

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

**SUSCETIBILIDADE DA AVEIA-PRETA AO RESIDUAL DE
IMAZETHAPYR NO SOLO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANDRÉ LIMANA TAMBARA

**Itaqui, RS, Brasil
2017**

ANDRÉ LIMANA TAMBARA

**SUSCETIBILIDADE DA AVEIA-PRETA AO RESIDUAL DE
IMAZETHAPYR NO SOLO**

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: Prof. Dr. Carlos Eduardo Schaedler

Itaqui, RS, Brasil
2017

ANDRÉ LIMANA TAMBARA

Tambara, André Limana.
Suscetibilidade da aveia-preta ao residual de imazethapyr no solo/ André Limana Tambara.
23 p.

T154s

Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2017.
“Orientação: Prof. Dr. Carlos Eduardo Schaedler”.

1. *Avena strigosa*. 2. Imidazolinonas. 3. Efeito residual. Schaedler. I Título.

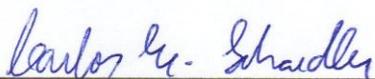
ANDRÉ LIMANA TAMBARA

**SUSCETIBILIDADE DA AVEIA-PRETA AO RESIDUAL DE
IMAZETHAPYR NO SOLO**

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: 27 de junho de 2017.

Banca examinadora:



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



Prof. Dr. Eduardo Bohrer de Azevedo
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof^a. Dra. Renata Silva Canuto de Pinho
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Enio Tambara e Lútia Tambara, e a minha irmã Andréia Tambara, pelo apoio, amor e compreensão, durante toda minha graduação.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente pela proteção e orientação nas escolhas desta jornada, ao suporte espiritual em todos os momentos, bons e ruins.

Ao meu pai, Enio Urbano Tambara, por conceder toda base estrutural, dando-me conhecimento, incentivando e guiando-me em todos os momentos.

A minha mãe, Láutia Limana Tambara, por estar caminhando junto comigo em busca de meus sonhos e sempre incentivando meus estudos.

A minha irmã, Andréia Limana Tambara, que sempre esteve ao meu lado neste caminho e nos momentos que mais precisei esteve junto.

A minha outra mãe, Zulma Davilla, que ensinou a distinguir o certo do errado e orientando o caminho a ser seguido para a vida toda.

A minha namorada Adrienne Fioravante Marques ofereço um agradecimento mais do que especial, por ter vivenciado comigo passo a passo todos os detalhes deste trabalho, ter me ajudado, durante toda a coleta de dados, por ter dado apoio que necessitava nos momentos difíceis, todo carinho, respeito, por ter me aturado nos momentos de estresse, e por sempre estar cobrando “faz o trabalho”, e ainda por tornar minha vida cada dia mais feliz.

A Universidade Federal do Pampa, por toda base de ensinamentos adquiridos durante a graduação e auxílios financeiros.

Ao professor orientador, Dr. Carlos Eduardo Schaedler, pelo conhecimento transmitido, e a orientação para elaboração deste trabalho.

Ao grupo PET Agronomia, e o prof. Dr. Marcos Toebe por me tornar uma pessoa de melhor caráter.

Aos colegas de graduação, que com o passar do tempo tornaram-se grandes amigos. Em especial aos colegas e amigos Diego Chiapinotto e Renata Dornelles pelos auxílios prestados, amizade e companheirismo em vários momentos.

RESUMO

SUSCETIBILIDADE DA AVEIA-PRETA AO RESIDUAL DE IMAZETHAPYR NO SOLO

Autor: André Limana Tambara

Orientador: Carlos Eduardo Schaedler

Itaqui, 27 de junho de 2017.

O uso de pastagens cultivadas de inverno é uma das alternativas para sucessão com a cultura do arroz irrigado, sendo a aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) bastante usual. No entanto, em lavouras orizícolas predomina o uso de cultivares tolerantes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, que podem apresentar residual no solo de até dois anos. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a suscetibilidade da aveia-preta ao residual do herbicida imazethapyr no solo. A pesquisa foi realizada em área experimental, pertencente à Universidade Federal do Pampa (Campus Itaqui), em Plintossolo Háplico. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. A aplicação de imazethapyr ocorreu no dia 14/05/16, nas doses de: 0; 26,5; 53; 106; 212 e 424 g i.a ha⁻¹, correspondendo a 0, ¼; ½; 1, 2 e 4x, sendo x = dose recomendada para a cultura do arroz. A semeadura da aveia, cultivar Embrapa BRS 139, ocorreu um mês após aplicação, utilizando 150 plantas m⁻². Foi realizada avaliação aos 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE), da estatura de plantas (cm) e sintoma causado pelo herbicida. No estágio fenológico médio leitoso, foi realizado o corte e determinada a matéria seca da parte aérea (MSPA). Os dados foram submetidos à análise de variância. Quando detectada diferença significativa (p≤0,05), foi realizada análise de regressão utilizando modelos não lineares. Os resultados evidenciam que a aveia-preta é suscetível ao residual de imazethapyr no solo, aplicado 30 dias antes da semeadura, podendo inviabilizar a sucessão em áreas onde se utiliza arroz com tecnologia de herbicidas à base de imidazolinonas.

Palavras-chave: *Avena strigosa*, imidazolinonas, herbicida, sucessão de culturas.

ABSTRACT

SUSCEPTIBILITY OF BLACK-OAT TO IMAZETHAPYR RESIDUAL IN SOIL

Author: André Limana Tambara

Advisor: Carlos Eduardo Schaedler

Itaqui, June 27, 2017.

The cool season pastures is one of the alternatives for succession with irrigated rice cultivation, with black oats (*Avena strigosa Schreb.*) being quite common. However, in rice crops predominates the use of cultivars tolerant to imidazolinone chemical group herbicides, which may present residual in the soil for two years. The aim of this research was to evaluate the susceptibility of black oat to the residual of imazethapyr herbicide in the soil. The research was carried out in an experimental area, from Federal University of Pampa (Campus Itaqui), in Haplic Plinthosol. The experimental was conducted in a randomized complete block design, with four replications. The imazethapyr application occurred on 14/05/16 at doses of: 0; 26.5; 53; 106; 212 and 424 g a.i. ha⁻¹, corresponding to 0, ¼; ½; 1, 2 and 4x, x = recommended dose for rice cultivation. The black oat sowing, cultivar Embrapa BRS 139 occurred one month after application, using 150 plants m⁻². The Evaluation was performed at 14, 21, 28, 35, 42, 49 and 56 days after emergence (DAE), plant height (cm) and herbicide symptom. In the medium milky growth stage, the shoot was cut and shoot dry matter (MSPA) was determined. Data were submitted to analysis of variance (p≤0.05). When significant difference was detected, regression analysis was performed using nonlinear models. The results show that black oat is susceptible to the residual of imazethapyr in the soil, applied 30 days before sowing, and may prevent succession in areas where rice with herbicide technology based on imidazolinones is used.

Keywords: *Avena strigosa*, imidazolinones, herbicide, succession of cultures.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Estatura (cm) de aveia-preta (cv. BRS 139), avaliada ao 56 dias após a emergência, em respostas as doses de imazethapyr (g i.a. ha⁻¹)..... 15
- Figura 2 - Fitotoxicidade (% em relação à testemunha) de aveia-preta (cv. BRS 139), avaliada ao 56 dias após a emergência, em resposta as doses de imazethapyr (g i.a. ha⁻¹)..... 15
- Figura 3 - Matéria seca da parte aérea (MSPA – Kg ha⁻¹) de aveia-preta (cv. BRS 139), avaliada aos 80 dias após a emergência, em resposta as doses de imazethapyr (g i.a. ha⁻¹)..... 16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
5 REFERÊNCIAS.....	19

1 INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Sul destaca-se por possuir área aproximada de 6 milhões de hectares de solos de terras baixas (PINTO *et al.*, 2004), grande parte desta área possui potencial para utilização no sistema de rotação e/ ou sucessão com o arroz irrigado (*Oryza sativa*). Anualmente, cerca de um milhão de hectares são ocupados pelo cultivo do cereal, o restante permanece geralmente em pousio (VERNETTI JÚNIOR *et al.*, 2009). O predomínio do monocultivo do arroz irrigado nestas áreas aumenta a infestação de plantas daninhas, o surgimento de pragas, causando a degradação e, conseqüentemente, redução de produtividades (MARTINEZ *et al.*, 2003; MARCHEZAN *et al.*, 2004).

A rotação e/ ou sucessão de culturas em solos de várzea, cultivados com arroz irrigado, visa diminuir os níveis de infestação de plantas daninhas. Além disso, otimiza o uso das máquinas, da mão-de-obra, rompe ciclos de doenças, de pragas e diversifica a renda. O uso deste manejo diminui a dependência de insumos, aumentando a rentabilidade (VERNETTI JÚNIOR *et al.*, 2003). Assim, em áreas de arroz irrigado, a utilização de outros cultivos complementares justifica-se por aspectos econômicos, técnicos e ambientais (SOSBAI, 2016). De fato, a adoção desta estratégia é componente vital da agricultura moderna (ZHANG *et al.*, 2002).

Uma alternativa que tem demonstrado bons resultados são as forrageiras de cultivo hibernal, que utilizadas como cobertura vegetal, proporcionam o aumento do teor de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e melhoram a qualidade do solo para as culturas subsequentes (VERNETTI JÚNIOR *et al.*, 2009). Neste sentido, a aveia-preta (*Avena strigosa Schreb*), destaca-se entre as gramíneas de clima temperado que se consolidaram como alternativa forrageira efetivamente usada nos sistemas de produção, tendo maior projeção em sistemas integrados de produção agropecuária na Região Sul (GERDES *et al.*, 2005; FLOSS, 1988). Assim, é considerada uma das principais espécies para a sucessão com a cultura do arroz irrigado (ROSO e RESTLE, 2000).

Herbicidas utilizados em lavouras orizícolas, no entanto, que empregam a tecnologia Clearfield® podem inviabilizar o uso futuro dessas áreas com outros cultivos. Esta tecnologia consiste na utilização de cultivares de arroz resistente aos herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas (IMIs) (CROUGHAN,

1998), cujo principal objetivo é o controle de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) (VILLA *et al.*, 2006). Na safra 2007/08, a utilização de herbicidas do grupo das IMIs era superior a 500 mil ha, representando metade das lavouras de arroz irrigado no RS (IRGA, 2008).

Os herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas apresentam como mecanismo de ação a inibição da enzima acetolactato sintase (ALS) (NICOLAI *et al.*, 2008) e podem apresentar persistência no solo de até dois anos (RENNER *et al.*, 1998). A persistência residual dos herbicidas no solo depende de suas propriedades químicas, características físico-químicas do solo, da formulação, dose aplicada do produto e das condições climáticas preponderantes (KRAEMER *et al.*, 2009). No caso específico de herbicidas do grupo das imidazolinonas, a dissipação microbiana aeróbica é a principal forma de degradação no ambiente (SHANER e O'CONNOR, 1991). No entanto, solos sujeitos ao excesso de umidade e baixo teor de matéria orgânica (típicos de lavouras orizícolas), reduzem a população de micro-organismos, o que pode aumentar ainda mais a persistência do produto.

A persistência desses herbicidas no solo após o cultivo pode estar em quantidades que comprometem a utilização futura da área com outras culturas suscetíveis (KRAEMER *et al.*, 2009). Assim, a utilização de culturas de inverno, na sucessão lavoura/ pecuária, a rotação de culturas ou cultivar de arroz não tolerante aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas podem ser prejudicadas, inviabilizando o uso futuro dessas áreas com outros cultivos (VILLA *et al.*, 2006).

Vários estudos comprovam os efeitos residuais de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas em culturas de sucessão/ rotação, como o azevém na sequência do arroz (PINTO *et al.*, 2009), milho safrinha em soja (ARTUZI e CONTIERO, 2006), girassol (DAN *et al.*, 2012), entre outros. O intervalo seguro entre a aplicação de imazethapyr e a semeadura de arroz não tolerante, para não haver risco de intoxicação, é de 540 dias (WILLIAMS *et al.*, 2002).

Deste modo justifica-se avaliar o possível efeito residual destes herbicidas em culturas suscetíveis como a aveia-preta, que demonstra importância para o setor agropecuário da região. Com base no que foi exposto, o objetivo do trabalho é avaliar a suscetibilidade da aveia-preta ao residual do herbicida imazethapyr no solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área experimental, pertencente à Universidade Federal do Pampa (Campus Itaqui), em solo classificado como Plintossolo Háplico (EMBRAPA, 2013). O clima do local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido sem estação seca definida, com verões quentes (PEEL *et al.*, 2007). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada unidade experimental medindo 3 x 4 m, onde foi aplicado o herbicida.

Para avaliar a suscetibilidade da aveia-preta ao residual de imazethapyr no solo foram realizadas aplicações de seis doses de Imazetapir Plus Nortox®, x = 106 g i.a. ha⁻¹, estas representadas por: 0; 26,5; 53; 106; 212 e 424 g i.a ha⁻¹, correspondendo a 0, ¼; ½; 1, 2 e 4x, x = dose recomendada para a cultura do arroz (AGROFIT, 2017). Ocorrendo no dia 14/05/16 diretamente no solo, um mês após a aplicação foi realizada a semeadura da cultura, esta ocorrendo no dia 14/06/16. Esse período entre a aplicação e a semeadura deve-se a fase denominada *lag*, que representa um período inicial de adaptação de micro-organismos ao meio antes do início da sua fase de crescimento e degradação dos herbicidas (PROCÓPIO *et al.*, 2014).

A aplicação foi realizada com pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido de pontas de pulverização (distantes 0,5 m) com jato plano, tipo leque, modelo XR 110.02, com pressão de trabalho de 250 kPa. A barra foi postada a 0,4 m do alvo e o volume de calda foi de 200 L ha⁻¹. Adicionou-se a calda o adjuvante Dash HC 0,5% v/v (constituído por uma mistura de ésteres metílicos com 93% de hidrocarbonetos aromáticos). As condições climáticas durante a aplicação foram de 19,3°C de temperatura, 84% de umidade relativa do ar e velocidade do vento de 8 km/h.

A semeadura da aveia-preta foi realizada com semeadora de plantio direto com 9 linhas e espaçamento entre elas de 0,17 m, o tamanho das parcelas onde foram efetivamente realizadas as avaliações possuíram dimensões de 3 metros de comprimento e 1,53 metros de largura, com área total de 4,59 m². A cultivar utilizada foi Embrapa BRS 139, com população de 150 plantas por m². A adubação de base e cobertura utilizada conforme a recomendação para a cultura, em função da análise de solo conforme as seguintes características: pH em água – 5,1; teor de matéria orgânica 1,7 (%); textura classe 3; 26% teor de argila; 3 mg kg⁻¹ de P e 24 mg kg⁻¹

de K.Com expectativa de produção de 5 t ha⁻¹ (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

As variáveis avaliadas foram: estatura de plantas, fitotoxicidade e matéria seca da parte aérea (MSPA). Para a estatura foram realizadas avaliações aos 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE), utilizando régua milimétrica, mensurando da base até o ápice da folha distendida, em 40 plantas aleatórias nas quatro linhas centrais da parcela, sendo demarcadas com palito de madeira e avaliadas até o final do experimento. A toxicidade na cultura da aveia-preta foi determinada pelo o sintoma do herbicida aos 14, 21, 28, 35, 42, 49 (dados não apresentados) e 56 DAE. O sintoma herbicida foi determinado utilizando-se escala percentual, onde foram atribuídas notas de 0% a 100%, a menor quando não houve sintoma herbicida e a maior quando houve morte total das plantas (BURRIL *et al.*, 1976). Quando as plantas atingiram o estágio fenológico médio leitoso segundo a escala descrita por Zadoks, *et al.*,(1974), as plantas remanescentes foram coletadas rente ao solo em amostras de 0,50 m² e colocadas em estufa de ar forçado a 60°C por 72h, para determinação da matéria seca da parte aérea seca (MSPA). Os dados de MSPA foram transformados para Kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância, ANOVA (p≤0,05). Quando constatada diferença significativa, foi utilizado o programa Sigma Plot 10,0 para a análise de regressão e de ajuste das curvas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostram diferença para a variável estatura, sintoma herbicida e matéria seca da parte aérea (MSPA), em resposta às doses do herbicida utilizado ($p \leq 0,05$). As variáveis avaliadas indicam que, com o aumento da dose, a estatura e a MSPA são reduzidas, aumentando o sintoma herbicida (fitotoxicidade) na aveia-preta, demonstrando que a cultura é suscetível ao herbicida imazethapyr.

O modelo de regressão utilizado para ajustar os dados de resposta às doses herbicidas demonstrou que, na cultivar de aveia-preta BRS 139, o nível de fitotoxicidade aumenta com o incremento das doses. Já, a matéria seca da parte aérea e estatura são reduzidas com o aumento da dose. Na dose recomendada de imazethapyr, para a cultura do arroz irrigado ($106 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), a redução de estatura da aveia-preta foi superior a três vezes, e para a MSPA, 18 vezes menor comparado com a testemunha (sem aplicação herbicida); enquanto a fitotoxicidade atinge 78% de redução (Figuras 1, 2 e 3, respectivamente).

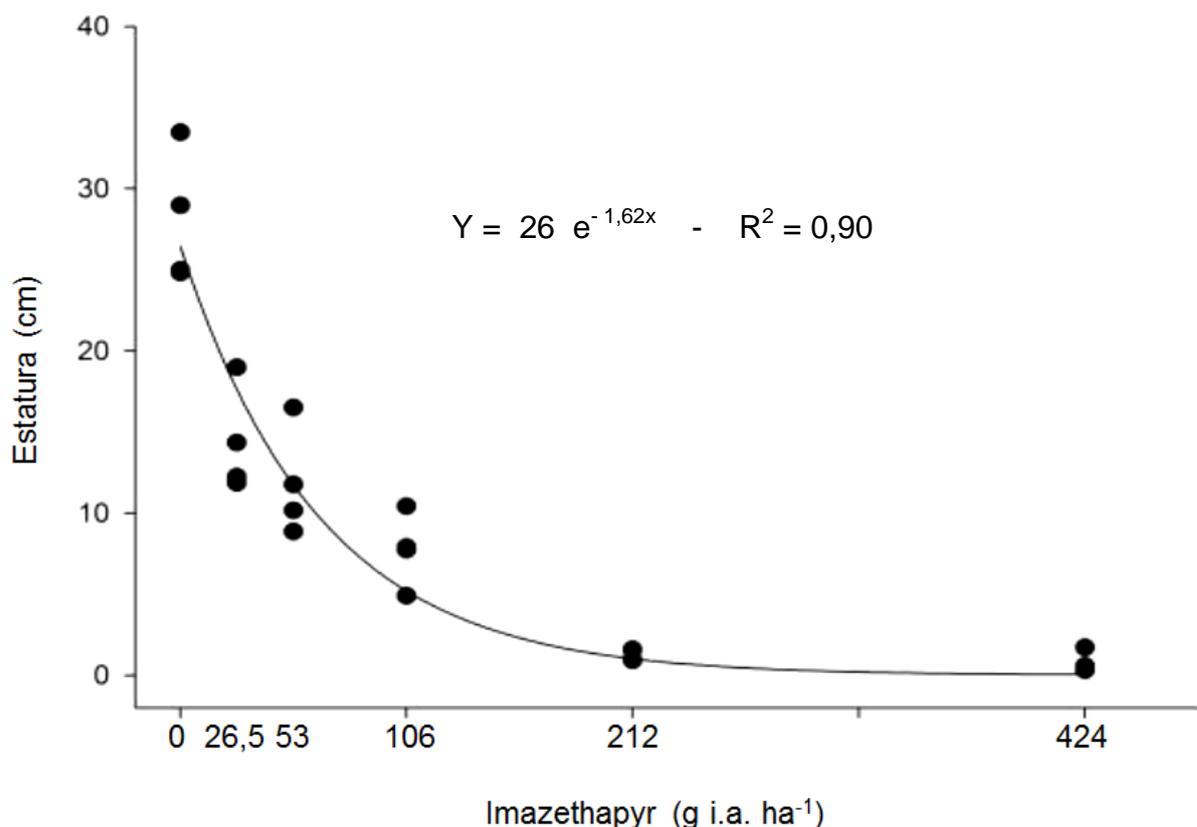


Figura 1. Estatura (cm) de aveia-preta (cv. BRS 139), avaliada ao 56 dias após a emergência, em resposta as doses de imazethapyr (g i.a. ha^{-1}). Itaqui, RS, 2016.

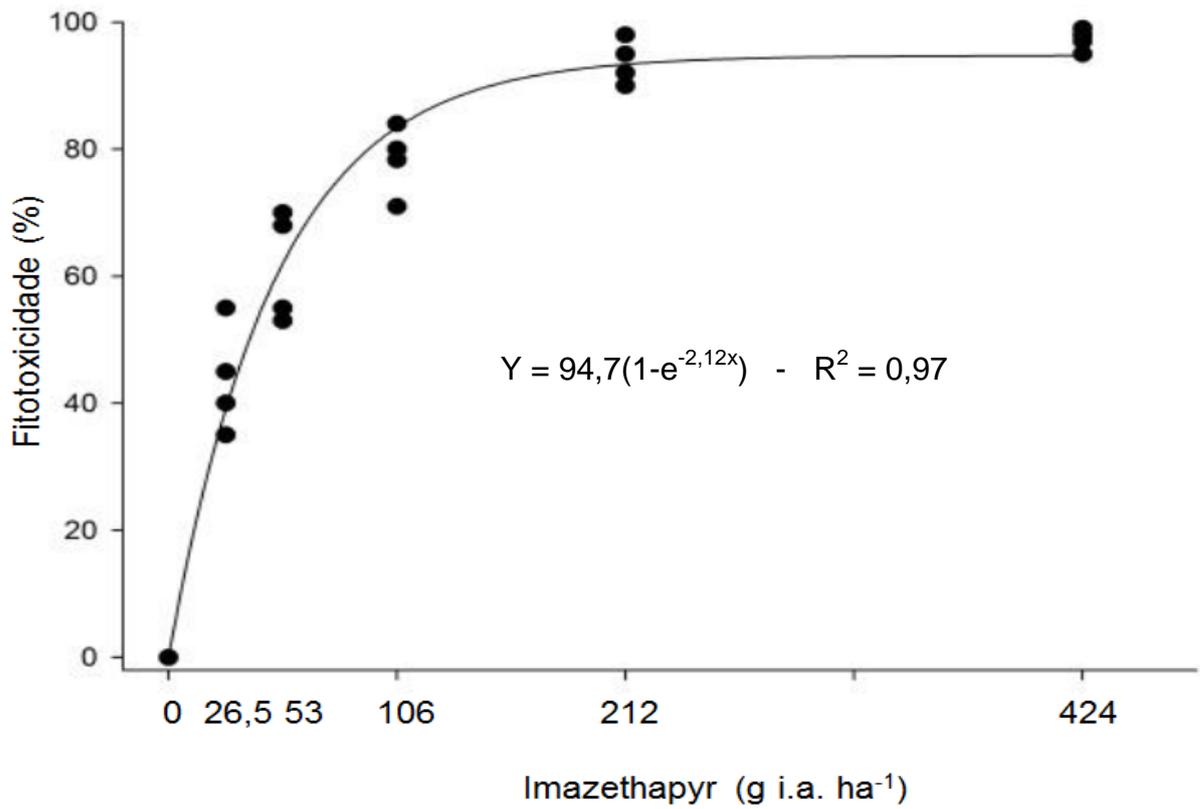


Figura 2. Fitotoxicidade (% em relação à testemunha) de aveia-preta (cv. BRS 139), avaliada ao 56 dias após a emergência, em resposta as doses de imazethapyr (g i.a. ha⁻¹). Itaquí, RS, 2016.

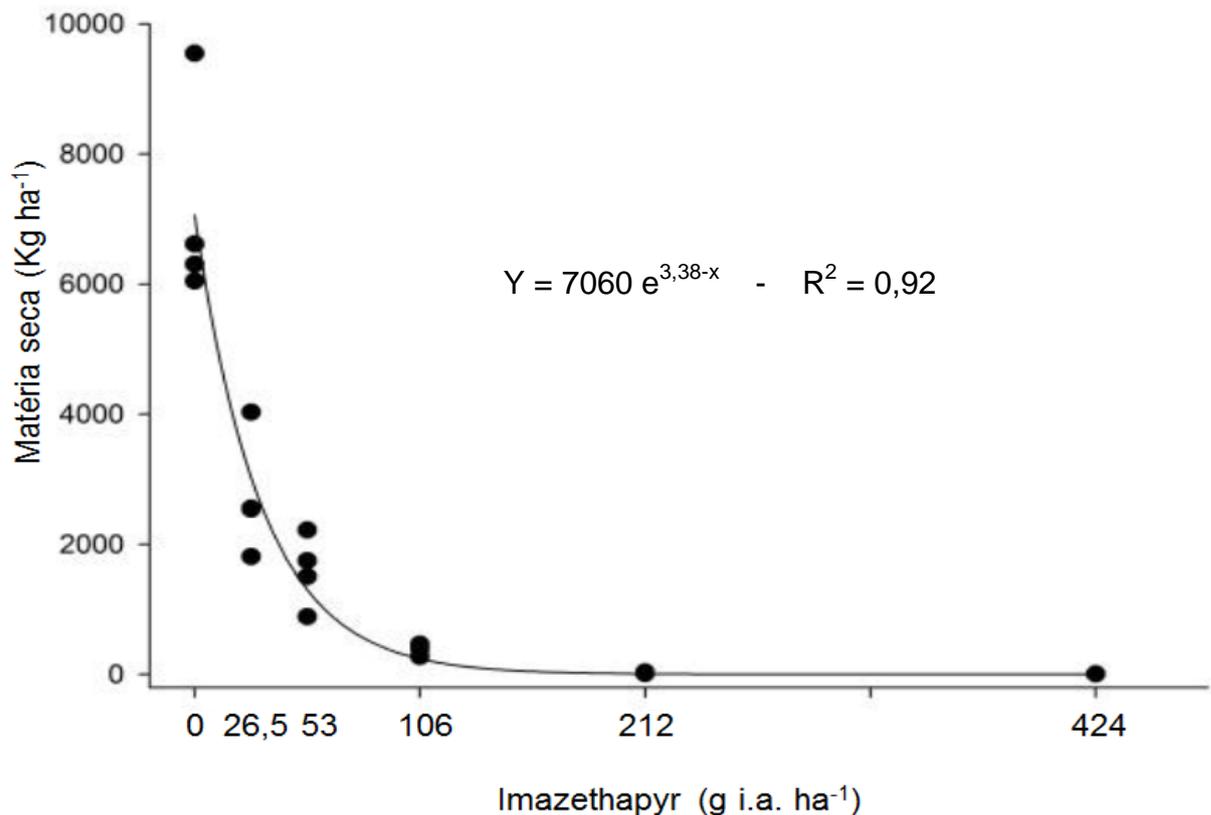


Figura 3. Matéria seca da parte aérea (MSPA - Kg ha⁻¹) de aveia-preta (cv. BRS 139), avaliada aos 80 dias após a emergência, em resposta as doses de imazethapyr (g i.a. ha⁻¹). Itaquí, RS, 2016.

O destino final dos produtos químicos usados na agricultura é o solo, onde estão sujeitos a processos físico-químicos e biológicos que regulam seu destino no ambiente (MANCUSO *et al.*, 2011). Em solos com pH inferior a 6,5 e com maior conteúdo de matéria orgânica, a adsorção e a persistência dos herbicidas pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas aumenta (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Por outro lado, solos bem aerados, com umidade adequada e temperatura na faixa de 30°C, tende a aumentar a degradação destes herbicidas (FLINT e WITT, 1997).

Em solos ácidos, como na área em que a pesquisa foi desenvolvida, o imazethapyr tem alta probabilidade de permanecer sorvido às partículas do solo, devido ao coeficiente de ionização (pKa), aumentando sua persistência e o risco de efeitos fitotóxicos sobre as culturas (KRAEMER *et al.*, 2009). Além disso, em condições de excesso hídrico, característico de Plintossolos (EMBRAPA, 2013), limita a degradação destes herbicidas, pois estas condições não favorecem o desenvolvimento de micro-organismos (FLINT e WITT, 1997), sendo que a degradação biológica ocorre principalmente por micro-organismos aeróbicos, sendo praticamente nula em condições de anaerobiose (SHANER e O'CONNOR, 1991).

Outro aspecto importante que deve ser considerado na dinâmica das imidazolinonas no solo é sua mobilidade. A mobilidade vertical desses herbicidas é bastante pronunciada, em relação à horizontal (TU *et al.*, 2004). Ao movimentar-se para maiores profundidades, a degradação torna-se limitada, devido à baixa atividade de microrganismos e baixos níveis de oxigênio. Além disso, a mobilidade das imidazolinonas no solo não se limita apenas ao movimento vertical descendente. Tais herbicidas podem movimentar-se ascendentemente ao longo do perfil, de acordo com as oscilações do lençol freático (FIRMINO *et al.*, 2008; BUNDT, *et al.*, 2013).

As imidazolinonas são absorvidas pelas raízes e folhas, sendo translocadas pelo floema e xilema (SHANER e SINGH, 1993). Assim, persistindo no solo podem ser absorvidos pelas plantas. Os herbicidas inibidores da ALS atuam na síntese de aminoácidos ramificados (valina, leucina e isoleucina) que são essenciais para o desenvolvimento dos vegetais (NICOLAI *et al.*, 2008). O efeito fitotóxico é causado pela deficiência destes aminoácidos, provocando a diminuição na síntese de proteínas e de DNA, na divisão celular, na translocação de fotossintatos aos pontos

de crescimentos, reduzindo no crescimento das plantas, no alongamento das folhas e clorose entre as nervuras (SHANER e SINGH, 1993).

A redução de estatura é um dos sintomas mais evidentes da atividade dos herbicidas inibidores da ALS, justificando os resultados obtidos neste estudo. Resultados semelhantes foram encontrados na cultura do azevém, com redução de até 29 % (PINTO *et al.*, 2009). O vegetal suscetível a este mecanismo de ação, toma aparência clorótica, seguido de morte, até 21 dias após a aplicação (Nicolai *et al.*, 2008), explicando a redução de MSPA e o aumento de fitotoxicidade, com aumento das doses.

Estima-se que a meia vida do imazethapyr, ou seja, o tempo para degradar 50% da dose aplicada é em torno de 4 meses (AICHELE e PENNER, 2005), sendo que a persistência no solo pode atingir até 360 dias (MANGELS, 1991). Isso pode comprometer o cultivo de culturas suscetíveis, como a aveia-preta em sucessão com a cultura do arroz irrigado. Geralmente não é realizada a correção da acidez do solo, na cultura do arroz irrigado, pois com a entrada da água o pH se eleva naturalmente em poucos dias (REFATTI *et al.*, 2014). Nestas condições, como visto anteriormente, o imazethapyr permanece sorvido ao solo. Além disso, durante o alagamento da cultura, pode ocorrer certa lixiviação. No entanto, após a retirada de água da lavoura pode ocorrer o retorno para a superfície do solo durante a entressafra, causando efeitos indesejáveis nas culturas em sucessão (BUNDT *et al.*, 2013).

Pesquisas sugerem a utilização de práticas de manejo que estimulem a degradação das imidazolinonas no solo antes da cultura subsequente, reduzindo o residual destes herbicidas e minimizando os danos aos cultivos. Os processos biológicos são influenciados por fatores ambientais, tais como: umidade, temperatura e aeração, os quais estão relacionados às práticas de preparo do solo (SOON e ARSHAD, 2005; PEREZ *et al.*, 2005). Além disso, a atividade microbiana incrementa em média, 57%, após um preparo do solo (FRANCHINI *et al.*, 2007).

No arroz, o uso de imidazolinonas ocorre cedo e haveria um bom intervalo entre sua aplicação e a semeadura da aveia em sucessão. Contudo, como comentado anteriormente, excesso de umidade na área e pH ácido do solo, podem comprometer a degradação do produto (via micro-organismos), gerando os problemas de residual observados pelos produtores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aveia-preta é suscetível ao residual de imazethapyr no solo, aplicado 30 dias antes da semeadura, podendo inviabilizar a sucessão em áreas onde se utiliza arroz com tecnologia de herbicidas à base de imidazolinonas. Herbicidas deste grupo representam uma ferramenta importante de controle de arroz daninho em arroz irrigado. Em áreas onde a tecnologia é amplamente utilizada, é importante o manejo correto em termos de dose aplicada e de uso contínuo por apenas dois anos, rotacionando a área com outra cultura ou retornando ao arroz convencional. Pesquisas devem ser realizadas para comprovar tais efeitos e determinar o intervalo seguro necessário para realizar a sucessão entre as culturas.

5 REFERÊNCIAS

AGROFIT – **Sistema de consulta a agrotóxicos registrados no Brasil**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Defesa Sanitária Vegetal. Disponível em: <www.agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/ap_produto_form_detalhe_cons?p_id_produto_formulado_tecnico=7795>. Acesso em: 22 fev. 2017.

AICHELE, T.M.; PENNER, D. Adsorption, desorption, and degradation of imidazolinones in soil. **Weed Technology**, v.19, p.154-159, 2005.

ARTUZI, J. P.; CONTIERO, R. L. Herbicidas aplicados na soja e produtividade do milho em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1119-1123, 2006.

BUNDT, A. D.C.; AVILA, L. A.; PINTO, J. J. O.; SANTOS, T. T.; AGOSTINETTO, D.; MARTINS, K. Transporte ascendente da mistura formulada de imazethapyr e imazapic em resposta à profundidade do lençol freático. **Ciência Rural**, v.43, n.9, p.1597-1604, 2013.

BURRILL, L. C.; CARDENAS, J. C.; LOCATELLI, E. Field manual for weed control research. **Corvallis: International Plant Protection Center**, 1976.

CROUGHAN, T. P. **Herbicide resistant rice**. U.S. Patent n.5.736.629, 7 abr. 1998.

DAN, H. A.; DAN, L. G.; BARROSO, A. L.; PROCOPIO, S. O.; OLIVEIRA, R. S.; BRAZ, G. P.; ALONSO, D. G. Atividade residual de herbicidas usados na soja sobre o girassol cultivado em sucessão. **Ciência Rural**, v.42, n.11, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA, 2013.

FIRMINO, L. E.; TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, L. A.; QUIRINO, A. L. S. Movimento do herbicida imazapyr no perfil de solos tropicais. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.223-230, 2008.

FLINT, J. L.; WITT, W. W. Microbial degradation of imazaquin and imazethapyr. **Weed Science**, v.45, p.586-591, 1997.

FLOSS, E. L. Aveia. In: BAIER, A. C.; FLOSS, E. L.; AUDE, M.I. (Eds.). As lavouras de inverno-I. **Editora Globo** (Coleção do Agricultor Sul). p.16-74, 1988. Disponível em: www.ufrgs.br/gpep/documents/capitulos/Forrageiras%20de%20clima%20temperado.pdf. Acesso em: 26 fev. 2017.

FRANCHINI, J. C.; CRISPINO, C. C.; SOUZA, R. A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil Tillage Research**, v.92, p.18-29. 2007.

GERDES, L.; MATTOS, H. B.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; CUNHA, E. A.; BUENO, M. S.; POSSENTI, R. A.; SCHAMMASS, E. A. Composição química e

digestibilidade da massa de forragem em pastagem irrigada de capim-aruana exclusivo ou sobre-semeado com mistura de Aveia-preta e azevém. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1098-1108, 2005.

INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ – IRGA. **Lavoura Arrozeira**, v.56, n.445, 2008.

KRAEMER, A. F.; MARCHESAN, E.; AVILA, L. A.; MACHADO, S. L. O.; GROHS, M.; MASSONI, P. F. S.; SARTORI, G. M. S. Persistência dos herbicidas imazethapyr e imazapic em solo de várzea sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, 27, 581-588, 2009.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 10, n. 2, p.152-164, 2011.

MANGELS, G. **Behavior of the imidazolinone herbicides in soil**- A review of the literature. In: D. Shaner and S. Connor, Editors, *The imidazolinone Herbicides*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, p.191-209, 1991.

MARCHEZAN, E.; ÁVILA, L. A.; ANDRES, A.; MAGALHÃES JR., A. M. de; MACHADO, S. L. O.; PETRINI, J. A. Controle do arroz vermelho. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JR. de, A. M. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Embrapa Informação ado no sul do Brasil. Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 547- 577, 2004.

MARTINEZ, R. F.; CALERO, M. B. J.; NOGALES, V. M. R.; ROVESTI, L. V. *Lombricultura: Manual Práctico*. 99pgs. **La Habana**. Cuba, 2003.

NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; VARGAS, L. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ALS (grupo B). In: CHRISTOFFOLETI, P. J (coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3.ed. Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas – HRAC-BR, p.35-49, 2008.

OLIVEIRA, M. F.; COLONNA, I.; PRATES, H. T.; MANTOVANI, E. C.; GOMIDE, R. L.; OLIVEIRA, R. S. J. Sorção do herbicida imazaquin em Latossolo sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.787-793, 2004.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, p.1633–1644, 2007.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; McMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p.137-144, 2005.

PINTO, J. J. O. NOLDIN, J. A.; ROSENTHAL, M. D.; PINHO, C. F.; ROSSI, F.; MACHADO, A.; PIVETA, L.; GALON, L. Atividade residual de

(imazethapyr+imazapic) sobre azevém anual (*Lolium multiflorum*), semeado em sucessão ao arroz irrigado, sistema clearfield®. **Planta Daninha**, v.27, p.609-619, 2009.

PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J. A.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. Ed. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Embrapa Informação Tecnológica, Capítulo 3, p.75-95, 2004.

PROCÓPIO, S. O.; FERNANDES, M. F.; TELES, D. A.; SENA, J. G.; CARGNELUTTI, A. F.; RESENDE, M. A.; VARGAS, L. Toxicidade de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar à bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae*. **Planta Daninha**, v. 35, n. 5, p.2383-2398, 2013.

REFATTI, J. P.; AVILA, L. A.; AGOSTINETTO, D.; BERTO, R. M.; BUNDT, A. D. C.; ELGUEIRA, D. B. Efeito da calagem na lixiviação de imazethapyr e imazapyr em solo de cultivo de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 44, n. 6, p.1008-1014, 2014.

RENNER, K. A.; SCHABENBERGER, O.; KELLS, J. J. Effect of tillage application method on corn (*Zea mays*) response to imidazolinone residues in soil. **Weed Technology**, 12, 281-285, 1998.

ROSO, C.; RESTLE, J. Aveia-preta, triticale e centeio em mistura com azevém: produtividade animal e retorno econômico. **Revista Brasileira Zootecnia**, 29, 85-93, 2000.

SHANER, D. L.; O'CONNOR, S. (eds.). **Imidazolinones Herbicides**. Boca Raton: CRC, 1991.

SHANER, D. L.; SINGH, B. K. Phytotoxicity of acetohydroxyacid synthase inhibitors is not due to accumulation of 2-ketobutyrate and/or 2-aminobutyrate. **Plant Physiology**, v.103, p.1221-1226, 1993.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. 2004.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO – SOSBAI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves: Sosbai, 2016.

SOON, Y. K.; ARSHAD, M. A. Tillage and liming effects on crop and labile soil nitrogen in an acid soil. **Soil and Tillage Research**, v.80, p.23-33, 2005.

TU, M.; HURD, C.; ROBINSON, R.; RANDALL, J. Imazapic. In: Weed control methods handbook. **Weed control methods handbook**.: Academic, Cap.7, p.1-7, 2004.

VILLA, S. C. C.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A.; MASSONI, P. F. S.; TELO, G. M.; MACHADO, S. L. O.; CAMARGO, E. R. Arroz tolerante a imidazolinonas: controle do

arroz-vermelho, fluxo gênico e efeito residual do herbicida em culturas sucessoras não-tolerantes. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.761-768, 2006.

VERNETTI JUNIOR, F. de J.; GOMES, A. S., FERREIRA, L. H. G. Arroz irrigado em sucessão a milho e soja. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 3.; Reunião da cultura de arroz irrigado, 25., 2003, Itajaí. **Anais... EPAGRI**, v.1. p.246–247, 2003.

VERNETTI JUNIOR, F. de J.; GOMES, A. S.; SCHUCH, L. O. B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 6, n. 39, p.1708-1714, 2009.

WILLIAMS, B. J.; STRAHAN, R.; WEBSTER, E. P. Weed management systems for clearfield rice. Louisiana **Agricultural Chemistry**, v. 45, n. 3, p. 16-17, 2002.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, v. 14, n. 6, p. 415-421, 1974.

ZHANG, W.; WEBSTER, E. P.; BRAVERMAN, M. P. Rice (*Oryza sativa*) response to rotational crop and rice herbicide combinations. **Weed Technology**, 16, 340-345, 2002.