente na biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, tais como, valina, leucina e isoleucina (BEYER *et al.*, 1988). Sabendo que os herbicidas são selecionadores de biótipos resistentes, associado com o uso intensivo do mesmo ingrediente ativo por anos seguidos e a monocultura, favorece o aparecimento de biótipos resistentes (VIDAL E WINKLER, 2002).

Segundo Moreira *et al.* (2010), um dos principais meio de contornar o problema de plantas resistentes é o uso de herbicidas alternativos que promovem o controle a níveis similares e custos compatíveis ao sistema de produção. Em

algumas situações, plantas resistentes são mais facilmente controladas por herbicidas alternativos que as plantas susceptíveis (GRESSEL & SEGUEI, 1990)

1.2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o controle químico alternativo para *Cyperus iria* com resistência aos herbicidas inibidores da ALS.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o controle químico alternativo de *Cyperus iria* com resistência cruzada aos herbicidas inibidores da ALS, ocorrente em lavouras de arroz irrigado no sul do Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é uma das principais preocupações da agricultura moderna (BURGOS *et al.*, 2013). Limita ou inviabiliza o controle químico, causa perdas de áreas, produtividade, entre outros (TREZZI *et al.*, 2011). O número de novos casos foi impulsionado a partir de 1980 pelo surgimento dos herbicidas inibidores da ALS (VENCILL *et al.*, 2012), classe que apresenta o maior número de espécies com resistência, cerca de 63% dos casos (HEAP, 2017).

Essa classe de herbicida tornou-se uma ferramenta de grande importância para a agricultura, devido à alta eficiência e ao reduzido impacto ambiental. Contudo, com o uso excessivo desse herbicida detectou-se cinco anos após o surgimento dos herbicidas inibidores da ALS casos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas (SAARI *et al.*, 1994).

Os herbicidas inibidores da ALS tem papel fundamental no controle de dicotiledôneas, gramíneas e ciperáceas. No Brasil essa classe de herbicidas esta registrada para serem utilizadas em soja (44%), cana-de-açúcar (28%) e arroz irrigado (22%), além de ter registro para outras culturas como o feijão, milho e algodão (RODRIGUES E ALMEIDA, 1998; LORENZI, 1998).

A acetohidroxi ácido sintase (AHAS), também referida como acetolactato sintase (ALS), é uma enzima precursora de aminoácidos ramificados (valina, leucina e isoleucina) (DUGGLEBY *et al.*, 2008) e sua inibição resulta na morte de plantas (DENG *et al.*, 2014). Mutações pontuais na enzima (CHOE *et al.*, 2015), alta

eficácia, atividade residual no solo e, principalmente, o uso contínuo na agricultura, culminaram na resistência a estes herbicidas (TRANSEL & WRIGHT, 2002).

O uso de único herbicida, ou grupo de herbicidas com mesmo mecanismo de ação, é o fator mais determinante na evolução de resistência (NORSWORTHY *et al.*, 2012). Principalmente, a resistência cruzada, que ocorre quando o traço genético que torna biótipos de determinada espécie de planta daninha resistente a um herbicida, também os torna resistentes a outros herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, mas de grupos químicos distintos (DENG *et al.*, 2014).

No Brasil, os inibidores da ALS são um dos herbicidas mais utilizados na cultura do arroz irrigado (SCHAEDLER *et al.*, 2013). No entanto, a dependência excessiva nestes herbicidas, principalmente no controle de ciperáceas (DAL MAGRO *et al.*, 2010), resultou na resistência cruzada das três mais problemáticas (CHAUHAN & JOHNSON, 2009): *Cyperus difformis* (GALON *et al.*, 2008), *Fimbristylis miliacea* (SCHAEDLER *et al.*, 2013) e, recentemente, *Cyperus iria* (HEAP, 2017).

Biótipos de *Cyperus iria* L., popularmente conhecido como junquinho, com resistência cruzada aos inibidores da ALS foram identificados pela primeira vez em 2010, nos EUA (RIAR *et al.*, 2015). No Brasil, o primeiro caso oficial em arroz irrigado ocorreu em 2014, no Rio Grande do Sul. Caracterizaram-se níveis de resistência aos herbicidas pyrazosulfuron-ethyl, imazethapyr, penoxsulam e bispyribac-sodium (HEAP, 2017), pertencentes ao grupo das sulfonilureas, imidazolinones, triazolo-pyrimidines e pyrimidinyl (thio) benzoates (YU & POWLES, 2014), respectivamente.

Caracterizado o nível de resistência dos biótipos, devem-se adotar medidas de controle alternativo, como a utilização de herbicidas com mecanismos de ação diferentes ao que a planta adquiriu resistência (MARIANI *et al.*, 2016). Esta estratégia permite o manejo de plantas daninhas resistentes, através de rotações, misturas ou aplicações sequenciadas de herbicidas (BECKIE & TARDIF, 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Conduziram-se dois experimentos, entre novembro de 2016 e abril de 2017, em casa-de-vegetação pertencente à Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA Campus Itaqui). Foi utilizada a segunda geração do biótipo de CYPIR-21, coletado nas coordenadas 28°55'42' S, 56°11'18" W, com resistência cruzada aos herbicidas inibidores da ALS, pertencentes ao grupo das imidazolinones; sulfonilureas; pyrimidinyl (thio) benzoates e triazolopyrimidines (HEAP, 2017), denominado de CYPIR-R. Utilizaram-se ainda, sementes de CYPIR suscetível (CYPIR-S; 29°09'43" S, 56°33'06" W) e dois cultivares de arroz irrigado, Guri Inta CL e IRGA 424 RI.

No dia 7 de novembro de 2016, foram semeadas em duas bandejas de 128 células, contendo PLINTOSSOLO Háplico peneirado (EMBRAPA, 2013) e esterilizado (autoclave a 100°C durante 1h), sementes de CYPIR-R e CYPIR-S, conduzidas em casa-de-vegetação, com "floating"- lâmina de água de 10 cm. Aos 10 dias após a emergência (DAE), foram transplantadas para unidades plásticas com capacidade de 0,3 L (uma por vaso) perfuradas (irrigação por capilaridade), contendo solo peneirado. Os cultivares de arroz foram semeados diretamente nas unidades plásticas. As unidades experimentais foram mantidas em bandejas individualizadas contendo lâmina de água e separadas por tratamento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram: 1) testemunha, sem herbicida; 2) imazethapyr (106 g i.a. ha⁻¹ – Imazetapir Plus Nortox) + Dash HC 0,5%; 3) mistura comercial de imazapyr + imazapic (73,5 + 24,5 g i.a. ha⁻¹ – Kifix[®]) + Dash HC 0,5%; 4) bentazone (960 g i.a. ha⁻¹ – Basagran[®] 600) + Assist[®] 1%; 5) propanil (3600 g i.a. ha⁻¹ – Stam[®] 800 WG); 6) formulação de bentazone + imazamox (750 + 35 g i.a. ha⁻¹ – Amplo[®]) + Assist[®] 0,5%; 7) mistura de bentazone + imazamox (750 + 35 g i.a. ha⁻¹ – Amplo[®]) + imazapyr + imazapic (73,5 + 24,5 g i.a. ha⁻¹ – Kifix[®]) + Dash HC 0,5%; 8) mistura de bentazone (960 g i.a. ha⁻¹ – Basagran[®] 600) + imazapyr + imazapic (73,5 + 24,5 g i.a. ha⁻¹ – Kifix[®]) + Dash HC 0,5%; 9) glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹ – Crucial[®]); 10) formulação de propanil + triclopyr (3800 g i.a. ha⁻¹ + 400 g e.a. ha⁻¹ – Stampir BR) – Tabela 1. O volume de calda, conforme registro no Agrofite (2017), foi de 0; 200; 100; 100; 400; 200; 200; 100; 100 e 200 L ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 1. Herbicidas utilizados, classificados por nome comercial, ingrediente ativo, mecanismo de ação (HRAC, 2010), dose recomendada de registro e dose de produto comercial (AGROFIT, 2017). Itaqui-RS, 2017.

Nome comercial	Ingrediente ativo (i.a.)	Mecanismo de ação	Dose (g i.a. ha ⁻¹) ou (g e.a ha ⁻¹)*	Dose produto comercial (L p.c. ha ⁻¹) ou (g p.c. ha ⁻¹)**
Imazetapir Plus Nortox	imazethapyr	ALS ¹	106	1
Kifix®	(imazapyr + imazapic)	ALS	(73,5 + 24,5)	140g**
Basagran® 600	bentazone	PS II ²	960	1,6
Stam ® 800 WG	propanil	PS II	3600	4,5
Amplo®	(bentazone + imazamox)	PS II + ALS	(750 + 35)	1,25
Amplo® + Kifix®	(bentazone + imazamox) + (imazapyr + imazapic)	(PS II + ALS) + ALS	(750 + 35) + (73,5 + 24,5)	(1,25 + 140g)
Basagran® 600 + Kifix	bentazone + (imazapyr + imazapic)	PS II + ALS	960 + (73,5 + 24,5)	(1,6 + 140g)
Crucial®	glyphosate	EPSP synthase ³	1080	2
Stampir BR	propanil + triclopyr	PS II + Synt. Auxins ³	3800 + 400*	10
Stampir BR	propanil + triclopyr	PS II + Synt. Auxins	2280 + 240	6
Stampir BR	propanil + triclopyr	PS II + Synt. Auxins	2660 + 280	7
Stampir BR	propanil + triclopyr	PS II + Synt. Auxins	3040 + 320	8
Stampir BR	propanil + triclopyr	PS II + Synt. Auxins	3420 + 360	9
Stampir BR	propanil + triclopyr	PS II + Synt. Auxins	3800 + 400	10

¹ Inhibition of ALS (branched chain amino acid synthesis); ² Inhibition of photosynthesis PS II; ³ Inhibition of EPSP synthase; ⁴ Synthetic auxin

Quando as plantas atingiram o estágio de até 3-4 folhas, foram aplicados os tratamentos herbicidas, utilizando pulverizador pressurizado a CO₂ comprimido, munido de bicos (distantes 0,5 m) com jato plano, tipo leque, modelo XR 110.02, com pressão de trabalho de 250 kPa e barra postada a 0,4 m do alvo. A aplicação teve duração de 1 hora, com temperatura média de 27 °C e umidade relativa do ar (URA) de 70%. As plantas aspergidas foram conduzidas para estufa de túnel baixo, onde permaneceram por dois dias, após esse período foram remanejadas para bandejas contendo lâmina-de-água, em casa-de-vegetação.

Foi realizada diagnose visual de controle das plantas aos 7, 14, 21 (dados não apresentados) e 28 dias após o tratamento (DAT), observando-se o desenvolvimento de clorose, comparada com a testemunha, utilizando-se escala percentual: 0% quando não houve sintoma herbicida; e 100% quando houve morte total das plantas (BURRIL *et al.*, 1976). Aos 28 DAT as plantas remanescentes foram coletadas rente ao solo e colocadas em estufa de ar forçado a 60 °C por 72h, para a determinação da matéria da parte aérea seca (MPAS).

Entre março e abril de 2017 o experimento foi repetido, seguindo o mesmo procedimento anterior, avaliando-se as variáveis mencionadas. Porém, foi alterado o cultivar GURI Inta CL pelo cultivar BR IRGA 409 e avaliaram-se doses da mistura comercial de propanil + triclopyr – Tabela 1. A aplicação teve duração de 1h, com temperatura média de 26,5 °C, URA 70,5% e velocidade do vento de 1,45 m s⁻¹.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade e submetidos à análise de variância, ANOVA ($p \leq 0,05$). Quando detectada diferença significativa, realizou-se a comparação entre biótipos x cultivares x tratamentos herbicidas pelo teste de DMS de Fischer ($p \leq 0,05$). Para o tratamento de propanil + triclopyr, os dados foram analisados utilizando-se modelos não lineares de ajuste de curva de dose-resposta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos constataam diferença entre o biótipo de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), biótipo suscetível (CYPIR-S) e cultivares de arroz irrigado, em resposta aos diferentes tratamentos químicos utilizados ($p \leq 0,05$). De modo geral, o biótipo de CYPIR-R mostrou-se suscetível ao controle químico alternativo, exceto quando tratado com herbicidas inibidores da ALS, aplicados de forma isolada.

As variáveis avaliadas aos 28 DAT, em ambos os experimentos (I-2016 e II-2017), indicam que os tratamentos químicos empregando herbicidas que apresentam mecanismos de ação diferentes ao dos inibidores da ALS, utilizados para controlar ou reduzir a matéria da parte aérea seca (MPAS) de ambos os biótipos de CYPIR, são eficientes para o controle da espécie na cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2014). Aplicados de forma isolada, em formulação comercial ou, inclusive, em mistura com os ALS. Apenas o imazethapyr e (imazapyr + imazapic) aplicados de forma isolada, não foram eficientes – Tabela 2, 3, 4 e 5.

Os cultivares de arroz irrigado também apresentaram diferenças em resposta aos tratamentos herbicidas. Em ambos os experimentos, todos os cultivares (Guri Inta CL, BR IRGA 409 e IRGA 424 RI) apresentaram fitotoxicidade e redução da matéria da parte aérea seca (MPAS) ao herbicida glyphosate (Tabela 2, 3, 4, e 5). O cultivar IRGA 424 RI apresentou, ainda, fitotoxicidade ao propanil e à mistura dos herbicidas [bentazone + (imazapyr + imazapic)], sendo que este causou redução de MPAS – Tabela 3, 4 e 5, respectivamente. O cultivar BR IRGA 409 apresentou fitotoxicidade e redução de MPAS a todos os tratamentos utilizados com herbicidas inibidores da ALS, tanto aplicados de forma isolada como em mistura com outros ingredientes ativos (Tabela 4 e 5).

Tabela 2. Controle (%) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e fitotoxicidade (%) de cultivares de arroz irrigado (Guri Inta CL e IRGA 424 RI) aos 28 dias após o tratamento, em resposta a diferentes tratamentos herbicidas. Itaqui-RS, 2016

Tratamentos	Controle de <i>C. iria</i> e cultivares de arroz (%)			
	CYPIR R	CYPIR S	Guri	424 CL
Bentazone	A ¹ 99,70 a	A 100 a ¹	B 1,00 b	B 0,25 c
(Bentazone + imazamox)	A 100 a	A 100 a	B 0,00 b	B 0,00 c
(Bentazone + imazamox) + (Imazapyr + imazapic)	A 100 a	A 99,7 a	B 0,00 b	B 0,00 c
Bentazone + (imazapyr + imazapic)	A 99,5 a	A 99,7 a	B 2,00 b	B 7,25 bc
Glyphosate	A 99,3 a	A 100 a	A 96,0 a	A 96,5 a
Propanil	A 100 a	A 100 a	B 3,25 b	B 9,75 b
Imazapir+imazapic	B 11,0 b	A 97,7 a	B 3,75 b	B 6,25 bc
Imazethapyr	B 0,00 c	A 96,7 a	B 0,00 b	B 0,00 c
Testemunha	A 0,00 c	A 0,00 b	A 0,00 b	A 0,00 c
CV			11,23	

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e antecedidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste DMS de Fischer ($p \leq 0,05$).

Tabela 3. Redução de matéria da parte aérea seca (MPAS – g planta⁻¹) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e cultivares de arroz irrigado (Guri Inta CL e IRGA 424 RI) aos 28 dias após o tratamento, em resposta a diferentes tratamentos herbicidas. Itaqui-RS, 2016

Tratamentos	Redução de MPAS (g planta ⁻¹)			
	CYPIR R	CYPIR S	Guri	424 CL
Bentazone	A ¹ 0,00 c	A 0,00 b ¹	B 0,57 cd	C 0,99 a
(Bentazone + imazamox)	A 0,00 c	A 0,00 b	B 0,63 c	C 0,86 b
(Bentazone + imazamox) + (Imazapyr + imazapic)	A 0,00 c	A 0,01 b	B 0,67 c	C 0,95 a
Bentazone + (imazapyr + imazapic)	A 0,01 c	A 0,01 b	C 0,89 ab	B 0,57 cd
Glyphosate	A 0,01 c	A 0,00 b	A 0,03 e	A 0,03 e
Propanil	A 0,00 c	A 0,00 b	C 0,97 a	B 0,48 d
Imazapir+imazapic	B 0,66 b	A 0,02 b	C 0,93 a	B 0,63 c
Imazethapyr	C 1,28 a	A 0,03 b	B 0,81 b	B 0,82 b
Testemunha	B 0,64 b	D 1,07 a	A 0,51 d	C 0,86 b
CV	16,70			

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e antecedidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste DMS de Fischer ($p \leq 0,05$).

Tabela 4. Controle (%) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e fitotoxicidade (%) de cultivares de arroz irrigado (BR IRGA 409 e IRGA 424 RI) aos 28 dias após o tratamento, em resposta a diferentes tratamentos herbicidas. Itaqui-RS, 2017

Tratamentos	Controle de <i>C. iria</i> e cultivares de arroz (%)			
	CYPIR R	CYPIR S	409	424 CL
Bentazone	A ¹ 100 a	A 100 a ¹	B 0,00 e	B 0,00 d
(Bentazone + imazamox)	A 100 a	A 100 a	B 33,00 d	C 1,00 d
(Bentazone + imazamox) + (Imazapyr + imazapic)	A 100 a	A 100 a	B 88,25 bc	C 16,75 b
Bentazone + (imazapyr + imazapic)	A 100 a	A 100 a	B 81,25 c	C 1,25 d
Glyphosate	A 100 a	A 100 a	A 99,75 a	A 99,50 a
Propanil + triclopyr	A 97,00 a	A 100 a	C 2,50 e	B 7,00 cd
Propanil	B 87,75 b	A 99,00 a	D 0,00 e	C 8,25 c
Imazapir+imazapic	B 0,00 c	A 90,25 b	A 89,75 b	B 0,00 d
Imazethapyr	B 0,00 c	A 85,5 c	A 83,00 c	B 0,00 d
Testemunha	A 0,00 c	A 0,00 d	A 0,00 e	A 0,00 d
CV	5,92			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e antecedidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste DMS de Fischer ($p \leq 0,05$).

Tabela 5. Redução de matéria da parte aérea seca (MPAS – g planta⁻¹) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e cultivares de arroz irrigado (BR IRGA 409 e IRGA 424 RI) aos 28 dias após o tratamento, em resposta a diferentes herbicidas. Itaqui-RS, 2017

Tratamentos	Redução de MPAS (g planta ⁻¹)			
	CYPIR R	CYPIR S	409	424 CL
Bentazone	A ¹ 0,00 d	A 0,00 c ¹	C 0,40 a	B 0,31 a
(Bentazone + imazamox)	A 0,00 d	A 0,00 c	B 0,15 d	C 0,24 b
(Bentazone + imazamox) + (Imazapyr + imazapic)	A 0,00 d	A 0,00 c	B 0,12 e	C 0,24 b
Bentazone + (imazapyr + imazapic)	A 0,00 d	A 0,00 c	B 0,09 f	C 0,21 c
Glyphosate	A 0,01 d	A 0,00 c	AB 0,03 h	B 0,04 d
Propanil + triclopyr	A 0,00 d	A 0,00 c	B 0,23 c	B 0,23 bc
Propanil	A 0,02 d	A 0,00 c	C 0,29 b	B 0,25 b
Imazapir+imazapic	C 0,45 a	A 0,05 b	B 0,07 g	D 0,25 b
Imazethapyr	C 0,27 b	A 0,03 b	A 0,06 g	B 0,21 c
Testemunha	A 0,17 c	B 0,19 a	C 0,25 c	C 0,25 b
CV	12,69			

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e antecedidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste DMS de Fischer ($p \leq 0,05$).

A formulação de propanil + triclopyr, apesar de altamente eficiente no controle de CYPIR-R e CYPIR-S, causou fitotoxicidade e redução de MPAS nos cultivares BR IRGA 409 e IRGA 424 RI, em resposta ao incremento das doses utilizadas no intervalo recomendado de 2660 g i.a. ha⁻¹ + 280 g e.a. ha⁻¹ a 3800 g i.a. ha⁻¹ + 400 g e.a. ha⁻¹ (equivalente a 6 a 10L p.c. ha⁻¹). Para ambos os cultivares, houve fitotoxicidade a partir da dose de 2660 g i.a. ha⁻¹ + 280 g e.a. ha⁻¹ (equivalente a 7L p.c. ha⁻¹) e redução de MPAS a partir da dose de 3420 g i.a. ha⁻¹ + 360 g e.a. ha⁻¹ (equivalente a 9L p.c. ha⁻¹) – Tabela 6, Figura 1 e 2.

Tabela 6. Controle (%) de *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) e redução da parte aérea seca (MPAS) *Cyperus iria* resistente (CYPIR-R), *C. iria* suscetível (CYPIR-S) aos 28 dias após o tratamento, em resposta a doses de propanil + triclopyr. Itaquí-RS, 2017

Propanil (g i.a. ha ⁻¹) + triclopyr (g e.a. ha ⁻¹)	Controle (%)		MPAS (g planta ⁻¹)	
	CYPIR R	CYPIR S	CYPIR R	CYPIR S
3800 + 400	A ¹ 100 a	A 100 a ¹	A ¹ 0,00 b	A 0,00 b ¹
3420 + 360	A 100 a	A 100 a	A 0,00 b	A 0,00 b
3040 + 320	A 100 a	A 100 a	A 0,00 b	A 0,00 b
2660 + 280	A 100 a	A 100 a	A 0,00 b	A 0,00 b
2280 + 240	A 97,0 a	A 100 a	A 0,00 b	A 0,00 b
Testemunha	A 0,00 b	A 0,00 b	A 0,17 a	A 0,19 a
CV	15,96		15,32	

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e antecedidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste DMS de Fischer (p≤0,05).

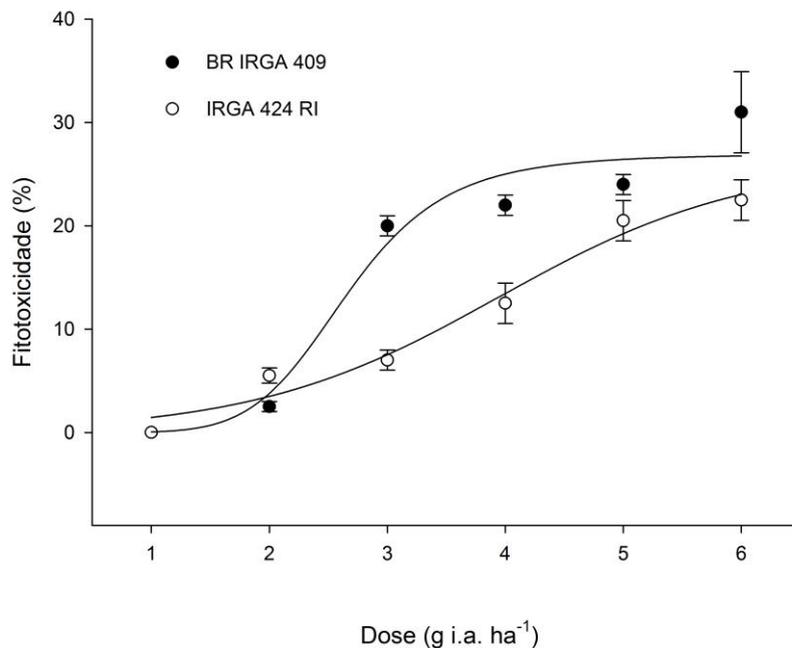


Figura 1. Médias observadas e ajustados de fitotoxicidade (% em relação à testemunha), aos 28 dias após o tratamento, dos cultivares de arroz (○ IRGA 424 RI e ● BR IRGA 409) ao incremento das doses de herbicida propanil + tryclopir. Barras nas médias representa o intervalo de confiança (IC). Experimento II.

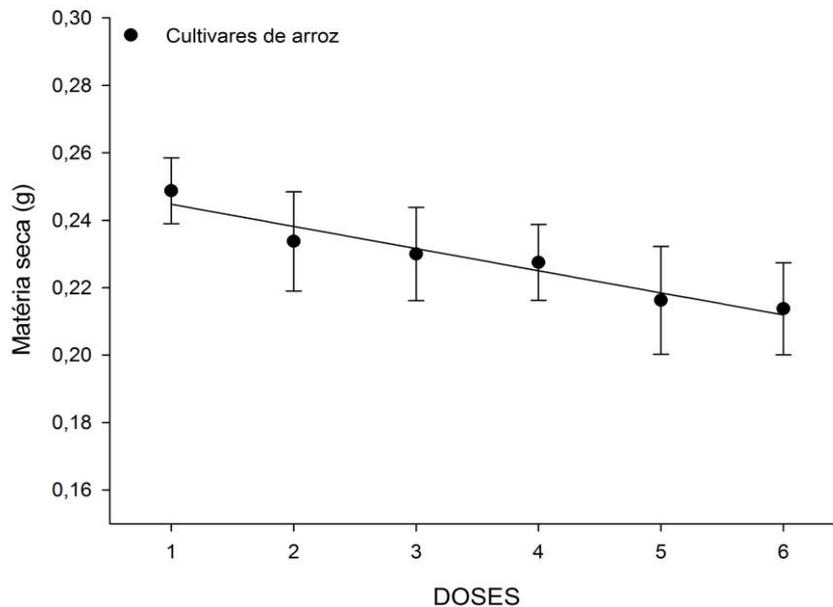


Figura 2. Médias observadas e ajustadas da redução da parte aérea seca (g por planta-1 em relação à testemunha), aos 28 dias após o tratamento, dos cultivares de arroz (IRGA 424 RI e BR IRGA 409) ao incremento das doses de herbicida propanil + tryclopir. Barras nas médias representa o intervalo de confiança (IC). Experimento II

O imazethapyr e (imazapyr + imazapic) são herbicidas inibidores da ALS, pertencentes ao grupo das imidazolinonas (IMIs), para uso exclusivo em cultivares que empregam a tecnologia ClearField® (MENEZES *et al.*, 2009), justificando a seletividade aos cultivares Guri Inta CL e IRGA 424 RI, bem como a fitotoxicidade e redução de MPAS no cultivar convencional BR IRGA 409. No entanto, não foram eficientes no controle e/ou redução de MPAS do CYP1R-R quando aplicados de forma isolada, evidenciando resistência do biótipo ao mecanismo de ação.

A resistência de plantas daninhas é uma resposta natural à pressão de seleção, imposta pelo uso contínuo e prolongado de herbicidas (VENCILL *et al.*, 2012; BAUCOM, 2016), resultando na adaptação de mecanismos que protegem as plantas ao dano destes produtos (BUSI *et al.*, 2013). Para os inibidores da ALS, a maioria dos casos de resistência são devido a uma alteração da enzima, resultante de uma mutação pontual no gene ALS (YU & POWLES, 2014; NTOANIDOU *et al.*, 2016), mecanismo de resistência ao local-alvo – Target-site resistance, TSR (DÉLYE *et al.*, 2013, GURU 2016). Até o momento, foram identificadas 22 mutações no gene, em oito regiões conservadas dos aminoácidos ALS (CHOE *et al.*, 2015).

Os inibidores da ALS, no entanto, quando aplicados em associação com herbicidas que apresentam outro mecanismo de ação, como os inibidores do Fotossistema II (PS II), tanto em formulação comercial como o (bentazone + imazamox) ou em mistura como o [(bentazone + imazamox) + (imazapyr + imazapic)] e [bentazone + (imazapyr + imazapic)], foram eficientes no controle de ambos os biótipos de CYPIR. A mistura de herbicidas é uma estratégia que tem se mostrado eficiente no controle de biótipos resistentes, pois expõe a planta daninha a múltiplos mecanismos de ação, tendo êxito no controle devido a um dos ingredientes ativos presente da mistura (EVANS *et al.*, 2016).

Pesquisas atuais demonstram, quando se refere aos herbicidas inibidores da ALS, que as misturas de produtos empregando diferentes mecanismos de ação são mais eficientes do que as rotações na mitigação da evolução da resistência (BECKIE & REBOUD, 2009). No Brasil, esta estratégia pode ser praticada pelo agricultor, sob sua responsabilidade. No entanto, o profissional não pode receitar em desacordo com as recomendações aprovadas na bula (GAZZIERO, 2015).

As misturas podem resultar em efeitos adversos em relação ao efeito de cada produto utilizado isoladamente (VIEIRA JUNIOR *et al.*, 2015). Neste estudo, foi observado fitotoxicidade e redução de MPAS na cultura do arroz com a mistura de bentazone + (imazapyr + imazapic). Abbas *et al.* (2016), encontraram resultados similares na cultura do trigo para a mistura de herbicidas inibidores do Fotossistema II + inibidores da ACCase, mas tal efeito não interferiu na produtividade da cultura. No entanto, a mistura de inibidores da ALS + inibidores da ACCase reduziu o crescimento e a produtividade da cultura do trigo.

Nas condições em que este estudo foi realizado, o ingrediente propanil, utilizado na dose de 3600 g i.a. ha⁻¹ (4,5 Kg i.a. ha⁻¹), também causou fitotoxicidade e redução de MPAS no cultivar IRGA 424. Efeitos similares ocorreram com a formulação de propanil + triclopyr nos cultivares IRGA 424 RI e BR IRGA 409, com o aumento das doses. No relatório técnico do fabricante, o propanil utilizado na dose de 3200 g i.a. ha⁻¹ (abaixo da recomendada), não apresentou sintomas a partir do 16º dia após tratamento (DAT). Para o propanil + triclopyr (3.040 g i.a. ha⁻¹+ 445 g e.a. ha⁻¹), aos 56 DAT as plantas de arroz apresentaram redução no desenvolvimento. No entanto, nenhum dos herbicidas reduziu a produtividade da cultura (EBERHARDT, 2016). Como as avaliações foram encerradas aos 28 DAT,

não se pode inferir sobre a seletividade de tais herbicidas para os cultivares utilizados.

Não obstante, o bentazone e o propanil aplicados de forma isolada, assim como a formulação de (propanil + triclopyr), foram eficientes para o controle dos biótipos de CYPIR-R e CYPIR-S. Para a ocorrência de biótipos de CYPIR com resistência cruzada aos inibidores da ALS, Riar et al. (2015) também utilizaram inibidores do Fotossistema II (bentazone e propanil) e Auxina Sintética (2,4-D) no controle químico alternativo. O índice de controle foi considerado eficiente.

Referente ao glyphosate deve-se considerar que é um herbicida não seletivo, que inibe a atividade da enzima 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate *synthase* (EPSPS), responsável pela biossíntese dos aminoácidos aromáticos triptofano, fenilalanina e tirosina (ZABLOTOWICZ & REDDY, 2007). Assim, deve ser utilizado na pré-semeadura da cultura do arroz irrigado. Outra alternativa para o controle de CYPIR-R nesta cultura é por ocasião o início da emissão do coleóptilo das plantas de arroz, subperíodo da semeadura-emergência, no estágio fenológico S₃, “ponto-de-agulha” (MENEZES *et al.*, 2013) ou, ainda, rotação com soja RR.

Convém lembrar, conforme Uizurrun & Leaden (2012), que o uso de tecnologias como a soja resistente ao glyphosate (RR), não melhorou o manejo de plantas daninhas e, ainda, contribuiu para o surgimento de resistência aos herbicidas. Culturas geneticamente modificadas, como cultivares de soja transgênica, resultam em maior risco de seleção de biótipos resistentes, em consequência da maior pressão de seleção imposta (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2008).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os herbicidas inibidores da ALS, associados com produtos que apresentam outro mecanismo de ação, são eficientes no controle químico alternativo do biótipo de CYPIR-R, não inviabilizando o uso da tecnologia ClearField® na cultura do arroz irrigado. No Brasil, entretanto, há poucos herbicidas em uso comercial com mecanismos de ação diferenciados para o controle de *Cyperus iria*, restringindo o controle químico alternativo do biótipo resistente (CYPIR-R).

Na cultura do arroz irrigado, os herbicidas alternativos, utilizados em pós-emergência, distribuem-se em dois principais mecanismos de ação: inibidores do Fotossistema II (PS II) e associação de PS II com Auxina Sintética. Na pré-semeadura da cultura, a única alternativa é o tratamento com herbicida de ação total (inibidor da EPSPS). Portanto, considerando-se que as plantas daninhas se adaptam as práticas de manejo adotado, deve-se adotar medidas que integram manejos para controlá-las.

6. REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; VARGAS, L.; NOLDIN, J. A. Resistência de *Cyperus difformis* L. ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl e alternativas de controle. *Semina: Ciências Agrárias*. v.32: 839-48. 2011
- AGROFIT. Sistema de consulta a agrotóxicos registrados no Brasil. 2017. <https://www.agricultura.gov.br/agrofit><Acesso em 27 Fev. 2017> .
- ANDRES, A.; MACHADO, S. L. O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES Jr., A. M. (Eds.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 457-546.
- BAUCOM, R.S. The remarkable repeated evolution of herbicide resistance. *American Journal of Botany*. v.103: 181-183. 2016.
- BECKIE, H.J., REBOUD, X. Selecting for weed resistance: herbicide rotation and mixture. *Weed Technology*. v.23: 363-370. 2009.
- BECKIE, H.J., TARDIF, F.J. Herbicide cross resistance in weeds. *Plant Protection*. v.35: 15-28. 2012.
- BEYER, E.M.; DUFFY, M.J.; HAY, J.V.; SCHLUETER, D.D. SULFONYLUREA IN: KEARNEY, P.C.; KAUFMAN, D.D. (eds). *Herbicides: chemistry, degradation, and mode of action*. New York: M. Dekker. v.3, p.117-189. 1988.
- BURGOS, N.R., TRANEL, P.J., STREIBIG, J.C., DAVIS, V.M., SHANER, D., NORSWORTHY, J.K., RITZ, C. Review: confirmation of resistance to herbicides and evaluation of resistance levels. *Weed Science*. v.61: 4-20. 2013.
- BURRILL, L.C., CARDENAS, J.C., LOCATELLI, E. *Field manual for weed control research*. International Plant Protection Center, Oregon, USA. 59p. 1976.
- BUSI, R.; VILA-AIUB, M.M.; BECKIE, H.J.; GAINES, T.A.; GOGGIN, D.E.; KAUNDUN, S.S.; LACOSTE, M.; NEVE, P.; NISSEN, S.J.; NORSWORTHY, J.K.; RENTON, M.; SHANER, D.L.; TRANEL, P.J.; WRIGHT, T.; YU, Q.; POWLES, S.B. Herbicide-resistant weeds: from research and knowledge to future needs. *Evolutionary Applications*. v.6: 1218–1221. 2013.

- CHAUHAN, B.S., JOHNSON, D.E. Ecological studies on *Cyperus difformis*, *Cyperus iria* and *Fimbristylis miliacea*: three troublesome annual sedge weeds of rice. ***Annals of Applied Biology***. v.155: 103-112. 2009.
- CHRISTOFFOLETI, P.J., NICOLAI, M. Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. Associação Brasileira de ação à resistência de plantas daninhas aos herbicidas (HRAC-BR). 4ª ed. 2016.
- CHOE, M.; CHOE, W.; LEE, I.; WU, M.; LIU, S. Computational analysis of mutated AHAS in response to sulfonylurea herbicides. ***Weed Research Society***. v.55: 359–369. 2015.
- DAL MAGRO, T.; REZENDE, S.T.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; SILVA, A.A.; FALKOSKI, D. Propriedades enzimáticas da enzima ALS de *Cyperus difformis* e mecanismo de resistência da espécie ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl. ***Ciência Rural***. v.40: 2439-445. 2010.
- DÉLYE, C., JASIENIUK, M., LE CORRE, V. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. ***Trends in Genetics***. v.29: 649-658. 2013
- Deng, W.; CAO, Y.; YANG, Q.; LIU, M.J.; MEI, Y.; ZHENG, M.Q. Different cross-resistance patterns to AHAS herbicides of two tribenuron-methyl resistant flixweed (*Descurainia sophia* L.) biotypes in China. ***Pesticide Biochemistry and Physiology***. v.112: 26-32. 2014.
- DUGGLEBY, R.G., MCCOURT, J.A., GUDDAT, L.W. Structure and mechanism of inhibition of plant acetohydroxyacid synthase. ***Plant Physiology and Biochemistry***. v.46: 309-324. 2008.
- EBERHARDT, D. S.; OLIVEIRA NETO, A. M.; NOLDIN, J. A. Eficácia de herbicidas pré-emergentes no controle de capim-arroz em sistema de cultivo mínimo. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. Pelotas, RS: Embrapa/Sosbai. P. 803-806. 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Embrapa, Brasília, Brasil. 353p. 2013.
- EVANS, J.A., TRANEL, P.J., HAGER, A.G., SCHUTTE, B., WU, C., CHATHAMB, L.A., DAVISA, A.S. Managing the evolution of herbicide resistance. ***Pest Management Science***. v.72: 74-80. 2016.
- GALON, L.; PANOZZO, L.E.; NOLDIN, J.A.; CONCENÇO, G.; TAROUÇO, C.P.; FERREIRA, E.A.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.

- Resistência de *Cyperus difformis* a herbicidas inibidores da ALS em lavoura de arroz irrigado em Santa Catarina. **Planta daninha**. v.26: 419-27. 2008.
- GAZZIERO, D.L.P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**. v.33: 83-92. 2015.
- GRESSEL, J.; SEGEL, L.A. Herbicide rotations and mixtures: effective strategies to delay resistance. In: GREEN, M.B.; LeBARON, H.L.; MOBERG, W.K. Managing resistance to agrochemicals: from fundamental research to practical strategies. Washington: American Chemical Society. p.430- 458. 1990.
- GURU, S.K. Herbicide resistance and its management. *Adv Plants Agric Res* 4: 1-2. 2016.
- HEAP I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. www.weedscience.org<Acesso: 16 de Fev. 2017>. 2017.
- HRAC. Herbicide Resistance Action Committee. <https://www.hracglobal.com/pages/world%20of%20herbicides%20map.aspx> <Acesso em 27 Fev. 2017>. 2010.
- LÓPEZ-OVEJERO, R.F., PENCKOWSKI, L.H., PODOLAN, M.J., CARVALHO, S.J.P. E CHRISTOFFOLETI, P.J. Alternativas de manejo químico da planta daninha *Digitaria ciliaris* resistente aos herbicidas inibidores da ACCase na cultura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.2, p.407-414. 2006.
- LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas. 5. ed. Nova Odessa: Plantarum. 340 p. 2000.
- MARIANI, F., VARGAS, L., AGOSTINETTO, D., FRAGA, D.S., SANTOS, F.M.DOS, PIESANTI, S.R. Resistência de biótipos de azevém ao herbicida iodosulfurometílico sódio e herbicidas alternativos para o controle. **Revista de la Facultad de Agronomía**. v.115: 35-43. 2016.
- MENEZES, M.G.; MARIOT, C.H.P.; KALSING, A.; FREITAS, T.F.S.; GROHS, D.S.; MATZENBACHER. Associação de glyphosate e imidazolinonas no controle de arroz-vermelho em arroz *Clearfield®*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.12, p.2159. 2013.
- MOREIRA, M.S., MELO, M.S.C, CARVALHO, S.J.P., NICOLAI, M. E CRHISTOFFOLETI, P.J. Herbicidas alternativos para controle de biótipos de *Conyza bonariensis* e *C. canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta daninha**, Viçosa-MG, v.28, n.1, p.167-175. 2010.

- NORSWORTHY, J.K., WARD, S.M., SHAW, D.R., LLEWELLYN, R.S., NICHOLS, R.L., WEBSTER, T.M., BRADLEY, K.W., FRISVOLD, G., POWLES, S.B., BURGOS, N.R., WITT, W.W., BARRETT, M. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendation. **Weed Science**. v.60: 31-62. 2012.
- NTOANIDOU, S.; KALOUMENOS, N.; DIAMANTIDIS, G.; MADEISIS, P.; ELEFTHEROHORINOS, I. Molecular basis of *Cyperus difformis* cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. v.127: 38-45. 2016.
- RIAR, D.S.; TEHRANCHIAN, P.; NORSWORTHY, J.K.; NANDULA, V.; MCELROY, S.; SRIVASTA, V.; CHEN, S.; BOND, J.A.; SCOTT, R.C. Acetolactate synthase-inhibiting, herbicide-resistant rice flatsedge (*Cyperus iria*): cross-resistance and molecular mechanism of resistance. **Weed Science**. v.63: 748-757. 2015.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas. Londrina: IAPAR. 648 p. 1998.
- SAARI, L. L.; COTTERMAN, J. C.; THILL, D. C. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry. Boca Raton: CRC Press. p. 83-139. 1994.
- Schaedler, C.E. et al. 2013. Globe fringerush (*Fimbristylis miliacea*) cross resistance to ALS-inhibitor herbicides under field conditions in irrigated rice in the south of Brazil. **Planta Daninha**. v.31: 893-902.
- SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil*. Sosbai, Santa Maria, Brasil. 192 p. 2014.
- TRANDEL, P., WRIGHT, T.R. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? **Weed Science**. v.50: 700-12. 2002.
- TREZZI, M.M., XAVIER, E., VIDAL, R.A., PORTES, E.D.S., VOTTRI, M., LAMEGO, F.P. Quick test of foliar immersion of *Euphorbia heterophylla* to confirm resistance to PPO and ALS-inhibiting herbicides. **Planta Daninha**. v.29: 901-912. 2011.
- UIZURRUN P.D & LEADEN M.I. Análisis de la sensibilidad de biotipos de *Lolium multiflorum* a herbicidas inhibidores de la enzima ALS, ACCase y glifosato. **Planta Daninha**. v.30: 667-673. 2012.

- VENCILL, W.K., NICHOLS, R.L., WEBSTER, T.M., SOTERES, J.K., MALLORY-SMITH, C., BURGOS, N.R., JOHNSON, W.G., MCCLELLAND, M.R. Herbicide resistance: toward an understanding of resistance development and the Impact of herbicide-resistant crops. *Weed Science*. v.60: 2-30. 2012.
- VIDAL, R.A., WINKLER, L.M. Resistencia de plantas daninhas: seleção ou indução à mutação pelos herbicidas inibidores de acetolactato sintase (ALS). *Pesticidas: R.Ecotoxicol. e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 12, p. 31-42, jan./dez. 2002.
- YU, Q., POWLES, S.B. Resistance to AHAS inhibitor herbicides: current understanding. *Pest Management Science*. v.70: 1340-350. 2014.
- ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. *Crop Protection, Guildford*, v. 26, n. 3, p. 370-376, 2007.