

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**BANCO DE SEMENTES E FLUXO GÊNICO DE AZEVÉM
SENSÍVEL E RESISTENTE AO HERBICIDA GLIFOSATO**

JÔNATAS GALVAN

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, maio de 2013.

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**BANCO DE SEMENTES E FLUXO GÊNICO DE AZEVÉM
SENSÍVEL E RESISTENTE AO HERBICIDA GLIFOSATO**

JÔNATAS GALVAN

Orientador: Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, maio de 2013.



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a tese

"Banco de sementes e fluxo gênico de azevém sensível e resistente ao herbicida glifosato"

Elaborada por

JÔNATAS GALVAN

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
"Doutor em Agronomia – Área de Produção Vegetal"

Aprovada em: 31/05/2013
Pela Comissão Examinadora



Dr. Mauro Antônio Rizzardi
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador


Dra. Nádia Canali Lângaro
FAMV/UPF


Dr. Mário Antônio Bianchi
CCGL


Dra. Magali Ferrari Grando
FAMV/UPF


Dra. Simone Meredith Scheffer
Basso
Coordenadora PPGAgro


Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV


Dr. Anderson Luis Nunes
Instituto Federal de Sertão

CIP – Catalogação na Publicação

- G182b Galvan, Jônatas
Banco de sementes e fluxo gênico de azevém sensível e resistente ao herbicida glifosato / Jônatas Galvan. – 2013.
200 f. : il., color. ; 25 cm.
- Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2013.
Orientador: Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi
1. Plantas daninhas – Controle. 2. Glifosato – Efeito fisiológico. 3. Azevém. I. Rizzardi, Mauro Antônio, orientador. II. Título.

CDU: 632.51

Catálogo: Bibliotecária Angela Saadi Machado - CRB 10/857

Aos meus pais Angelo e Maria de
Lourdes, pela VIDA, educação, apoio,
enfim... TUDO;
As minhas irmãs Joicy e Jessica pelo
apoio e paciência.
DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida;

Aos meus pais Angelo e Maria de Lourdes, pela educação e valores transmitidos, além do apoio emocional e financeiro;

As minhas irmãs Joicy e Jessica, que dentro de suas capacidades não mediram esforços para me ajudar da maneira que foram capazes;

Ao professor Dr. Mauro Antônio Rizzardi pela orientação, disponibilidade, conhecimentos transmitidos e oportunidade de realizar esse trabalho;

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelos conhecimentos transmitidos;

A Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - UPF, pela oportunidade de realizar esse trabalho;

A Universidade de Passo Fundo pela bolsa de estudos fornecida para a realização desse trabalho;

À professora PhD. Magali Ferrari Grando, ao pesquisador da CCGL-Tec, Mário Antônio Bianchi e ao pesquisador da Embrapa-Trigo, Dr. Leandro Vargas, pela colaboração no trabalho e conhecimentos transmitidos;

Aos funcionários do CEPAGRO pela colaboração quando da execução do experimento nesse local;

Aos estagiários do laboratório de ecofisiologia e manejo de plantas daninhas, em especial ao Ricardo Lazzari, Junior Sandri e Maurício Três, além de meu primo Márcio Galvan, pela ajuda na condução dos experimentos;

Aos colegas de laboratório, em especial Alana Wandscheer, Fernando Gaviraghi, Kátia Trevizan e Leandro Oliveira da Costa pelo companheirismo e trabalho em equipe durante o curso;

Ao colega Adilar Chaves que, mais do que um colega foi um grande amigo e tutor;

Aos colegas de curso, em especial a Marília Silva, Angélica Reolon da Costa, Rosiani Castoldi, Ana Cláudia Pedersen, Jackson Korchagin, Ricardo Brustolin e Roberto de Rossi, pela ajuda nas atividades do curso e/ou problemas pessoais;

A todos os colegas de curso, em especial aqueles com os quais desenvolvi laços de amizade que, com certeza, permanecerão para toda a vida;

A todos que negaram ajuda ou tentaram impor dificuldades ao meu trabalho, pois tornaram o sabor da conquista ainda mais gostoso;

A todas as pessoas que por ventura não citei nesses agradecimentos, mas que, por fazerem parte da minha vida, de alguma forma me ajudaram, deixo aqui meu muito obrigado.

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| RESUMO | 1 |
| ABSTRACT | 4 |
| INTRODUÇÃO | 6 |
| REVISÃO DE LITERATURA..... | 9 |
| | |
| CAPÍTULO I - EVOLUÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DO MANEJO DO SOLO E SEQUÊNCIA DE CULTURAS | 35 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 38 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 42 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 48 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 73 |
| | |
| CAPÍTULO II - VIABILIDADE DE SEMENTES DE AZEVÉM NO SOLO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ENTERRIO..... | 74 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 76 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 79 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 81 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 91 |
| | |
| CAPÍTULO III - ESTABELECIMENTO DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DE SEMEADURA, COBERTURA DE PALHA E COMPACTAÇÃO DO SOLO | 92 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 95 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 99 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 103 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 110 |
| | |
| CAPÍTULO IV - VIABILIDADE DE SEMENTES DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS | 111 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 113 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 116 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 120 |

| | |
|---|------------|
| 4 CONCLUSÕES..... | 125 |
| CAPÍTULO V - FLUXO GÊNICO ENTRE AZEVÉM RESISTENTE E SENSÍVEL AO HERBICIDA GLIFOSATO..... | 126 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 129 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 132 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 140 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 152 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 153 |
| REFERÊNCIAS | 155 |
| APÊNDICES..... | 172 |
| ANEXOS | 184 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I - EVOLUÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DO MANEJO DO SOLO E SEQUÊNCIA DE CULTURAS | 35 |
| Tabela 1 - Número de sementes de azevém coletadas e percentual de sementes vivas (germinadas + tetrazólio) na profundidade de 0-5 cm, em função de época de coleta e manejo químico, no primeiro ano do experimento (2010/11) | 50 |
| Tabela 2 - Percentual de sementes de azevém, germinadas em câmara de germinação e viáveis em teste tetrazólio, coletadas na profundidade de 0-5 cm, em função de época de coleta e manejo químico, no primeiro ano do experimento | 52 |
| Tabela 3 - Sementes viáveis de azevém em teste de tetrazólio, coletadas na profundidade de 0-5 cm, na média dos manejos químicos | 53 |
| Tabela 4 - Quantidade de sementes de azevém coletadas na profundidade de 0-5 cm, em função de época de coleta e sequências de culturas, na média dos manejos de solo, no segundo e terceiro anos do experimento | 55 |
| Tabela 5 - Percentual de sementes de azevém germinadas em câmara de germinação, na profundidade de 0-5 cm, em função de época de coleta e sequências de culturas, na média dos manejos de solo, no segundo e terceiro anos do experimento | 59 |
| Tabela 6 - Percentual de sementes de azevém viáveis em tetrazólio e vivas (germinadas + tetrazólio) em função da época de amostragem, na média das sequências de culturas e manejos de solo | 60 |
| Tabela 7 - Percentual de sementes de azevém viáveis em tetrazólio e vivas (germinadas + tetrazólio) em função da sequência de culturas, na média das épocas de coleta e manejos de solo | 60 |
| Tabela 8 - Plantas de azevém emergidas (m ²) em função de diferentes sequências de culturas e épocas de amostragem, na média dos manejos de solo, em 2011 | 63 |
| Tabela 9 - Plantas de azevém emergidas (m ²) em função do manejo de solo e época de amostragem das plantas, na média das sequências de culturas, em 2012 | 66 |

| | |
|--|----|
| Tabela 10 - Plantas de azevém emergidas (m ²) em função das sequências de culturas e época de amostragem das plantas, na média do manejo de solo, em 2012..... | 67 |
|--|----|

CAPÍTULO II - VIABILIDADE DE SEMENTES DE AZEVÉM NO SOLO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ENTERRIO..... 74

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Quantidade de sementes de azevém coletadas no solo, dos biótipos sensível e resistente ao glifosato, em função das épocas da exumação das sementes do solo | 82 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Tabela 2 - Porcentagem de sementes vivas de azevém, dos biótipos sensível e resistente ao glifosato, em função das épocas da exumação das sementes do solo | 86 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Tabela 3 – Percentual de sementes vivas em relação a quantidade total de sementes coletadas no solo (Vivas/CS), e percentual de sementes vivas em relação as sementes inteiras (Vivas/Inteiras), na média dos biótipos..... | 88 |
|---|----|

CAPÍTULO III - ESTABELECIMENTO DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DE SEMEADURA, COBERTURA DE PALHA E COMPACTAÇÃO DO SOLO..... 92

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 – Porcentagem de emergência de plântulas de azevém sob diferentes profundidades e níveis de compactação, na média da cobertura de palha | 103 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| Tabela 2 – Porcentagem de emergência de plântulas de azevém em função da quantidade de palha de milho na emergência do azevém, na média das profundidades e níveis de compactação do solo..... | 107 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| Tabela 3 - Germinação de azevém sob diferentes níveis de exposição a luz | 109 |
|--|-----|

CAPÍTULO IV - VIABILIDADE DE SEMENTES DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS 111

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 - Resposta das sementes de azevém coletadas de diferentes épocas de aplicação de herbicidas, submetidas a dois métodos de avaliação de germinação e um de viabilidade | 121 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO V - FLUXO GÊNICO ENTRE AZEVÉM RESISTENTE E SENSÍVEL AO HERBICIDA GLIFOSATO | 126 |
| Tabela 1 - Parâmetros das curvas de regressão do experimento de dose-resposta em vasos, quanto a redução da matéria seca da parte aérea..... | 142 |
| Tabela 2 - Parâmetros das curvas de regressão do experimento de dose-resposta em gerbox, quanto a redução do comprimento da parte aérea..... | 145 |
| Tabela 3 - Parâmetros das curvas de regressão do experimento de dose-resposta em tubos de ensaio, quanto a redução do comprimento da parte aérea..... | 148 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO I - EVOLUÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DO MANEJO DO SOLO E SEQUÊNCIA DE CULTURAS..... | 35 |
| Figura 1 – Fluxo de emergência de azevém sob diferentes sequências de culturas, na média dos manejos de solo, amostragem de 2012. | 71 |
| CAPÍTULO II - VIABILIDADE DE SEMENTES DE AZEVÉM NO SOLO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ENTERRIO..... | 74 |
| Figura 1 – Porcentagem de sementes inteiras de azevém resistente e sensível ao glifosato, em função de épocas de exumação..... | 84 |
| Figura 2 – Viabilidade de sementes de azevém enterradas no solo em relação a viabilidade inicial, em função do período de enterrio..... | 89 |
| CAPÍTULO III - ESTABELECIMENTO DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DE SEMEADURA, COBERTURA DE PALHA E COMPACTAÇÃO DO SOLO..... | 92 |
| CAPÍTULO IV - VIABILIDADE DE SEMENTES DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS..... | 111 |
| CAPÍTULO V - FLUXO GÊNICO ENTRE AZEVÉM RESISTENTE E SENSÍVEL AO HERBICIDA GLIFOSATO..... | 126 |
| Figura 1 – Ilustração do esquema tipo “ilha” para o experimento de fluxo gênico de azevém..... | 133 |
| Figura 2 - Redução de matéria seca da parte aérea de biótipos de azevém, em experimento realizado em vasos..... | 141 |
| Figura 3 - Redução do comprimento da parte aérea de biótipos de azevém, em experimento realizado em gerbox..... | 144 |
| Figura 4 - Redução do comprimento da parte aérea de biótipos de azevém, em experimento realizado em tubos de ensaio..... | 147 |

BANCO DE SEMENTES E FLUXO GÊNICO DE AZEVÉM SENSÍVEL E RESISTENTE AO HERBICIDA GLIFOSATO

JÔNATAS GALVAN¹

RESUMO – O azevém é uma espécie vegetal de ampla utilização no Estado do Rio Grande do Sul. Embora sua notável importância benéfica, essa espécie tem se tornado uma planta daninha amplamente relevante para os sistemas agrícolas do Sul do Brasil, especialmente com a ocorrência de biótipos resistentes ao herbicida glifosato. Por esse motivo, torna-se fundamental conhecer as características dessa espécie, de modo a subsidiar recursos para seu controle eficaz. Nesse sentido, objetivou-se estudar: o efeito de diferentes sequências de culturas e manejos de solo sobre o banco de sementes; a viabilidade de sementes enterradas no solo ao longo do tempo; a emergência em função da profundidade de semeadura, cobertura de palha e compactação do solo; o estágio de desenvolvimento limite para aplicações de herbicidas visando impedir a produção sementes viáveis e; o fluxo gênico da característica de resistência ao glifosato entre plantas oriundas de biótipos resistentes e sensíveis. Os experimentos foram realizados no período de março de 2010 a dezembro de 2012. A área utilizada para o estudo do banco de sementes constava de pousio hibernar, onde avaliou-

¹ Eng. Agr., Biól., Mestre., doutorando do Programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Produção Vegetal.

se o efeito da escarificação do solo, assim como as sequências culturais pousio/soja, trigo/soja, aveia-preta/soja e aveia-preta/milho. Para a viabilidade de sementes, as mesmas foram enterradas, e a cada três meses, durante dois anos, exumadas. A emergência foi avaliada expondo as sementes em oito profundidades, três níveis de compactação e três níveis de coberturas de solo. Plantas de azevém foram expostas a pulverização de herbicida em dez estádios de desenvolvimento e as sementes oriundas dessas plantas foram submetidas a testes de viabilidade e germinação. O fluxo gênico foi avaliado a partir da exposição de plantas de azevém sensíveis a diferentes distâncias de plantas resistentes ao glifosato. Observou-se que o banco de sementes foi afetado pela sequência de culturas utilizada na área, sendo possível reduzi-lo drasticamente em dois anos. A viabilidade das sementes no solo também foi diminuída, de modo que em 22 meses a viabilidade reduziu de 92 para aproximadamente 7%. A emergência de azevém foi afetada pela profundidade de semeadura, onde em profundidades superiores a cinco centímetros a porcentagem de emergência é inferior a 7%. O estágio limite para a aplicação de herbicidas visando impedir a produção de sementes viáveis foi a antese completa. Não foi possível identificar fluxo gênico entre azevém resistente e sensível ao glifosato, possivelmente em decorrência da assincronia de florescimento entre os biótipos. Conclui-se com o presente trabalho que, se forem adotadas medidas adequadas de manejo, o azevém pode ter seu banco de

sementes, e, por conseguinte seu estabelecimento na área, reduzido drasticamente em dois anos.

Palavras-chave: *Lolium multiflorum*, manejo, profundidade de semeadura, sequência de culturas, viabilidade de sementes

SEEDBANKS AND GENE FLOW OF RYEGRASS SENSITIVE AND RESISTANT TO GLYPHOSATE

ABSTRACT - The ryegrass is a species of wide use in Rio Grande do Sul. Even though its remarkable beneficial importance, this species has become a weed widely relevant to farming systems in southern Brazil, especially with the occurrence of glyphosate-resistant biotypes. Therefore, it is essential to know the characteristics of this species, in order to subsidize funds for its effective control. Aimed to study the effect of different crop and soil management systems on seedbanks; viability of seeds buried in soil over time; seedling emergence according to the sowing depth, cover crop soil and soil compaction; limiting stage to apply herbicides in order to prevent viable seed production; gene flow of glyphosate resistance between plants from resistant and sensitive genotypes. The experiments were conducted from March 2010 to December 2012. The area used for the study of seedbanks kept fallow, which evaluated the effect of soil scarification, and crop sequences fallow/soybean, wheat/soybean, black oats/soybean and black oats/corn. For seed viability, the seeds were buried, and every three months for two years, exhumed. The emergence was evaluated by exposing the seeds in eight depths, three compression levels and three levels of cover crops. Ryegrass plants were exposed to herbicide in ten stages of development and the seeds from such plants were tested for viability and germination. Gene flow was estimated from the exposure of sensitive ryegrass plants

at different distances from glyphosate resistant plants. It was observed that the seedbanks were affected by the crops sequence in the area, and it is possible to reduce it drastically in two years. The seeds viability of in the soil was also reduced, so that at 22 months viability decreased from 92% to approximately 7%. The emergence was affected by sowing depth, where at depths greater than five centimetres emergence percentage is less than 7%. The stage limit to apply herbicides in order to prevent the production of viable seeds was full anthesis. It was not possible to identify gene flow between glyphosate resistant and sensitive ryegrass, possibly due to the asynchrony of flowering among biotypes. It is concluded that if adopted appropriate measures for management, ryegrass may have its buried seeds and its establishment in the area drastically reduced in two years.

Key-words: *Lolium multiflorum*, management, sowing depth, crop sequence, seed viability.

INTRODUÇÃO

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma importante forrageira hibernal, abundante produtora de forragem, com grande tolerância ao pastejo e ao excesso de umidade (BOLDRINI et al., 2008). Além do pastoreio, o azevém é também utilizado no sistema de semeadura direta como cobertura de inverno, cobertura viva ou morta em pomares (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

O azevém é uma espécie de polinização cruzada, auto-incompatível, com o pólen disseminado pelo vento. McCraw & Spoor (1983) indicam que, para *Lolium mutliflorum*, estão envolvidos no mínimo três *loci* (S'S''Z) no controle de incompatibilidade genética, a qual é caracterizada por ser gametofítica.

Para muitas espécies de plantas daninhas, o fluxo gênico entre as populações é provavelmente a forma mais propensa de espalhar resistência a herbicidas (HIDAYAT et al., 2006), através do acúmulo de diferentes genes de resistência em plantas individuais ou populações (BUSI et al., 2008).

A eficácia do manejo das plantas daninhas presentes em determinada área é chave para a dinâmica populacional futura, haja vista que, plantas que não forem eliminadas finalizam seu ciclo vital, tem suas sementes dispersas a diferentes distâncias, e, assim reabastecem o banco de sementes do solo.

Segundo Carmona (1992), todas as práticas que limitem o acréscimo do banco de sementes contribuem para a diminuição de problemas com infestações futuras. Ekeleme et al. (2003) afirmam que o banco de sementes e as plantas daninhas que não são eliminadas com as práticas de manejo constituem as principais fontes de infestações futuras, e, segundo Jensen (2009) seu tamanho é dependente de muitos fatores, como a persistência das sementes no solo e a deiscência de novas sementes. Dessa forma, para que um manejo de plantas daninhas tenha êxito ele deve impedir a formação e acréscimo de sementes.

O banco de sementes é caracterizado pelo montante de sementes viáveis, e outras estruturas de propagação, presentes no solo ou nos restos vegetais, tendo papel crucial na substituição de plantas eliminadas, seja por causas naturais ou não (CARMONA, 1992).

O tamanho e a composição do banco de sementes refletem todo o manejo adotado no controle de plantas daninhas na área. Uma redução desse banco pode significar menor problema com plantas daninhas nas áreas agrícolas e, portanto, economia para os agricultores, especialmente com herbicidas, além de ambiente mais saudável, com menor utilização de produtos químicos (MONQUERO & CHRISTOFFOLETI, 2005).

Segundo Forcella (1993) o manejo do banco de sementes é um procedimento que deve compor um programa de controle integrado de plantas daninhas, mesmo que, segundo Marchezan et al. (2001)

apresente precisão limitada, frequentemente proporcionando resultados com altos valores de coeficientes de variação.

As hipóteses que nortearam esse trabalho foram que o fluxo gênico entre os biótipos de azevém poderia ocorrer a longas distâncias, dessa forma contribuindo decisivamente na disseminação da resistência ao herbicida glifosato em populações sensíveis a esse herbicida. Ainda, teve-se como hipótese que a dinâmica do banco de sementes de azevém no solo, entrada e saída, tem influência direta do manejo empregado na área em questão, e que, dessa forma o banco de sementes pode ser reduzido drasticamente ao realizar as práticas adequadas.

Em síntese, os objetivos do presente estudo foram estudar o banco de sementes de azevém no solo, sua viabilidade ao longo do tempo, bem como o efeito de diferentes práticas agrícolas para a sua redução. Ainda, procurou-se avaliar o fluxo gênico entre biótipos de azevém, sensíveis e resistentes ao herbicida glifosato.

REVISÃO DE LITERATURA

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma importante forrageira hibernal, abundante produtora de forragem, possuidora de grande tolerância ao pastejo e ao excesso de umidade (BOLDRINI et al., 2008).

As plantas florescem e frutificam em abundância no final da primavera, havendo potencial de produção de cerca de 3.500 sementes por planta (GALVAN et al., 2011). Após a maturação fisiológica ocorre a abscisão das sementes, que, quando não colhidas caem ao solo, permanecendo dormentes até o final do verão, quando iniciam a germinação.

Além do pastoreio, o azevém é também utilizado no sistema de semeadura direta como cobertura de inverno, cobertura viva ou morta em pomares (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

Embora o azevém seja uma infestante da região Sul do Brasil, a época principal de incidência ocorre durante as estações de outono-inverno, não se constituindo em grandes problemas nas culturas de verão como a soja e o milho (GALLI et al., 2005). No entanto, plantas voluntárias de azevém são fontes de permanência de sementes na lavoura, vindo a ocasionar infestações futuras, quando da utilização de práticas de rotação de culturas com cereais de inverno como cevada, centeio, trigo e triticale (ROMAN et al., 2004).

O azevém se caracteriza por ter suas espiguetas dispostas em uma espiga dística. As espiguetas laterais apresentam somente a gluma II, havendo as duas glumas apenas nas espiguetas apicais (BOLDRINI et al., 2008). A inflorescência apresenta até 30 centímetros de comprimento e nesta, lateralmente achatadas se encontram as espiguetas, que são constituídas por 10-20 floretes, de tamanho entre 15-25 milímetros (LAMP et al., 2001).

Estando de acordo com a proposição de Raven et al. (2001) quanto as flores polinizadas pelo vento, o azevém apresenta sua flor com um filete longo, o qual permite que a antera exponha seus grãos de pólen externamente à flor, numa condição favorável a disseminação pelo vento. Seus estigmas são grandes e expostos, de aspecto plumoso, favorecendo a interceptação dos grãos de pólen.

Ainda, assim como a maioria das plantas polinizadas pelo vento, o azevém apresenta somente um óvulo em cada ovário, resultando, dessa forma, em apenas uma semente por antécio.

O florescimento é geneticamente controlado por um sistema poligênico de efeito aditivo com forte influência ambiental, pois é dependente do fotoperíodo (VARGAS et al., 2006). Em consonância com isso, os autores notaram que as populações que apresentaram o ciclo maior foram oriundas de regiões de latitude mais baixa e/ou maior altitude.

Vargas et al. (2006) observaram significativas diferenças no ciclo vegetativo entre distintos biótipos de azevém, que variaram de 136

a 194 dias. Os autores obtiveram também diferenças no intervalo de florescimento entre a população mais precoce e as populações mais tardias, pelo menos 48 dias, contrastando com os resultados obtidos por Galvan et al. (2011), onde as diferenças limitaram-se a 21 dias. Esta variação certamente foi decorrente do grande número de populações avaliadas oriundas de ambientes bem diferenciados.

Hampton & Hebblethwaite (1982) escrevem que o azevém-anual é uma cultura que apresenta grande desuniformidade de maturação entre e dentro das espigas. Isso faz com que a produção e liberação de pólen ocorram por um período superior a um mês após o início da antese. Taketomi et al. (2006) estimam que um hectare de cultivo de azevém produza até 100 kg de pólen e que um grama desse pólen possua cerca de 100 milhões de grãos.

A auto-incompatibilidade é um mecanismo que impede que as plantas, dotadas desse artifício, sejam fertilizadas com o pólen da própria planta. Raven et al. (2001) cita que, se o DNA de um grão de pólen carrega um alelo no seu loco de incompatibilidade que é igual ao alelo que ocorre em um dos dois *loci* correspondentes no tecido diplóide do estigma ou estilete, a entrada do tubo polínico no estigma ou sua passagem pelo estilete é barrada.

O sistema de auto-incompatibilidade é dividido em gametofítico e esporofítico. Nos sistemas de incompatibilidade gametofítica, a interação pólen/pistilo é controlada geneticamente pelo genoma haplóide de cada grão de pólen e o genoma diplóide do pistilo.

Nos sistemas de incompatibilidade esporofítica a reação do pólen é determinada pelo genoma do tecido (do esporófito) no qual o pólen foi produzido (ZANETTINI, 2003).

Os sistemas mais simples de incompatibilidade são controlados por um único locus, o locus S, com múltiplos alelos. Esse locus altamente polimórfico pode ter mais do que 40 alelos em populações naturais (ZANETTINI, 2003).

McCraw & Spoor (1983) indicam que, para *Lolium mutliflorum*, estão envolvidos no mínimo três loci (S'S''Z) no controle de incompatibilidade genética, a qual é caracterizada por ser gametofítica.

Nos sistemas gametofíticos, o crescimento do tubo polínico é comumente interrompido dentro do estilete e envolve o contato entre o tubo polínico e a mucilagem secretada por células do trato transmissor. Logo após a deposição do pólen no estigma, este libera sequencialmente substâncias contidas em sua exina e sua intina. Quando o exudato da exina entra em contato com um estigma incompatível ocorre imediata produção de calose. Assim, a reação de incompatibilidade é manifestada pela inabilidade do grão de pólen em germinar e/ou pela inabilidade do tubo emergente em invadir a parede das células papilares (ZANETTINI, 2003).

Fluxo gênico é um fenômeno natural que consiste na troca da informação genética entre indivíduos, populações ou espécies (BORÉM, 2001), sendo influenciado pela biologia das espécies, assim

como pelo ambiente e práticas de produção (MALLORY-SMITH & ZAPIOLLA, 2008).

O fluxo gênico ocorre via pólen, sementes, e, em algumas espécies via propágulos vegetativos. A ênfase maior dos estudos está no fluxo gênico via pólen, mas as sementes tem maior importância na disseminação a longas distâncias (MALLORY-SMITH & ZAPIOLLA, 2008).

Para que o fluxo gênico entre dois biótipos ocorra, eles devem compartilhar o mesmo habitat e deve existir sobreposição do período de florescimento deles. Nesse caso, a ocorrência da polinização cruzada dependerá da existência de um agente polinizador eficiente (BORÉM & MIRANDA, 2005).

Segundo Chevrè et al. (1998), para que o fluxo gênico ocorra a nível de campo os indivíduos devem ser compatíveis sexualmente, haver coincidência temporal e espacial dos indivíduos, polinização cruzada, grande longevidade do pólen, híbridos viáveis, transmissão gênica nas gerações seguintes e gene não excluído do genoma receptor.

Warren et al. (1998) afirmam que, embora o fluxo gênico em plantas que produzem flores possa ocorrer através de pólen e sementes, a dispersão de pólen pelo vento é considerado mais importante nas gramíneas de polinização cruzada.

Rognli et al. (2000) constataram que a densidade de plantas na população doadora de pólen, assim como a distância que a separa da população receptora, afeta substancialmente o fluxo de genes.

A distância do fluxo gênico via pólen é variável, mas em geral ocorre em distâncias relativamente curtas porque o pólen se mantém viável por pouco tempo, geralmente apenas algumas horas ou dias (MALLORY-SMITH & ZAPIOLLA, 2008). A maior parte do pólen de espécies Poaceae permanece viável por menos de 3 horas (FEI & NELSON 2003). Em *Agrostis stolonifera* L. apenas 1% do pólen permanece viável após 2 horas de emissão (BUSI et al., 2008). Dessa forma, o sucesso da polinização cruzada a longas distâncias é considerado improvável devido à perda da viabilidade do pólen (ROGNLI et al. 2000).

O pólen está sujeito à dessecação e a perda de viabilidade em função de exposição a altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar. O fluxo gênico via pólen alcança distâncias maiores se o seu veículo de disseminação for o vento, e as plantas forem auto-incompatíveis (MALLORY-SMITH & ZAPIOLLA, 2008).

Muitas medidas de distância de dispersão em populações de plantas são obtidas diretamente, como por exemplo, movimento de pólen pelo vento, estimado a partir do número de grãos de pólen captados por lâminas com substância aderente, colocadas a distâncias regulares a partir de uma dada planta ou colônia (MARTINS, 1987). No entanto, além do pólen viajar a longas distâncias e permanecer viável por esse tempo, ele deve ser depositado exatamente sobre um estigma receptivo, o qual possui um tamanho muito pequeno.

A migração de alelos entre populações afeta a dinâmica da evolução da resistência a herbicidas, de modo a aumentar a frequência inicial dos alelos que conferem a resistência em populações ainda não selecionadas (JASIENIUK & MAXWELL, 1994).

Para muitas espécies de plantas daninhas, o fluxo gênico entre as populações é provavelmente a forma mais propensa de espalhar resistência a herbicidas (HIDAYAT et al., 2006), por acúmulo de diferentes genes de resistência em plantas individuais ou populações (BUSI et al., 2008).

O movimento de pólen que transportam alelos de resistência a herbicidas pode ter dois diferentes, mas importantes, efeitos. Primeiro, o movimento do pólen pode introduzir alelos de resistência que não existiam no local. Segundo, o movimento do pólen pode permitir o acúmulo de diferentes alelos de resistência na mesma planta (PRESTON et al., 1996).

Busi et al. (2008) observaram fluxo de genes entre populações de *Lolium rigidum* resistentes ao herbicida sulfometuron, inibidor da síntese de ALS, para populações sensíveis a esse herbicida a uma distância de 3000 metros.

As características hereditárias, como a resistência a herbicidas, são controladas pelos genes, que podem apresentar formas alternativas, denominadas alelos. Quanto maior o número de genes envolvidos, mais lenta será a evolução da resistência em uma população,

pois características poligênicas dependem da combinação de vários genes na mesma planta (VARGAS et al., 2007).

Vargas et al. (2007) observaram que o azevém possui resistência a herbicidas dominante, transmitida hereditariamente tanto pelo pai quanto pela mãe, ou seja, a resistência é transmitida por genes nucleares. Acrescentam dizendo que a dominância é incompleta, uma vez que o biótipo F1, heterozigoto, apresenta sensibilidade intermediária aos seus pais.

Por meio dessa herança nuclear os genes de resistência são transmitidos pelos grãos de pólen para um biótipo suscetível da mesma espécie e, pela recombinação sexual, seus descendentes podem vir a se tornar biótipos resistentes a determinado mecanismo de ação de um herbicida (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

As alterações que ocorrem nas enzimas ou na regulação delas interferem na sua atividade original, resultando em vantagem ou desvantagem para o biótipo resistente na presença ou ausência da pressão de seleção (VARGAS et al., 1999). Os autores sugerem ainda que, plantas resistentes podem tornar-se predominantes quando ocorrem mudanças no ambiente que as favoreçam, isto é, se elas possuírem vantagem competitiva. Entretanto, se a pressão de seleção for removida, sua vantagem comparativa será eliminada e os indivíduos resistentes poderão desaparecer.

A adaptação ecológica é capacidade que um biótipo possui, dentro de uma população de plantas daninhas, em manter ou aumentar

sua proporção ao longo do tempo. Assim, biótipos mais adaptados são normalmente mais competitivos e capazes de aumentar sua proporção ao longo do tempo, eliminando os indivíduos menos adaptados ou competitivos (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

A eficácia do controle das plantas daninhas em determinada área é fundamental para a dinâmica populacional, pois, plantas não controladas terão suas sementes dispersas a diferentes distâncias, reabastecendo o banco de sementes do solo.

Segundo Carmona (1992), todas as práticas que limitem o acréscimo do banco de sementes contribuem para a diminuição de problemas com infestações futuras. Ekeleme et al. (2003) afirmam que o banco de sementes e as plantas daninhas que não são eliminadas com as práticas de manejo constituem as principais fontes de infestações futuras, e, segundo Jensen (2009) seu tamanho é dependente de muitos fatores, como a persistência das sementes no solo e a deiscência de novas sementes. Dessa forma, o manejo de plantas daninhas com êxito, para a redução do tamanho do banco de sementes, deve impedir a formação e acréscimo de sementes.

O banco de sementes é caracterizado pelo montante de sementes viáveis, e outras estruturas de propagação, presentes no solo ou nos restos vegetais, tendo papel crucial na substituição de plantas eliminadas, seja por causas naturais ou não (CARMONA, 1992). Semente, de acordo com a definição botânica de Vidal & Vidal (2004), é

o óvulo desenvolvido após a fecundação, contendo o embrião, com ou sem reservas nutritivas, protegido pelo tegumento.

A disponibilidade das sementes no solo é caracterizada pela sua entrada, permanência e saída. Segundo Radosevich et al. (2007), a entrada de sementes ocorre pela produção e dispersão de sementes, enquanto que a saída é resultado da germinação, senescência, morte e predação.

O banco de sementes, em vista de sua formação, apresenta grande variabilidade genética, e por sua potencial função, pode ser garantia de sobrevivência da espécie num determinado local. Os bancos de sementes, segundo Thompson & Grime (1979), são classificados de acordo com sua permanência no solo em transitórios e persistentes. No primeiro tipo, a germinação ocorre no período de um ano após a dispersão e no segundo tipo, a ocorrência da germinação das sementes dispersas excede esse período.

A germinação das sementes é o resultado do balanço entre condições ambientais favoráveis e características intrínsecas das sementes, compreendendo uma sequência ordenada de atividades metabólicas, que resulta na retomada do desenvolvimento do embrião, originando assim, uma plântula. As sementes viáveis e não dormentes germinam quando há disponibilidade de água, oxigênio, temperatura e em alguns casos luz (CASTRO & VIEIRA, 2001; MONQUERO & CHRISTOFFOLETI, 2005).

A germinação da semente e o seu estabelecimento requerem mecanismos que previnam a germinação em condições de crescimento e sobrevivência desfavoráveis (VIVIAN et al, 2008). Os principais fatores que influem no impedimento da germinação se devem ao embrião imaturo ou rudimentar, impermeabilidade do tegumento a água ou oxigênio, restrições mecânicas, embrião dormente, inibidores internos, ou combinação de causas (BRACCINI, 2011).

Quando as sementes de determinada espécie, mesmo sendo consideradas viáveis, não germinam, embora sejam fornecidas todas as condições ambientais necessárias para tanto, elas são denominadas dormentes. O estado de dormência não deve ser confundido com o de quiescência, que é um estado de repouso facilmente superado, se a semente estiver viável, com o fornecimento das condições ambientais necessárias (BRACCINI, 2011).

A dormência distribui a germinação ao longo do tempo, garantindo o potencial de regeneração do banco de sementes mesmo em condições ambientais adversas à sobrevivência das espécies e de perturbação contínua do solo para fins de cultivo, podendo garantir a sobrevivência da espécie mesmo quando a vegetação é completamente eliminada (CARMONA, 1992).

Dessa forma, a dormência assume papel importante na manutenção da espécie na área, haja vista que, o escalonamento da germinação e emergência permite maior chance de estabelecimento das

plantas, especialmente em situações adversas de clima, solo, disponibilidade de recursos, etc., como é o caso de áreas agrícolas.

Ao que se refere a necessidade de exposição a luz, especialmente a luz branca, as sementes podem ser classificadas em fotoblásticas positivas, que germinam melhor na presença de luz, e, fotoblásticas negativas, que germinam melhor na ausência de luz e fotoblásticas neutras que germinam com ou sem luz (CASTRO & VIEIRA, 2001). A ação da luz vermelha (660-760 nm) leva o fitocromo da forma inativa (PV ou P660) à ativa (PVd ou P730), o que ativa os hormônios que atuam no processo germinativo (RAVEN et al., 2001).

A dormência em função da sua durabilidade pode ser classificada como primária ou secundária. A dormência primária é característica nata de sementes, desenvolvida enquanto presentes na planta-mãe e que permanece após sua dispersão. A dormência secundária refere-se ao estado de indução da dormência, sob condições não favoráveis à germinação, em sementes não dormentes ou naquelas cuja dormência primária foi superada (VIVIAN et al., 2008).

Wiesner & Grabe (1972) destacaram que, algumas cultivares de azevém tem diferentes potencialidades para a dormência, influenciadas pelas temperaturas registradas durante o desenvolvimento. Segundo os autores, sementes desenvolvidas em ambientes frios foram mais dormentes que aquelas desenvolvidas em ambientes quentes.

Goggin et al. (2010) observaram que, para *Lolium rigidum*, as sementes classificadas como de baixa dormência apresentavam níveis

significativamente superiores de peroxidase total, que, dentre as várias funções que desempenha, está o fato de ser uma das enzimas responsáveis pelo “afrouxamento” da parede, necessário para a ruptura do endosperma no início da germinação.

Larcher (2006) escreve que a vida de qualquer organismo começa por meio de um processo reprodutivo, o qual é seguido por um processo de desenvolvimento vegetativo, incluindo o crescimento e formação dos órgãos, e, em seguida ocorre novamente a reprodução, originando a próxima geração. Cada evento tem efeito sobre os demais, de modo que o estado nutricional da planta-mãe afeta a quantidade de nutrientes disponíveis para a translocação até as sementes.

Plantas sem vigor, senescentes ou estressadas pelo ambiente produzem óvulos que são subdesenvolvidos ou são incapazes de desenvolver sementes normais. Distúrbios adicionais podem ocorrer na microsporogênese, de forma a resultar na produção de poucos grãos de pólen ou mesmo grãos estéreis (LARCHER, 2006).

Em função disso, o número de flores e sementes de uma planta varia com as condições ambientais. O estresse hídrico, por exemplo, pode acelerar o florescimento para garantir a perpetuação, porém haverá menor produção de flores e sementes (MONQUERO e CHRISTOFFOLETI, 2005).

O crescimento do embrião é geralmente atrasado enquanto a semente amadurece e é dispersa (RAVEN et al. 2001). O tamanho da semente, o estágio de diferenciação do embrião e a reserva de alimentos

têm influência decisiva na capacidade de germinação e no vigor dessa germinação. Nesse contexto, um evento aparentemente com pouca influência sobre a semente pode assumir grande importância (LARCHER, 2006). Desse modo, toda e qualquer ação que afetar a germinação, assim como, a viabilidade e longevidade do banco de sementes de plantas daninhas, pode vir a ser chave para o sucesso de uma safra agrícola.

O esgotamento do banco de sementes, para algumas espécies pode ser demorado. Entretanto, pelo rápido declínio populacional, quando não se permite a produção de sementes, verifica-se a viabilidade da adoção de práticas de controle para redução da densidade de infestação a níveis que permitem melhor convivência com as plantas daninhas nos agroecossistemas e obtenção de maior eficiência e economicidade no seu controle (SKORA-NETO, 2001).

A avaliação das necessidades de controle das plantas daninhas emergentes é função da taxa de emergência das espécies presentes no banco de sementes e deve ser estabelecida para cada sistema de manejo da cultura, como por exemplo, no sistema convencional e no direto. Por sua vez, os níveis de competição das espécies também devem ser estabelecidos, para validação do uso de levantamento de bancos de sementes em níveis econômicos de condução de lavouras (VOLL et al., 2003).

O tamanho e a composição do banco de sementes refletem todo o manejo adotado no controle de plantas daninhas na área. Uma

redução desse banco pode significar menor problema com plantas daninhas nas áreas agrícolas e, portanto, economia para os agricultores, especialmente com herbicidas, além de ambiente mais saudável, com menor utilização de produtos químicos (MONQUERO & CHRISTOFFOLETI, 2005).

O tamanho do banco de sementes das plantas daninhas é, comparativamente, maior em áreas agrícolas do que em áreas não-agrícolas de baixo distúrbio ambiental (MONQUERO & CHRISTOFFOLETI, 2005). De acordo com os mesmos autores, essa tendência é devido a estratégia dessas plantas em produzir grandes quantidades de sementes em ambientes que apresentem um alto distúrbio. Braccini (2011) descreve que composição e a densidade das sementes de plantas daninhas no solo apresentam grande variação e estão intimamente relacionadas com o histórico de cultivo da gleba.

Fenner (1985) afirma que os maiores bancos de sementes, do ponto de vista de número de sementes m^{-2} , estão associados com áreas agrícolas, e os menores estão relacionados a pradarias, campos, pântanos e reservas florestais. O autor sugere que, de modo geral, áreas cultivadas apresentam 20.000 a 40.000, pradarias/pântanos 5.000 a 20.000, florestas temperadas 1.000 a 10.000, florestas tropicais 100 a 1.000, e florestas em regiões montanhosas 10 a 100 sementes m^{-2} .

Buhler et al. (1997) afirmam que as características dos bancos de sementes influenciam tanto na dinâmica das plantas daninhas que ocorrem no campo, como o sucesso de manejo das mesmas num

determinado cultivo. Ainda, de acordo com os autores, a dinâmica do banco de sementes é influenciada por muitos processos de geração e regulação no solo, sendo influenciada pelo manejo do solo, pelos sistemas de cultivo utilizados e pelas culturas implantadas. Ghera et al. (1997) propõem que o estabelecimento das plantas daninhas sofre influência direta da superação da dormência do banco de sementes.

A persistência do banco de sementes, em função da sua longevidade no solo, é a principal garantia da permanência das espécies no local. Segundo Ball (1992), a persistência de sementes de plantas daninhas no solo pode influenciar na habilidade das espécies em causar perdas econômicas nos sistemas agrícolas e prolongar suas infestações por muitas safras. Vivian et al. (2008) descrevem que o decréscimo do banco de sementes, por sua vez, é função da perda de sementes pela idade fisiológica, ação de predadores e patógenos ou pela germinação das mesmas.

O conhecimento da longevidade das sementes enterradas num solo cultivado é um elemento indispensável para a estimação dos riscos de infestações de áreas agrícolas e um pré-requisito para qualquer modelagem da dinâmica de plantas daninhas e na previsão do risco de infestação em áreas agrícolas em longo prazo (BARRALIS et al., 1988).

A taxa de decréscimo do banco de sementes no solo é muito variável entre espécies, condições ambientais, práticas culturais, dormência e longevidade das sementes, presença de predadores e microrganismos. Entretanto, ela é geralmente lenta o bastante para gerar

novos indivíduos por alguns anos na maioria das espécies invasoras. Neste contexto, a aceleração desta taxa através do estímulo a germinação ou tratamentos deletérios à semente, poderiam contribuir grandemente para programas de controle de invasoras (CARMONA, 1992).

Barralis et al. (1988) sentenciam que, algumas espécies, como a *Avena fatua* apresentam decréscimo rápido de sua viabilidade em função do tempo, outras, como *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Capsella bursa pastoris*, apresentam sua viabilidade diminuída lentamente, sendo que a última, após cinco anos enterrada ainda possuía 97,7% de viabilidade.

De acordo com Radosevich et al. (2007) algumas plantas daninhas como *Chenopodium album* e *Spergula arvensis* tem sua longevidade estimada em 1700 anos. Por outro lado, Maia et al. (2009) sinalizam que poucas sementes de *Lolium multiflorum* mantém sua viabilidade por mais de um ano após sua dispersão no ambiente. Ainda, Maia et al. (2007) concluíram que a maioria das sementes de azevém superaram a dormência e germinaram no final do verão e início do outono, mostrando um banco de sementes do solo tipicamente transitório, mas com um pequena proporção de sementes persistentes.

Além das características intrínsecas das espécies, a longevidade das sementes no solo é variável em função da profundidade de enterrio, do tipo de solo e das condições climáticas. Jensen (2010) escreve que a manutenção das sementes na superfície do solo reduz a porcentagem de sobrevivência para níveis muito inferiores daqueles

encontrados em sementes enterradas no solo. Burnside et al. (1986) constataram que sementes de *Setaria viridis*, *S. lutescens* e *S. primilia* mantiveram a viabilidade por mais de dezessete anos quando enterradas a vinte centímetros de profundidade em cápsulas seladas.

Sementes de *Amaranthus retroflexus* enterradas a 10 centímetros de profundidade perderam 10% da viabilidade, enquanto que aquelas mantidas na superfície tiveram redução de 30% após 1 ano (OMAMI et al., 1999). Sementes de *Chenopodium album* coletadas na superfície do solo, depois de instalado o sistema de plantio direto, germinaram 40% menos que as sementes coletadas a maiores profundidades após a aração (YENISH et al., 1992).

As perdas mais acentuadas da viabilidade das sementes ocorrem na superfície do solo devido a exposição à condições ambientais extremas, as quais podem provocar falhas metabólicas, quando comparado as sementes em profundidades maiores (OMAMI et al., 1999).

As alterações no banco de sementes resultam, em determinados momentos, na necessária adoção de manejos diferenciados ao longo dos anos, em razão de espécies e intensidades variáveis presentes, que causam danos econômicos em culturas, como a soja (VOLL et al., 2001).

Espécies de plantas daninhas, produção de sementes, sua densidade no solo, e resíduos de superfície podem influenciar a dinâmica

populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de preparo (TEASDALE et al., 1991).

O mecanismo de seleção age sobre uma determinada flora infestante de plantas alternando ao longo do tempo a sua composição e diversidade genética, selecionando biótipos resistentes àquele manejo adotado.

O efeito das práticas empregadas no preparo do solo sobre o banco de sementes e germinação dos mesmos é função da distribuição vertical ao longo do perfil antes e após as operações de preparo. Essa distribuição é afetada pelo tipo, velocidade e profundidade de trabalho do implemento utilizado, textura do solo e umidade (CARMONA, 1992).

Ball (1992) sentencia que a utilização de técnicas que promovam a inversão das camadas de solo como a aração, resulta na melhor distribuição das sementes ao longo do perfil e no enterrio de grande quantidade de sementes. Por outro lado, os métodos que não promovem a inversão de camadas, permitem que a maioria das sementes permaneça próximo à superfície do solo.

Segundo Deuber (1997), antes de iniciar o sistema de semeadura direta seria interessante fazer o revolvimento profundo com arados de aiveca, de modo a levar o solo profundo, com poucas sementes para a superfície, e, por outro lado, enterrar as sementes que se concentravam nos primeiros centímetros de profundidade.

A proximidade da superfície do solo proporciona maior germinação das sementes e estabelecimento de plantas daninhas, quando comparado com outros métodos (BALL, 1992). Ainda, o autor mostra que, o revolvimento do solo pode resultar em 20% das sementes na camada de 0-5 cm e 53% de 10-15 cm, ao passo que, em solo não revolvido, 63% das sementes estão concentradas de 0-5 cm e apenas 17% de 10-15 cm.

A semeadura direta ou preparo superficial resulta na concentração de sementes próximas à superfície do solo. Buhler & Mester (1991) citam que a redução ou eliminação do preparo do solo tem influenciado a distribuição de sementes no solo. Pareja et al. (1985) localizaram 85% das sementes nos 5 cm superficiais em sistema sem preparo do solo, no entanto, em sistema convencional, na mesma profundidade foram encontradas apenas 28% das sementes. Cardina et al. (1991) encontraram 70 a 78% das sementes distribuídas de 0-5 cm, 14 a 20% na profundidade de 5-10 cm, e, apenas 5 a 10% em profundidade de 10-15 cm.

Relativamente poucas espécies de plantas daninhas podem emergir de profundidades superiores a 5 cm, à exceção de espécies que apresentam sementes grandes (CARMONA, 1992). Vidal et al. (2007) citam que a emergência das plântulas de *Conyza* spp. é reduzida drasticamente com o aumento da profundidade, sendo que a 1 cm de profundidade esse valor é inferior a 40%.

A rotação de culturas, um dos pilares do sistema de semeadura direta na palha, que preconiza o cultivo sucecional de diferentes espécies na mesma área, ajuda a diminuir o banco de sementes, especialmente porque evita a predominância de determinadas invasoras na área. Lockart et al. (1990) cita que cada cultura apresenta uma gama de plantas daninhas “associadas” que pode variar com a localização geográfica. Essas associações, de acordo com Carmona (1992), se devem a similaridade em termos de requerimentos por solo e clima, ciclo de vida, competitividade, resistência a herbicidas, características físicas e morfológicas das sementes, etc.

Em vista disso, a rotação de culturas permite muitas variações no que tange o modo e época de preparo do solo, a quantidade e tipos de herbicidas utilizados, o espaçamento e hábito de crescimento da cultura, bem como, época de colheita e manejo pós-colheita.

Conforme Ball (1992), a sequência cultural foi o fator que mais influenciou a composição do banco de sementes, o que se deve, em parte, ao herbicida usado em cada sequência cultural, ocorrendo mudança no banco de sementes em função das espécies menos suscetíveis ao controle herbicida.

Ávila et al. (2000a) e Marchezan et al. (2003) citam que a redução do banco de sementes de arroz vermelho em dois anos de cultivo foi de 100 e 98%, respectivamente, quando utilizada a prática de pousio do solo.

Ávila et al. (2000b) concluem que após três anos de cultivo, o sistema de semeadura com sementes de arroz pré-germinadas proporciona menor quantidade de sementes viáveis de arroz vermelho no banco de sementes do solo que os sistemas de semeadura direta e convencional. Ainda, os autores escrevem que o maior período de deficiência de oxigênio, em função da inundação 20 dias antes da semeadura, é prejudicial as sementes de arroz-vermelho presentes no solo.

O uso de culturas de sucessão para fins de cobertura do solo é uma prática que vem se tornando cada vez mais comum em áreas cultivadas na região dos Cerrados, pois além dos benefícios trazidos pela proteção física e incorporação de nitrogênio no solo durante a entressafra, essas culturas podem contribuir para a supressão de plantas daninhas (SODRÉ FILHO et al., 2008). Após a colheita da cultura de verão, a ausência de culturas de sucessão propicia o desenvolvimento de espécies daninhas que podem incrementar o estoque de sementes no local (CARMONA, 1992).

Severino & Christoffoleti (2001) concluem que adubação verde pode fazer parte do manejo integrado de plantas daninhas. Em seu trabalho, a utilização das leguminosas *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan* causou redução significativa da infestação de plantas daninhas nos agroecossistemas, sobretudo de *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum* e *Bidens pilosa*. *Arachis pintoi* comportou-se melhor no controle a *P. maximum* e *B. pilosa*.

Na cultura da cana-de-açúcar, o sistema de cana-crua trouxe algumas modificações importantes no que se refere às plantas daninhas: reduziu a movimentação do solo; introduziu a colhedora como agente disseminador; eliminou o distúrbio pela queimada; e proporcionou a manutenção de uma camada de palha sobre o solo (KUVA et al., 2008).

Nos sistemas com movimentação vertical do solo reduzido, as sementes tendem a se concentrar nas camadas superficiais do solo e, na presença da camada de palha, parte das sementes recém-produzidas fica nela retidas (KUVA et al., 2008). Os autores afirmam ainda que, *Ipomea hederifolia* e *I. quamoclit*, por terem sementes relativamente grandes, possuem reservas suficientes para nutrir a plântula durante a passagem pela palha, ao contrário das sementes de gramíneas, que possuem sementes menores, de longevidade curta, estando mais propensas a germinação seguida de morte.

O uso de herbicidas também influencia nas espécies que compõem o banco de sementes, podendo aumentá-lo ou diminuí-lo, dependendo dos produtos utilizados (BALL, 1992). Monquero & Christoffoleti (2005) afirmam que os herbicidas, quando utilizados por vários anos, podem permitir que certas espécies ou biótipos passem por seleção e se adaptem ao sistema de cultivo. Os autores acrescentam ainda que, o emprego intensivo de herbicidas com mecanismos de ação similares pode selecionar espécies tolerantes ou biótipos resistentes. Do mesmo modo, herbicidas com efeitos residuais curtos podem selecionar

espécies com germinação tardia. Assim como, os meios mecânicos de controle podem selecionar espécies de propagação vegetativa.

No Brasil, em especial no Estado do Rio Grande do Sul, observa-se que a ocorrência de azevém e buva resistentes ao herbicida glifosato está amplamente disseminada. Roman et al. (2004) citam que para o azevém isso se deve ao uso repetido do mesmo herbicida para o controle das plantas daninhas.

Qualquer evento que interfira no número de sementes produzidas e adicionadas no seu banco, como é o caso do consumo de propágulos por animais, ocasionará efeito direto sobre a densidade, arranjo e proporção de infestantes na área em cultivos futuros (BALBINOT Jr. et al., 2002).

Estudos sobre tamanho, composição e fatores determinantes de formação dos bancos de sementes de plantas daninhas são de grande interesse, econômico e científico, e, fundamentais para o desenvolvimento e a aplicação de técnicas agronômicas para controlar espécies indesejáveis, além de proporcionar a antecipação de práticas de manejo agronômico (VISMARA et al., 2007).

As informações sobre os bancos de sementes de plantas daninhas no solo poderão ser uma ferramenta bastante importante na tomada de decisão sobre práticas de controle e manejo integrado de plantas daninhas. Modelos bioeconômicos como HERB (WILKERSON et al., 1991) e WEEDCAM (LYBECKER et al., 1991) utilizam as informações sobre a composição dos bancos de sementes para estimar as

populações de plantas daninhas, as perdas de produtividade nas culturas devido à competição e para recomendar táticas de controle mais econômicas (MONQUERO & CHRISTOFFOLETI, 2005).

Em vista disso, Cardina & Sparrow (1996) escrevem que uma predição precisa da emergência de plantas daninhas do banco de sementes permitiria aos agricultores um planejamento mais eficiente do controle e impediria a aplicação inadequada de herbicidas em condições de pré-emergência.

Estudos também mostram que predições confiáveis da flora daninha emergente podem não ser obtidas a partir do número de sementes do banco de sementes no solo (ZHANG et al., 1998). Persiste um potencial de erros de estimativa, para mais ou para menos, dependendo das condições ambientais que afetam a dormência e a germinação das sementes (FENNER, 1985). Além disso, muitos trabalhos na literatura, dentre eles, Kuva et al. (2008) mostram baixa correlação entre o banco de sementes e a flora emergente.

A avaliação do banco de sementes é uma ferramenta importante para a verificação da eficiência de um sistema de controle de plantas daninhas ao longo do tempo, porém há o inconveniente de ser um método com precisão limitada, frequentemente proporcionando resultados com altos valores de coeficientes de variação (MARCHEZAN et al., 2001).

Ainda assim, segundo Forcella (1993) o manejo do banco de sementes é um procedimento que deve compor um programa de controle

integrado de plantas daninhas. O monitoramento do banco de sementes é um aspecto muito importante no manejo de áreas agrícolas, pois através deste pode-se acompanhar a eficácia das técnicas utilizadas para a supressão das plantas daninhas.

CAPÍTULO I

EVOLUÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DO MANEJO DO SOLO E SEQUÊNCIA DE CULTURAS

RESUMO - O banco de sementes é caracterizado pelo montante de sementes e outras estruturas de reprodução viáveis no solo e é alterado pela entrada e saída de sementes, sendo classificado por sua permanência no solo, como transitório ou permanente. O manejo agrícola empregado e as culturas utilizadas na área influem decisivamente nessa dinâmica, de modo que áreas mais perturbadas tendem ter banco de sementes mais rico que áreas de baixo distúrbio. O objetivo do presente trabalho foi testar diferentes manejos de solo e culturas, com vistas à redução ou eliminação do azevém na área. Para tal, o experimento foi conduzido no período de 2010 a 2012. No primeiro ano, avaliou-se o efeito do manejo químico com a aplicação de herbicidas, em relação a área mantida sem manejo. A partir do segundo ano, na área manejada quimicamente, foi instalado um segundo experimento, onde se avaliaram os efeitos do manejo de solo e sequência de culturas na produção de sementes de azevém. O manejo de solo consistiu na escarificação e não-escarificação do solo. As sequências de culturas foram: pousio/soja; trigo/soja; aveia-preta/soja; aveia-preta/milho. As coletas de solo foram realizadas três vezes ao ano e,

estratificadas em 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm. Após a coleta, as sementes foram separadas do solo, passaram por assepsia e a seguir, submetidas ao teste de germinação em câmara de crescimento, com posterior teste de tetrazólio. Ainda, nas mesmas parcelas utilizadas para coleta do solo, avaliou-se o fluxo de emergência de plantas de azevém, no período de inverno de 2011 e 2012. Observou-se, no primeiro ano, que o manejo químico reduziu consideravelmente a quantidade de sementes de azevém no solo. As sequências de culturas utilizadas mostraram-se mais efetivos na redução do banco de sementes no solo que os diferentes manejos do solo. As sequências aveia-preta/milho e trigo/soja, em apenas dois anos, praticamente zeraram o banco de sementes de azevém na área.

Palavras-chave: Dormência, escarificação, viabilidade de sementes.

EVOLUTION OF RYEGRASS SEEDBANKS DEPENDING ON SOIL MANEGEMENT AND CROP SEQUENCE

ABSTRACT - The seedbanks is characterized by the amount of seeds and other viable reproductive structures in the soil and it is changed by the input and output of seeds, being classified by its permanence in the soil as transient or permanent. The management and cultures used influence decisively this dynamic, areas more disturbed tend to have richer seedbanks. The purpose of this study was to test different soil

management and crop systems, aiming to reduce or eliminate the ryegrass in the area. The experiment was conducted from 2010 to 2012. In the first year it was evaluated the effect of chemical management compared to the area without management. From the second year, in the area that received chemical management, it was installed the second experiment, where it was evaluated the effect of soil management and crop sequence in the ryegrass seed production. The soil management treatment was chiseling and no-chiseling. The crop sequence was: fallow/soybean; wheat/soybean; black-oat/corn. The samples of soil were taken three times a year and split in 0-5, 5-10, 10-15 and 15-20 cm. After sampling, the seeds were separated from the soil and sterilized, after it was conducted a germination and tetrazolium test. In the same plots used to for soil sampling, it was evaluated the emergence flow of ryegrass in the winter of 2011 and 2012. It was observed in the first year, the chemical management has considerably reduced the amount of ryegrass in soil. The crop sequences used were more effective than the soil management in reducing the seedbanks in the soil. The sequence, oat/maize and wheat/soybean, in only two years, practically zeroed the ryegrass seedbanks in the area.

Keywords: Seed dormancy, chiseling, seeds viability.

1 INTRODUÇÃO

O banco de sementes é caracterizado pelo montante de sementes viáveis e outras estruturas de propagação presentes no solo, ou nos restos vegetais, tendo papel crucial na substituição de plantas eliminadas, seja por causas naturais ou não (CARMONA, 1992). Semente, de acordo com a definição botânica de Vidal & Vidal (2004), é o óvulo desenvolvido após a fecundação, contendo o embrião, com ou sem reservas nutritivas, protegido pelo tegumento.

A disponibilidade das sementes no solo é caracterizada pela sua entrada, permanência e saída. Segundo Radosevich et al. (2007), a sua entrada ocorre pela produção e dispersão de sementes, enquanto que a saída é resultado da germinação, senescência, morte e predação.

O banco de sementes é classificado de acordo com sua permanência no solo em transitório e persistente (THOMPSON & GRIME, 1979). Segundo os autores, no primeiro tipo, a germinação ocorre no período de um ano após a dispersão e no segundo tipo, a ocorrência da germinação das sementes dispersas excede esse período.

A germinação da semente e o sucesso do seu estabelecimento requerem mecanismos que previnam a germinação antes de se alcançar o período ótimo e, também, durante aquele cujas condições de crescimento e sobrevivência sejam desfavoráveis (VIVIAN et al., 2008).

A dormência distribui a germinação ao longo do tempo, garantindo o potencial de regeneração do banco de sementes mesmo em condições ambientais adversas à sobrevivência das espécies e de perturbação contínua do solo para fins de cultivo, podendo garantir a sobrevivência da espécie mesmo quando a vegetação é completamente eliminada (CARMONA, 1992).

O tamanho do banco de sementes das plantas daninhas é, comparativamente, maior em áreas agrícolas do que em áreas não-agrícolas de baixo distúrbio ambiental (MONQUERO & CHISTOFFOLETI, 2005). De acordo com os mesmos autores, esse comportamento é devido a estratégia dessas plantas em produzir grandes quantidades de sementes em ambientes que apresentem alto distúrbio.

Fenner (1985) afirma que os maiores bancos de sementes, do ponto de vista de número de sementes m^{-2} , estão associados com áreas agrícolas, e os menores estão relacionados a pradarias, campos, pântanos e reservas florestais.

A persistência de sementes de plantas daninhas no solo influencia na habilidade das espécies em causar perdas econômicas nos sistemas agrícolas e prolongar suas infestações por muitas safras (BALL, 1992).

A manutenção das sementes na superfície do solo reduz a porcentagem de sobrevivência para níveis muito inferiores daqueles encontrados em sementes enterradas no solo (JENSEN, 2010).

As alterações no banco de sementes resultam, em determinados momentos, na necessária adoção de manejos diferenciados ao longo dos anos, em razão de espécies e intensidades variáveis presentes, que causam danos econômicos em culturas, como a soja (VOLL et al., 2001).

O efeito das práticas empregadas no preparo do solo no banco de sementes e germinação das mesmas é função da distribuição vertical ao longo do perfil antes e após as operações de preparo. Essa distribuição é afetada pelo tipo, velocidade e profundidade de trabalho do implemento utilizado, textura do solo e umidade (CARMONA, 1992).

Lockart et al. (1990) cita que cada cultura apresenta uma gama de plantas daninhas “associadas” que pode variar com a localização geográfica. Essas associações, de acordo com Carmona (1992) se devem a similaridade em termos de requerimentos por solo e clima, ciclo de vida, competitividade, resistência a herbicidas, características físicas e morfológicas das sementes, dentre outras.

Qualquer evento que interfira no número de sementes produzidas e adicionadas no seu banco, como é o caso do consumo de propágulos por animais, afetará diretamente a densidade, arranjo e proporção de infestantes na área em cultivos futuros (BALBINOT Jr. et al., 2002).

O esgotamento do banco de sementes, para algumas espécies é demorado. Entretanto, pelo rápido declínio populacional, quando não

se permite a produção de sementes, verifica-se a viabilidade da adoção de práticas de controle para redução da densidade de infestação a níveis que permitem melhor convivência com as plantas daninhas nos agroecossistemas e obtenção de maior eficiência e economicidade no seu controle (SKORA-NETO, 2001).

Estudos sobre tamanho, composição e fatores determinantes da formação dos bancos de sementes de plantas daninhas são de grande interesse, econômico e científico, e, fundamentais para o desenvolvimento e aplicação de técnicas agronômicas para controlar espécies indesejáveis, além de proporcionar a antecipação de práticas de manejo agrônômico (VISMARA et al., 2007).

Cardina & Sparrow (1996) ilustram a dificuldade em estudar o banco de sementes de plantas daninhas e a inconsistência inerente dos dados a partir de amostras do banco de sementes utilizadas para prever potenciais populações de plantas daninhas. Ainda assim, segundo Forcella (1993) o manejo do banco de sementes é um procedimento que deve compor programas de controle integrado de plantas daninhas.

A avaliação do banco de sementes é ferramenta importante para verificação da eficiência do controle de plantas daninhas ao longo do tempo, porém há o inconveniente de ser um método com precisão limitada, frequentemente proporcionando resultados com altos coeficientes de variação (MARCHEZAN et al., 2001).

Objetivou-se, com este trabalho, testar diferentes manejos de solo e sequências de culturas, no intuito de avaliar a dinâmica do banco

de sementes de azevém, com vistas à redução ou eliminação dessa planta daninha na área.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, durante as estações de crescimento de 2010, 2011 e 2012. A área localiza-se na latitude 28° 13' 28" S, longitude 52° 23' 16" W e altitude aproximada de 700 m acima no nível do mar. O solo da área experimental pertence a unidade de mapeamento Passo Fundo, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico húmico (STRECK et al., 2008). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo subtropical úmido (Cfa). Em anexo encontram-se os dados climáticos de temperatura e precipitação pluvial média mensal ocorrida no local do experimento, durante a condução do mesmo.

O solo, antes da implantação do experimento, apresentava as seguintes características químicas: pH H₂O = 6,0; pH SMP = 6,2; Al⁺⁺⁺ = 0,0 cmol_c dm⁻³; Ca⁺⁺ = 9,6 cmol_c dm⁻³; Mg⁺⁺ = 4,0 cmol_c dm⁻³; P = 27,2 mg dm⁻³; K = 238 mg dm⁻³; S = 13 mg dm⁻³; MO = 3,3 %.

O experimento foi instalado em área de pousio hibernar, sendo o azevém a espécie predominante. No primeiro ano de condução do experimento (2010/11), a área foi dividida em duas, sendo uma delas mantida sem manejo químico e a outra manejada quimicamente, de

modo sequencial, com os herbicidas glifosato ($750 \text{ g e.a.ha}^{-1}$) e cletodim ($120 \text{ g i.a.ha}^{-1}$) 30 dias antes, e, com paraquat + diuron ($400 + 200 \text{ g i.a.ha}^{-1}$) 1 dia antes da semeadura da soja. No momento da primeira aplicação de herbicidas, o azevém estava, em sua maioria, entre os estádios de antese e grão leitoso.

No primeiro ano, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas. As épocas de avaliação (abril, outubro e dezembro) foram consideradas como parcelas principais e o manejo químico como subparcelas.

No segundo e terceiro anos, o delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em parcelas sub subdivididas. As épocas de avaliação (abril, outubro e dezembro) constituíram as parcelas principais; o manejo do solo (escarificado e não escarificado) as subparcelas; e, o sistema de culturas (pousio/soja, trigo/soja, aveia-preta/soja e aveia-preta/milho) as sub subparcelas.

Após a colheita da soja, em meados de abril de 2011, a área manejada quimicamente no primeiro ano, foi manejada com os herbicidas glifosato ($750 \text{ g e.a.ha}^{-1}$) e cletodim ($120 \text{ g i.a.ha}^{-1}$). Cerca de dez dias após, realizou-se o manejo do solo, uma única vez, em maio de 2011, com escarificador acoplado ao trator, o qual permitiu a penetração das hastes por cerca de 20 centímetros de profundidade no solo.

As culturas implantadas no inverno, trigo e aveia-preta, tanto no ano de 2011 como em 2012 foram semeadas no mês de junho, e a colheita do trigo realizada em novembro. No que tange as culturas de

verão, o milho foi semeado no mês de setembro, e a soja semeada no mês de novembro.

Para todas as culturas implantadas foram realizadas as práticas agronômicas adequadas para cada situação, desde a adubação até o manejo fitossanitário. Antes de implantar as culturas de inverno, a área total, foi manejada quimicamente com glifosato ($720 \text{ g e.a.ha}^{-1}$) e cletodim ($120 \text{ g i.a.ha}^{-1}$). Na área em que se cultivou o trigo, diferentemente das demais culturas de inverno, aplicou-se o herbicida iodossulfurom, na dose de 5 g i.a.ha^{-1} , o qual possui efeito sobre o azevém. Na área de aveia-preta, bem como na área de pousio, aplicou-se 2,4-D, na dose de $670 \text{ g e.a.ha}^{-1}$.

Ao que se refere às culturas de verão, a área foi manejada quimicamente com glifosato ($1080 \text{ g e.a.ha}^{-1}$) e cletodim ($120 \text{ g i.a.ha}^{-1}$) e sequencialmente com paraquat + diuron ($400 + 200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Na área com cultivo de soja, utilizou-se também, na pré-emergência da cultura, o herbicida clorimuron na dose de 20 g i.a.ha^{-1} . Na pós-emergência do milho, foram utilizados os herbicidas atrazina ($2.000 \text{ g i.a.ha}^{-1}$) e nicosulfuron (24 g i.a.ha^{-1}). Na pós-emergência da cultura da soja, fez-se uma aplicação de glifosato, na dose de $720 \text{ g e.a.ha}^{-1}$.

As coletas de solo foram feitas com cilindros de aço inoxidável com diâmetro e altura de 5 centímetros, o que representou área e volume, respectivamente, de aproximadamente de $19,6 \text{ cm}^2$ e $98,1 \text{ cm}^3$, dessa forma foi possível fragmentar o perfil do solo em profundidades de 0-5cm, 5-10cm, 10-15cm e 15-20cm. As coletas foram

realizadas três vezes ao ano, nos meses de abril, setembro/outubro e dezembro.

Após a coleta, as sementes de azevém foram separadas do solo através de lavagem em água corrente com duas peneiras, uma de 2 mm e outra de 425 μm . Em seguida, o material foi seco na sombra com papel toalha em ambiente ventilado e, por fim, as sementes separadas manualmente dos grânulos de solo. Depois de separadas, as sementes foram contadas, e expostas por 5 minutos em álcool 70% e por 20 minutos em hipoclorito de sódio 2%, para sua assepsia. Posteriormente, foram triplamente lavadas em água corrente.

As sementes, após a assepsia foram postas em gerbox contendo papel de germinação umedecido com volume de água 2,5 vezes a massa do papel, o qual foi re-umedecido sempre que necessário. Os gerbox foram depositados em câmara de germinação/crescimento tipo B.O.D., com temperatura de 20 °C, fotoperíodo de 12 horas luz/escuro, e incidência luminosa de aproximadamente 10,9 KLux. A avaliação da germinação se deu aos 7 e 14 dias após a semeadura, sendo considerada semente germinada aquela que apresentasse extrusão visível da radícula ou coleóptilo.

As sementes que não germinaram, e também não apodreceram, tiveram sua viabilidade avaliada ao serem submetidas ao teste de tetrazólio, na concentração de 0,5%, durante 6 horas em temperatura de 30 °C (BRASIL, 2009). O pré-umedecimento não se fez

necessário, pois as sementes foram oriundas do teste de germinação em papel de germinação umedecido.

Com base nos dados obtidos pela contagem das sementes inteiras (consideradas como tendo o embrião inteiro e ao menos parte do endosperma), e posteriormente nos testes de germinação e viabilidade, estimou-se a quantidade de sementes ocorrentes por área, bem como o percentual de viabilidade destas.

De posse da quantidade de sementes de azevém encontradas inteiras por área, assim como a percentagem destas que estavam vivas (sementes germinadas em câmara adicionadas as viáveis ao teste de tetrazólio), calculou-se a distribuição percentual de sementes vivas por metro quadrado no perfil do solo para cada coleta realizada.

Ainda, com os resultados referentes ao número de sementes inteiras, que foram coletadas nas diferentes sequências culturais, foi calculada a alteração do banco de sementes ao longo do tempo, a partir de fórmula modificada de Marchezan et al. (2003):

Alteração do banco de sementes (%) = $|100 - ((NS_{ref} \times 100) / NS_{ant})|$, onde:

NS_{ref} - número referência de comparação de sementes de azevém coletadas e,

NS_{ant} - número de sementes de azevém coletadas anteriormente, para o qual foi feita a comparação.

Para os cálculos de evolução do banco de sementes, foi considerada apenas a camada de 0-5 centímetros de solo, pois, de acordo

com dados contidos no capítulo III, a germinação de azevém em profundidades superiores a 5 centímetros é muito baixa. Ainda, para a comparação entre o banco de sementes antes e após a escarificação, utilizou-se como referência a área onde se realizou o manejo químico em 2010.

As avaliações da emergência do azevém se deram no ano de 2011 e 2012. Em 2011 foram realizadas duas avaliações, nos meses de agosto e setembro. No ano de 2012, foram realizadas 11 contagens, no período compreendido entre 26 de abril e 5 de outubro.

As contagens foram realizadas sempre no mesmo local e a amostragem não era destrutiva, ou seja, as plantas não eram arrancadas a cada contagem. Em cada parcela foram realizadas três contagens, a partir das quais foi calculada a média local. Para a contagem das plantas foi utilizado quadro de PVC, com as laterais medindo 0,5m, correspondente a uma área de amostragem de 0,25m².

Os resultados obtidos nos experimentos foram inicialmente transformados em raiz quadrada (ÁVILA et al., 2000b; MARCHEZAN et al., 2003; JOSÉ-MARIA & SANS, 2011). Após, foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises estatísticas referentes às variáveis avaliadas no primeiro ano de condução do experimento evidenciaram interação significativa da época de coleta do solo e manejo químico da área para o número de sementes, percentual de sementes germinadas na câmara e sementes vivas, não tendo efeito sobre o percentual de sementes viáveis em tetrazólio, o qual somente teve efeito de época de coleta (Apêndice 1).

Embora as coletas de solo tenham sido realizadas em quatro profundidades, 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm desde a primeira até a última época de avaliação, será dado enfoque somente aos dados referentes a profundidade de 0-5 cm, uma vez que, nas demais profundidades, na totalidade das coletas, nenhuma das poucas sementes encontradas inteiras no solo mostrou-se viável.

Na primeira coleta, em outubro de 2010, encontraram-se 255 sementes inteiras.m⁻² na profundidade de 5-10 cm, 229 sementes de 10-15 cm e, 255 sementes de 15-20 cm, no entanto, respectivamente para cada profundidade, apenas 12, 9 e 32 sementes vivas.m⁻². A partir de dezembro de 2010, não foi encontrada nenhuma semente de azevém nas profundidades de 5-10 e 15-20 cm e, para 10-15 cm a partir de abril de 2011.

Carmona (1992) afirma que relativamente poucas espécies de plantas daninhas emergem em profundidades superiores a 5 cm, à

exceção de espécies que apresentam sementes grandes. No Capítulo 3, fica evidenciado que o azevém apresenta sua emergência muito reduzida em profundidades superiores a 5 cm, quando comparado com menores profundidades.

Na primeira amostragem, em outubro de 2010, o número de sementes de azevém coletadas não diferiu estatisticamente entre os diferentes manejos químicos, uma vez que nessa fase ainda não havia o efeito do herbicida, o qual foi aplicado de modo diferenciado exatamente neste mês (Tabela 1). Por outro lado, nas avaliações de dezembro de 2010 e abril de 2011, o manejo químico influenciou negativamente na produção e abastecimento do banco de sementes. Em dezembro de 2010, na área sem aplicação de herbicidas, o banco de sementes apresentou-se aproximadamente 11 vezes superior a área manejada quimicamente. Já, na avaliação de abril de 2011, a superioridade foi de apenas 4 vezes.

A significativa diferença na quantidade de sementes entre dezembro e abril, para a área não manejada quimicamente, se deve especialmente ao fato que a maior parte das sementes, oriundas da deiscência das plantas de azevém fica na superfície do solo, propensas a ação do ambiente, provocando, portanto, a perda de viabilidade dessas sementes.

Além das diferenças observadas entre os dois manejos químicos, a época de coleta também afetou a quantidade de sementes encontradas na área sem herbicida, com as maiores quantidades na

coleta de dezembro (Tabela 1). Já, onde aplicou-se o herbicida não foram encontradas diferenças entre as épocas de coleta.

Tabela 1 - Número de sementes de azevém coletadas e percentual de sementes vivas (germinadas + tetrazólio) na profundidade de 0-5 cm, em função de época de coleta e manejo químico, no primeiro ano do experimento (2010/11)

| Época de coleta do solo | Sementes coletadas.m ⁻² | | Sementes vivas (%) | |
|-------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Com manejo químico | Sem manejo químico | Com manejo químico | Sem manejo químico |
| Outubro/10 | A 2.164 a ¹ | A 2.953 c | A 38,3 a | A 24,4 b |
| Dezembro/10 | B 2.953 a | A 32.111 a | B 49,7 a | A 78,0 a |
| Abril/11 | B 3.522 a | A 14.430 b | A 36,7 a | A 51,1 a |
| C.V. época (%) | | 19,1 | | 16,9 |
| C.V. manejo químico (%) | | 35,8 | | 13,2 |

¹ Médias antecedidas de mesma letra, maiúscula, na linha, e seguidas de mesma letra, minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Braccini (2011) descreve que a composição e a quantidade das sementes de plantas daninhas no solo variam e estão intimamente relacionadas com o histórico de cultivo da área.

As sementes, ao se desprenderem da planta-mãe ficam na superfície do solo, local muito propenso ao ataque de pragas, patógenos e a ação do ambiente, o que ocasionou considerável redução na sua quantidade, quando se compara a segunda com a terceira avaliação.

Por outro lado, na área onde houve manejo químico, a quantidade de sementes não é alterada entre os meses de avaliação,

evidenciando que o incremento de sementes entre outubro de 2010 e abril de 2011 foi baixo, a ponto de não ser estatisticamente significativo.

Os resultados obtidos com os cálculos de evolução do banco de sementes em função dos manejos adotados no primeiro ano evidenciaram incremento de sementes em ambos os tratamentos no período entre outubro e dezembro de 2010, no entanto, a área testemunha alcançou quase 1.000% de acréscimo, ao passo que a área manejada quimicamente, esse aumento não atingiu 37%.

Por outro lado, no período compreendido entre dezembro de 2010 e abril de 2011, enquanto na área manejada quimicamente as sementes no solo aumentaram 19,2%, principalmente em decorrência do completo desprendimento das sementes da planta-mãe, na área testemunha a redução foi superior a 55%, o que, possivelmente seja explicado pela predação e apodrecimento das sementes que se concentravam na superfície do solo.

Quanto ao percentual de sementes vivas, percebe-se que, como resultado da pequena incorporação de novas sementes na área dessecada antecipadamente, não houve diferença entre os meses, com pequeno acréscimo, embora não diferente estatisticamente, em dezembro (Tabela 1). Por outro lado, na área não dessecada o aumento do percentual de sementes vivas foi elevado, uma vez que nessa área as plantas finalizaram seu ciclo e abasteceram o sistema com elevada quantidade de sementes viáveis.

Evidencia-se, na Tabela 2, a não existência de diferenças significativas entre as épocas de avaliação para o percentual de sementes germinadas em câmara na área manejada, no entanto, na área testemunha o percentual de sementes germinadas em dezembro foi superior a 4,5 vezes àquelas de outubro e 1,8 vezes as de abril.

Esse resultado difere do pressuposto na literatura, uma vez que Maia et al. (2007) escrevem que as sementes de azevém apresentam alta dormência inicial, germinando especialmente no final do verão e início do outono, e, segundo Piana et al. (1986), para que iniciem a germinação necessitam de um período de resfriamento.

Tabela 2 - Percentual de sementes de azevém, germinadas em câmara de germinação e viáveis em teste tetrazólio, coletadas na profundidade de 0-5 cm, em função de época de coleta e manejo químico, no primeiro ano do experimento

| Época de coleta do solo | Sementes germinadas na câmara (%) | | Sementes viáveis no teste de tetrazólio (%) | |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------------|---|--------------------|
| | Com manejo químico | Sem manejo químico | Com manejo químico | Sem manejo químico |
| Outubro/10 | A 25,8 a ¹ | A 12,4 b | 12,5 ^{ns} | 12,1 ^{ns} |
| Dezembro/10 | B 29,3 a | A 56,2 a | 20,3 | 21,8 |
| Abril/11 | B 11,8 a | A 31,2 ab | 24,9 | 19,9 |
| C.V. época (%) | 29,7 | | 15,2 | |
| C.V. manejo (%) | 20,1 | | 14,5 | |

¹ Médias antecedidas de mesma letra, maiúscula, na linha, e seguidas de mesma letra, minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{ns} Médias não significativas ao teste de Tukey (P<0,05).

A avaliação da quantidade de sementes que germinaram na câmara tipo B.O.D. permitiu quantificar o percentual de sementes que

naquele momento estavam aptas a germinação, uma vez que não foi utilizado nenhum artifício para a superação da dormência (Tabela 2).

No que tange ao percentual de sementes viáveis quando submetidas ao teste de tetrazólio, não houve diferença significativa quando se compara o manejo químico e a época de amostragem (Tabela 2). Por outro lado, quando se avalia apenas a época em que foi feita a coleta, independente do manejo adotado na área de procedência da semente, observa-se diferença significativa entre os meses de amostragem, com maior quantidade de sementes viáveis em tetrazólio nos meses de dezembro e abril, quando comparado ao mês de outubro (Tabela 3).

Tabela 3 - Sementes viáveis de azevém em teste de tetrazólio, coletadas na profundidade de 0-5 cm, na média dos manejos químicos

| Época de coleta do solo | Viáveis em tetrazólio (%) |
|-------------------------|---------------------------|
| Outubro/10 | 12,3 b ¹ |
| Dezembro/10 | 21,0 a |
| Abril/11 | 22,4 a |
| C.V. (%) | 15,2 |

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

No que se refere a distribuição das sementes vivas de azevém no perfil do solo, notou-se que, tanto na área manejada quimicamente, como na área sem manejo químico, 100% das sementes vivas concentrou-se na profundidade de 0-5 centímetros.

As análises estatísticas referentes às variáveis avaliadas no segundo e terceiro anos de condução do experimento, com manejo de

solo e sequências de culturas, evidenciam que a época de avaliação e as sequências de culturas adotadas exerceram efeito significativo sobre todas as variáveis avaliadas, ao contrário do manejo do solo que não foi significativo para nenhuma. Ocorreu também, interação significativa de época de avaliação e sequência de culturas para as variáveis sementes coletas por metro quadrado e percentual de sementes germinadas em câmara tipo B.O.D (Apêndice 2).

A sequência pousio/soja, ao que se refere a quantidade de sementes coletadas no solo, sempre se apresentou significativamente superior aos demais, exceção feita para as primeiras três coletas, quando não diferiu da sequência aveia-preta/soja (Tabela 4). As sequências trigo/soja e aveia-preta/milho mantiverem-se sem diferenças significativas na quantidade de sementes por área independente da época de coleta.

A não ocorrência de diferenças entre pousio/soja e aveia-preta/soja no primeiro ano do experimento se deve ao fato que não existe herbicida seletivo a aveia-preta e com controle sobre o azevém. Além disso, a aveia-preta utilizada, variedade comum, embora tenha produzido elevada quantidade de fitomassa, não foi o suficiente para impedir o desenvolvimento do azevém, muito embora a produção de sementes ao final do ciclo tenha sido menor do tratamento com pousio. No segundo ano, com a redução de sementes ocorrida no ano anterior, somado ao fato de utilizar variedade de maior produção de fitomassa, que praticamente impediu o desenvolvimento do azevém, a redução de

sementes no solo foi acentuada, igualando-se aos tratamentos trigo/soja e aveia-preta/milho.

Tabela 4 – Quantidade de sementes de azevém coletadas na profundidade de 0-5 cm, em função de época de coleta e sequências de culturas, na média dos manejos de solo, no segundo e terceiro anos do experimento

| Época de coleta do solo | Sementes coletadas.m ⁻² | | | |
|-------------------------|------------------------------------|---------|-----------|---------|
| | P/S ² | T/S | A/S | A/M |
| Outubro/11 | A 369 d ¹ | B 90 a | AB 204 b | B 76 a |
| Dezembro/11 | A 2.143 b | B 255 a | A 1.719 a | B 170 a |
| Abril/12 | A 1.061 c | B 127 a | A 955 a | B 191 a |
| Outubro/12 | A 721 cd | C 42 a | B 233 b | C 42 a |
| Dezembro/12 | A 4.456 a | B 38 a | B 38 b | B 13 a |
| C.V. época (%) | 64,2 | | | |
| C.V. culturas (%) | 44,4 | | | |

¹ Médias antecedidas de mesma letra, maiúscula, na linha, e seguidas de mesma letra, minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

² Sequências de culturas: P/S = pousio/soja; T/S = trigo/soja; A/S = aveia-preta/soja; A/M = aveia-preta/milho.

A sequência pousio/soja, diferentemente das demais sequências de culturas, apresentou exatamente a teórica dinâmica do banco de sementes (Anexo 1). Esta sequência permitiu a entrada de sementes no banco todos os anos, uma vez que não ocorreram manejos que o impedissem, de modo que, a maior quantidade de sementes sempre foi encontrada em dezembro, com a deposição das sementes produzidas pelas plantas ao final do seu ciclo. As demais sequências, ao contrário, muitas vezes não conseguiram reabastecer o solo. Essa

quantidade de sementes foi reduzida em abril, quando ocorre, mais efetivamente, o início da germinação-emergência das plantas, e, conseqüentemente ainda mais reduzida no mês de outubro, uma vez que, em tese, nessa época somente estavam presentes as sementes que se mantiveram dormentes para o próximo período favorável de germinação.

Salienta-se que na coleta de solo no mês de abril, logo após a colheita da soja, já ocorriam plântulas emergidas de azevém na área. Da mesma forma, observou-se no mês de janeiro de 2013 grande quantidade de plantas de azevém emergidas em meio a cultura da soja, em população que superou 700 plantas.m⁻². Essas observações demonstram que a espécie alterou o seu comportamento no que tange ao período de germinação e emergência, a qual não se limita ao período de outono e inverno, como citado por Boldrini et al. (2008), dentre outros autores, que classificam o azevém como espécie hiberna.

No final de 2012, a quantidade de sementes encontradas na sequência pousio/soja é mais de 100 vezes superior as encontradas nas demais sequências (Tabela 4). Ressalta-se que entre outubro e dezembro de 2012 a quantidade de sementes na sequência aveia-preta/soja reduziu abruptamente.

Ao contrário do presente trabalho, em que não houve efeito do manejo do solo, Massoni et al. (2012) observaram que o tratamento mais eficiente na redução do banco de sementes de arroz-vermelho foi o preparo após a colheita com solo alagado, pois ele atuou na redução da dormência, aumento de sementes inviáveis e estímulo à germinação.

Como resultado da evolução do banco de sementes, no segundo e terceiro anos de experimento, a quantidade de sementes aumentou para todas as sequências de culturas apenas no período entre outubro e dezembro de 2011 (Tabela 4). No ano de 2012, no mesmo período de outubro a dezembro, somente a área mantida em pousio hiberna teve acréscimo no banco de sementes.

Por outro lado, como reflexo do manejo químico realizado em outubro de 2010, todas as sequências de culturas reduziram sua quantidade de sementes entre dezembro de 2010 e dezembro de 2011 (Tabela 4). Para o período compreendido entre dezembro de 2011 e 2012, a sequência pousio/soja aumentou as sementes em 108%, todavia, as demais sequências reduziram em mais de 85% (Tabela 4).

Ao observar o comportamento do banco de sementes no período de dois anos, entre dezembro de 2010 e dezembro de 2012, na área manejada quimicamente em 2010, a sequência pousio/soja apresenta incremento de aproximadamente 51% de sementes no solo. Por outro lado, se for observada a área testemunha em 2010, o decréscimo foi superior a 86% (Tabela 4). Essa redução foi resultado unicamente da aplicação de herbicidas realizada em 2010 para a área em pousio, uma vez que nesta área o azevém não foi mais controlado com herbicidas.

Dessa forma, tanto quando se compara a área manejada quimicamente como a área testemunha de 2010 com as demais sequências de culturas em 2012, observou-se que a redução do banco de

sementes, em todas as situações, superou 98% (Tabela 4). Assim sendo, ainda mais é reforçado o fato da importância da sequência de culturas para a redução do banco de sementes de azevém.

Conforme Ball (1992), a sequência cultural foi o fator que mais influenciou a composição do banco de sementes, o que se deve, em parte, ao herbicida usado em cada sequência cultural, que altera o banco de sementes em função das espécies menos suscetíveis ao herbicida.

Ao avaliar a germinação das sementes em câmara percebeu-se que, ao contrário do observado no experimento realizado no primeiro ano de condução, entre 2010/11, os maiores valores foram obtidos no mês de abril, que foi, no planejamento de coletas de solo, o mês correspondente com a época propícia para a germinação no campo (Tabela 5). Observa-se que, para as demais épocas de amostragem, quando a germinação ocorreu, foi numa percentagem baixa.

Tabela 5 - Percentual de sementes de azevém germinadas em câmara de germinação, na profundidade de 0-5 cm, em função de época de coleta e sequências de culturas, na média dos manejos de solo, no segundo e terceiro anos do experimento

| Época de coleta do solo | Sementes germinadas em câmara (%) | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|
| | P/S ² | T/S | A/S | A/M |
| Outubro/11 | A 0,0 c ¹ | A 0,0 a | A 0,0 b | A 0,0 b |
| Dezembro/11 | A 0,0 c | A 0,0 a | A 0,0 b | A 0,0 b |
| Abril/12 | A 48,8 a | B 10,4 a | A 38,0 a | B 25,0 a |
| Outubro/12 | A 4,2 c | A 0,0 a | A 0,0 b | A 0,0 b |
| Dezembro/12 | A 10,0 b | B 0,0 a | B 12,5 b | B 0,0 b |
| C.V. época (%) | | | | 170,9 |
| C.V. culturas (%) | | | | 123,9 |

¹ Médias antecedidas de mesma letra, maiúscula, na linha, e seguidas de mesma letra, minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

² Sequências de culturas: P/S = pousio/soja; T/S = trigo/soja; A/S = aveia-preta/soja; A/M = aveia-preta/milho.

Para o percentual de sementes viáveis no teste de tetrazólio, não ocorreram diferenças significativas entre as épocas de avaliação (Tabela 6), no entanto, com diferenças significativas entre as sequências de culturas (Tabela 7). Nessa situação, a sequência pousio/soja foi superior a sequência aveia-preta/soja e este por sua vez superior a trigo/soja e aveia-preta/milho. De certa forma isso pode ser reflexo da entrada de sementes no sistema, uma vez que, a sequência de pousio/soja foi reabastecida todos os anos e os demais, quando o são, ocorrem em escala bastante baixa, de modo que, mesmo que as sementes estivessem inteiras, a maioria estava morta.

Tabela 6 – Percentual de sementes de azevém viáveis em tetrazólio e vivas (germinadas + tetrazólio) em função da época de amostragem, na média das sequências de culturas e manejos de solo

| Época de coleta do solo | Sementes viáveis em tetrazólio (%) | Sementes vivas (%) |
|-------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Outubro/11 | 52,2 ^{ns} | 52,2 abc |
| Dezembro/11 | 49,4 | 49,4 ab |
| Abril/12 | 28,7 | 59,3 a |
| Outubro/12 | 26,8 | 27,9 c |
| Dezembro/12 | 28,6 | 34,3 bc |
| C.V. (%) | 70,6 | 63,9 |

¹ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{ns} Médias não significativas ao teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 7 – Percentual de sementes de azevém viáveis em tetrazólio e vivas (germinadas + tetrazólio) em função da sequência de culturas, na média das épocas de coleta e manejos de solo

| Sequência de culturas | Sementes viáveis em tetrazólio (%) | Sementes vivas (%) |
|-----------------------|------------------------------------|--------------------|
| Pousio/Soja | 57,9 a ¹ | 70,4 a |
| Trigo/Soja | 26,2 c | 28,3 c |
| Aveia/Soja | 39,2 b | 49,3 b |
| Aveia/Milho | 25,4 c | 30,4 c |
| C.V. (%) | 70,6 | 63,9 |

¹ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Diante disso, percebeu-se que o percentual de sementes vivas tende a ser superior em abril, pois nessa época grande parte das sementes vai germinar ou, se forem dormentes, apresentar viabilidade ao teste de tetrazólio (Tabela 6). A não ocorrência de diferença estatística para outubro e dezembro de 2011 provavelmente se deveu ao fato que

nessas épocas muitas sementes encontradas foram produzidas nos anos anteriores, antes da implantação desse experimento.

Fica ainda mais evidente quando se refina a avaliação da quantidade de sementes vivas em função das sequências de culturas, de modo que, pousio/soja, que permitiu a entrada de sementes em grande quantidade todos os anos, apresentou mais de 70% de suas sementes vivas, ao passo que, trigo/soja e aveia-preta/milho apresentaram aproximadamente 30% de suas sementes vivas, uma vez que essas sequências reduziram sensivelmente ou até impediram a entrada de novas sementes no solo.

Em relação a distribuição vertical das sementes vivas de azevém no solo notou-se que em todas as sequências de culturas, independente do manejo do solo, todas as sementes vivas se apresentaram na primeira camada de solo amostrado. Ressalta-se que foram coletadas sementes de azevém em profundidades maiores, no entanto, não foi comprovada sua viabilidade pelos testes utilizados neste trabalho.

Embora não possa ser confirmado, pois não foi objetivo do trabalho, essa distribuição das sementes se deveu especialmente ao manejo empregado nesta área ao longo do tempo, uma vez que o manejo do solo empregado no experimento não teve efeito nessa distribuição.

A utilização da semeadura direta, que não necessita revolvimento do solo, adicionado ao fato das semeaduras das culturas terem sido realizadas com máquinas agrícolas dotadas de sistema de

disco de corte, ao invés de sulcador, o que, reduz ainda mais o revolvimento do solo, permitiu que as sementes permanecessem na superfície do solo.

Ball (1992) descreve em seu trabalho que, o revolvimento do solo resulta em 20% das sementes na camada de 0-5 cm e 53% de 10-15 cm, ao passo que, em solo não revolvido, 63% das sementes estão concentradas de 0-5 cm e apenas 17% de 10-15 cm.

A semeadura direta ou preparo superficial resulta na concentração de sementes próximas à superfície do solo. Buhler & Mester (1991) citam que a redução ou eliminação do preparo do solo tem influenciado a distribuição de sementes no solo. Pareja et al. (1985) localizaram 85% das sementes nos 5 cm superficiais em sistema sem preparo do solo, no entanto, em sistema convencional, na mesma profundidade foram encontradas apenas 28% das sementes. Cardina et al. (1991) encontraram 70 a 78% das sementes distribuídas de 0-5 cm, 14 a 20% na profundidade de 5-10 cm, e, apenas 5 a 10% em profundidade de 10-15 cm.

Comparando os comportamentos entre espécies em relação aos manejos, observa-se que as gramíneas apresentaram período de sobrevivência menor em semeadura direta, em relação aos demais manejos de movimentação do solo, enquanto as folhas largas mostraram período de sobrevivência maior (VOLL et al., 2001).

Ao que se refere às avaliações de emergência de plantas de azevém, observou-se, em 2011, interação das sequências de culturas e a

época de avaliação, no entanto não houve efeito de manejo do solo (Apêndice 3).

O manejo de solo não influenciou a emergência de plantas de azevém, nem isoladamente nem tampouco interagindo com os demais fatores avaliados. Dessa forma, o efeito proporcionado pela escarificação do solo, seja pela descompactação ou pela alteração superficial, mesmo que pequena, da cobertura de palha e consequentemente também do banco de sementes aí presente não afetou a germinação e emergência do azevém.

Por outro lado, a sequência de culturas, e, por conseguinte o manejo empregado sobre essas, assim como questões diferenciais de requerimento de nutrientes ou até a competição intra e interespecífica atuaram de maneira significativa sobre a ocorrência de plântulas de azevém no local (Tabela 8).

Tabela 8 - Plantas de azevém emergidas (m^2) em função de diferentes sequências de culturas e épocas de amostragem, na média dos manejos de solo, em 2011

| Sequência de culturas | Época de amostragem | |
|-----------------------|-----------------------|-----------|
| | Agosto | Setembro |
| Pousio-Soja | A 97,5 a ¹ | A 90,6 a |
| Trigo-Soja | A 88,2 a | C 10,1 b |
| Aveia-Soja | A 93,4 a | AB 60,5 b |
| Aveia-Milho | A 103,7 a | B 54,6 b |
| C.V. época (%) | 17,2 | |
| C.V. culturas (%) | 18,4 | |

¹ Médias antecedidas de mesma letra, maiúscula, na linha, e seguidas de mesma letra, minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Enquanto na área em pousio ocorreu estabilização na quantidade de plantas de azevém ocorrentes, nas áreas onde havia aveia-preta a quantidade de plantas diminuiu no mês de setembro, quando comparado com o mês de agosto. Para a área de trigo a redução foi ainda mais brusca, uma vez que, para essa cultura o azevém é uma importante planta daninha, e por isso faz-se o manejo desta com o uso de herbicidas seletivos a cultura.

Nas parcelas onde foi cultivada a aveia-preta, a redução da quantidade de plantas de azevém se deveu exclusivamente a relação existente entre as duas espécies, uma vez que não se realizou manejo químico sobre o azevém. A razão para esse decréscimo não foi possível ser identificada, mas possivelmente tenha sido pela competição por recursos vitais e comuns as duas espécies, uma vez que a aveia apresentou porte de planta maior e mais agressivo que o azevém.

Ao que se refere às avaliações de emergência de azevém no ano de 2012, a análise estatística evidenciou efeito significativo para a época de amostragem e sequência de culturas, mas sem efeito para o manejo de solo. Houve também interação dupla dos fatores época de amostragem e manejo do solo, e, época de amostragem e sequência de cultura, assim como, houve interação tripla dos três fatores envolvidos (Apêndice 4).

A avaliação da emergência de azevém no ano de 2012, da mesma forma que no ano de 2011 evidencia que o manejo do solo não influenciou a emergência de plantas de azevém, quando avaliado

isoladamente, no entanto interagiu significativamente com a sequência de culturas e a época de amostragem.

A interação da época de amostragem com o manejo do solo (Tabela 9) evidencia que independentemente da época amostrada, o manejo do solo, na média das sequências de culturas, não exerceu efeito algum. Houve, no entanto, uma série de mudanças na população de azevém, uma vez que, teoricamente nas primeiras avaliações a tendência é de aumento, de acordo com a germinação e emergência das plântulas, e, após, essa dinâmica é alterada, seja pela estabilização da população, seja pelo manejo químico empregado na cultura do trigo, ou ainda pela competição interespecífica com a aveia-preta (Tabela 10).

Evidenciou-se, portanto, com o presente trabalho, que assim como para o ano de 2011, em 2012 o manejo do solo não exerceu papel fundamental para determinar maior ou menor emergência de plantas de azevém, sendo que as culturas exerceram efeito mais marcante nesse aspecto.

Tabela 9 - Plantas de azevém emergidas (m²) em função do manejo de solo e época de amostragem das plantas, na média das sequências de culturas, em 2012

| Época de amostragem | Manejo do solo | |
|---------------------|-------------------------|--------------|
| | Não escarificado | Escarificado |
| 26 abril | A 31,6 abc ¹ | A 22,1 ab |
| 4 maio | A 49,7 ab | A 37,6 a |
| 11 maio | A 62,6 a | A 42,7 a |
| 18 maio | A 56,7 a | A 42,2 a |
| 4 junho | A 26,2 c | A 14,0 b |
| 21 junho | A 31,1 bc | A 20,8 ab |
| 20 julho | A 41,2 ab | A 33,5 a |
| 23 agosto | A 43,7 ab | A 39,9 a |
| 7 setembro | A 59,4 ab | A 63,9 a |
| 21 setembro | A 54,2 ab | A 57,6 a |
| 5 outubro | A 53,6 ab | A 56,7 a |
| C.V. Época (%) | 36,4 | |
| C.V. M. solo (%) | 50,4 | |

¹ Médias antecedidas de mesma letra, maiúscula, na linha, e seguidas de mesma letra, minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

No que se refere a interação das sequências de culturas utilizadas com a época de avaliação, evidenciou-se o efeito do manejo empregado para cada cultura na área, bem como a relação existente entre as espécies que habitam num mesmo local, ou seja, a competição interespecífica (Tabela 10).

Tabela 10 - Plantas de azevém emergidas (m²) em função das sequências de culturas e época de amostragem das plantas, na média do manejo de solo, em 2012

| Época de amostragem | Sequências de culturas | | | |
|----------------------|------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| | Pousio/ Soja | Trigo/ Soja | Aveia/ Soja | Aveia/ Milho |
| 26 abril | A 56,0 d ¹ | B 3,0 ab | A 47,3 abc | B 1,0 a |
| 4 maio | A 78,5 cd | B 10,3 ab | A 84,2 ab | B 1,5 a |
| 11 maio | A 97,5 cd | B 26,7 a | AB 85,3 a | C 1,0 a |
| 18 maio | A 87,8 cd | B 15,3 ab | A 93,3 a | B 1,3 a |
| 4 junho | A 80,3 cd | B 0,0 b | B 0,0 e | B 0,0 a |
| 21 junho | A 92,0 cd | B 2,8 ab | B 8,0 de | B 1,0 a |
| 20 julho | A 116,8 bc | BC 4,7 ab | B 26,5 cd | C 1,3 a |
| 23 agosto | A 121,8 bc | C 3,2 ab | B 39,7 bcd | C 2,5 a |
| 7 setembro | A 229,2 a | B 1,0 b | B 14,0 cde | B 2,5 a |
| 21 setembro | A 200,2 ab | C 1,7 ab | B 21,7 cd | C 0,0 a |
| 5 outubro | A 201,0 ab | C 0,3 b | B 19,3 cd | C 0,0 a |
| C.V. Época (%) | | | 36,4 | |
| C.V. S. culturas (%) | | | 52,5 | |

¹ Médias antecedidas de mesma letra, maiúscula, na linha, e seguidas de mesma letra, minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A sequência de culturas representada por aveia-preta/milho apresentou a menor quantidade de plantas de azevém emergidas por área, fato que é principalmente explicado pelo histórico da área, uma vez que no ano anterior (2011) o manejo foi o mesmo e, com a dessecação da área para a semeadura do milho sendo realizada antes do estágio reprodutivo das plantas, não houve produção de sementes para reabastecer o banco de sementes do solo. De acordo com resultados apresentados no Capítulo 4, o manejo químico do azevém antes do

estádio reprodutivo impede a formação de sementes viáveis, e, portanto, o solo não será reabastecido.

Ainda, como reflexo do ano de 2011, as plantas de azevém que emergiram após a semeadura do milho também não completaram seu ciclo, uma vez que os herbicidas pós-emergentes aplicados para o manejo de plantas daninhas na cultura do milho, como a atrazina e o nicosulfurom, atuaram com eficácia também sobre o azevém.

Dessa forma, pode-se afirmar que as plantas de azevém emergidas na sequência aveia-preta/milho em 2012 são oriundas das sementes presentes no solo produzidas em anos anteriores, e que se mantiveram dormentes. Obviamente que o trânsito de máquinas, animais e pessoas, utilização de sementes sem certificação, bem como efeitos do ambiente como vento ou chuva podem carregar sementes consigo e, dessa forma, interferir na dinâmica do banco de sementes, mas no caso específico do experimento, caso isso tenha ocorrido foi em pequena escala.

O oposto a sequência aveia-preta/milho pode ser verificado com pousio/soja, uma vez que este apresentou em todas as avaliações a maior quantidade de plantas por área, exceto entre a primeira e quarta épocas de amostragem, quando foi igual a aveia-preta/soja, mas superior as demais.

Esse comportamento pode ser explicado tanto pelo histórico da área como pelo manejo da própria safra. O histórico do ano anterior fez com que essa sequência tivesse uma grande quantidade de plantas

emergidas, juntamente com a sequência aveia-preta/soja, desde as primeiras avaliações. O manejo realizado na safra, como a não dessecação dessa área, como o realizado para a semeadura da aveia-preta ou trigo, e, nem tampouco aplicação de herbicidas com ação sobre plantas poáceas durante período de avaliações, fez com que a quantidade de plantas se mantivesse elevada e em crescimento até sua estabilização ao final do período de avaliação.

A redução na quantidade de plantas por área entre a terceira e quinta avaliação foi decorrente do efeito de intensas geadas, que ocasionaram a morte de algumas plantas de azevém, mesmo essa espécie sendo adaptada ao frio. Posteriormente, nas últimas três avaliações, a quantidade de plantas estabilizou-se, uma vez que a disponibilidade de recursos e espaço é finita. Além disso, como o azevém apresenta germinação escalonada durante o seu ciclo, as plantas que primeiro se estabelecem tem vantagem competitiva e melhor ocupam os recursos disponíveis. Fato esse, que é evitado no cultivo de culturas de interesse econômico, quando o objetivo é dar as mesmas condições a todas as plantas da cultura, evitando assim a ocorrência de plantas dominadas.

A sequência aveia-preta/soja apresentou-se com elevado número de plantas por unidade de área, não diferindo estatisticamente da sequência pousio/soja, até a quarta avaliação, quando então foi realizada a dessecação da área para a semeadura da aveia-preta e trigo. A elevada quantidade de plantas nas primeiras avaliações foi reflexo da grande quantidade de sementes de azevém produzidas no ano anterior, que

reabasteceu o banco de sementes do solo. Com isso, após a dessecação da área ocorreu novo fluxo de germinação e emergência de plantas, que não foram manejados com herbicidas na pós-emergência da cultura, como no caso do trigo. Já, essas plantas, diferentemente da situação pousio/soja, terão a competição com a cultura da aveia-preta, que possui porte de planta superior ao azevém, limitando-o a obter alguns recursos primordiais, como a luz.

A sequência trigo/soja apresentou quantidade de plantas emergidas por área semelhante a aveia-preta/milho, sendo superior a este apenas na terceira avaliação. Essas plantas podem ser oriundas de sementes que se mantiveram dormentes na área ao longo do tempo, bem como, através da produção de sementes pelas plantas que não foram eliminadas pela aplicação do herbicida iodossulfurom, e, portanto, finalizaram seu ciclo.

Após a dessecação da área e semeadura do trigo, ocorreu novo fluxo de emergência de plantas de azevém, as quais foram manejadas com herbicidas com ação graminicida e seletivos ao trigo. Há relatos na literatura da ocorrência de biótipos de azevém resistentes a ação desse herbicida (MARIANI et al., 2012), e, portanto, algumas plantas encontradas nas últimas avaliações desse experimento não são somente germinadas posteriormente a aplicação desses herbicidas, como também potenciais biótipos resistentes a esse herbicida.

A emergência de azevém no ano de 2012 evidencia o efeito que da sequência de culturas, com todo o seu manejo associado, na

dinâmica populacional das plantas daninhas que ocorrem nesta mesma área, reafirmando o fato de que cada cultura tem suas plantas daninhas associadas e, dessa forma conseguem se estabelecer com maior êxito na área (Figura 1).

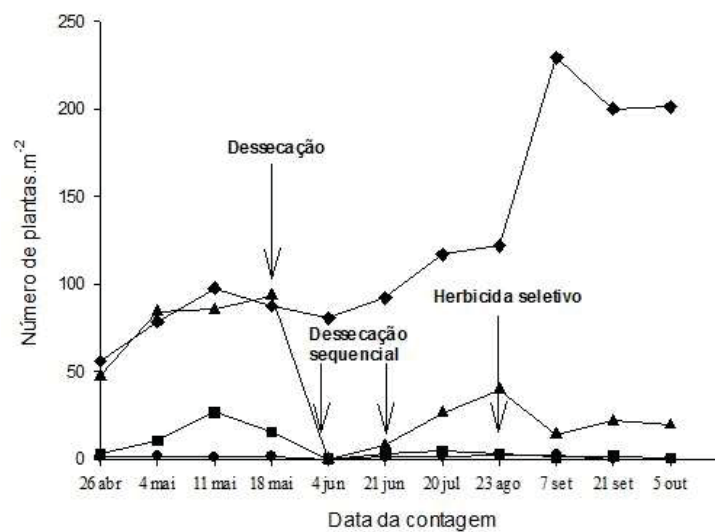


Figura 1 – Fluxo de emergência de azevém sob diferentes sequências de culturas, na média dos manejos de solo, na amostragem de 2012. (—●—) pousio/soja; (—■—) trigo/soja; (—▲—) aveia-preta/soja; (—○—) aveia-preta/milho.

Dessa forma, a rotação de culturas, um dos pilares do sistema de semeadura direta na palha, ajuda a diminuir o banco de sementes, especialmente porque evita a predominância de determinadas plantas daninhas na área, uma vez que cada cultura utilizada apresenta

distintos requerimentos de recursos, bem como, admite manejos diferenciados.

A quantificação do banco de sementes do solo cultivado envolve a questão do número mínimo de amostras de solo que deve ser tomado para estimar com precisão adequada o número de sementes por área de igual manejo ou glebas uniformes (BARRALIS et al., 1986; VOLL et al., 2003).

Em função do início da germinação do azevém antes da realização da coleta do solo, em abril, adicionado ao fato da existência de dormência nas sementes, não foi possível correlacionar o banco de sementes e as plantas emergidas.

Estudos também mostram que predições confiáveis da flora daninha emergente não podem ser obtidas a partir do número de sementes do banco de sementes no solo (ZHANG et al., 1998). Persiste um potencial de erros de estimativa, para mais ou para menos, dependendo das condições ambientais que afetam a dormência e a germinação das sementes (FENNER, 1985). Além disso, trabalhos científicos, dentre eles, Kuva et al. (2008) mostram baixa correlação entre o banco de sementes e a flora emergente.

4 CONCLUSÕES

* Há incremento significativo de sementes na área onde não há o manejo químico;

* O manejo do solo, na forma de escarificação, não afeta a dinâmica do banco de sementes de azevém;

* Ocorre concentração das sementes vivas de azevém na camada de 0-5 centímetros;

* A sequência de culturas apresenta-se como forma bastante efetiva de manejo do azevém, sendo que as que mais se destacaram foram aveia-preta/milho e trigo/soja.

CAPÍTULO II

VIABILIDADE DE SEMENTES DE AZEVÉM NO SOLO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ENTERRIO

RESUMO – O azevém é uma espécie da família Poaceae, que preferencialmente se desenvolve nos meses mais frios do ano, sendo usada preferencialmente como pastagem ou cobertura do solo. Uma das principais características que conferem a essa espécie tal adaptação e aceitação, por parte dos produtores rurais, é a sua capacidade de ressemeadura natural. Objetivou-se nesse trabalho avaliar a viabilidade temporal, de sementes de azevém enterradas no solo. Para tal, enterraram-se sementes, de biótipos sensíveis e resistentes ao herbicida glifosato, em saquinhos de tecido tipo *voil*, e, aproximadamente a cada três meses era feita a exumação de um lote de sementes de cada biótipo, totalizando oito exumações. Após a coleta, as sementes foram separadas do substrato, lavadas e passaram por assepsia. Depois, postas para germinar em câmara de crescimento e, por fim, quando as sementes ainda inteiras, submetidas ao teste de tetrazólio. Avaliou-se a quantidade de sementes encontradas, inteiras ou não, bem como a sua viabilidade. Observou-se que as sementes de azevém apresentam baixa dormência, e, após 22 meses de enterrio a viabilidade reduziu de 92 para aproximadamente 7%.

Palavras-chave: Banco de sementes, dormência, *Lolium multiflorum*, tetrazólio.

SEEDS VIABILITY OF RYEGRASS IN SOIL DEPENDING ON THE BURIAL TIME

ABSTRACT - Ryegrass, family Poaceae, preferentially grows in the colder months of the year, being used as grazing or soil cover. One of the main features that give this species such adaptation and acceptance by the farmers is its ability to natural reseeding. The objective of this study was to evaluate viability over time of ryegrass seed buried in the soil. Seeds from sensitive and resistant to glyphosate genotypes were buried in the soil inside fabric bags. Every three months exhumation was made, totaling eight exhumations. The exhumed seeds were separated from the substrate, washed and sterilized. After, germinated in a growth chamber and conduct a tetrazolium test when still unbroken. Evaluated the number of seed found, unbroken and viability. Ryegrass seeds have low seed dormancy, and after 22 months buried the viability reduced from 92 to nearly 7%.

Kew-words: Seedbanks, seed dormancy, *Lolium multiflorum*, tetrazolium.

1 INTRODUÇÃO

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma importante forrageira hibernal, abundante produtora de forragem, possuidora de grande tolerância ao pastejo e ao excesso de umidade (BOLDRINI et al., 2008). As plantas florescem e frutificam em abundância no final da primavera, havendo potencial de produção de cerca de 3.500 sementes por planta (GALVAN et al., 2011). Após a maturação fisiológica ocorre a abscisão das sementes, que, quando não colhidas caem ao solo, onde permanecem dormentes até o final do verão, quando iniciam a germinação. Maia et al. (2009) escrevem que as sementes de azevém se mantêm latentes no verão, e após superar a dormência, provavelmente devido as altas temperaturas, germinam no outono.

O banco de sementes é caracterizado pelo montante de sementes viáveis e outras estruturas de propagação presentes no solo, ou nos restos vegetais, tendo papel crucial na substituição de plantas eliminadas, seja por causas naturais ou não (CARMONA, 1992).

De acordo com a premissa de que o azevém ocorre preferencialmente nas épocas mais frias do ano, as sementes precisam manter-se viáveis no solo por algum período enquanto não ocorrem condições favoráveis para germinação e emergência. Braccini (2011) propõe que, geralmente, para qualquer tipo de clima, o fator de ameaça a espécie é o melhor método para a superação da dormência.

Os bancos de sementes são classificados de acordo com sua permanência no solo em transitórios e persistentes (THOMPSON & GRIME, 1979). No primeiro tipo, a germinação ocorre no período de um ano após a dispersão e no segundo tipo, a ocorrência da germinação das sementes dispersas excede esse período.

Braccini (2011) afirma que a dormência, situação em que as sementes viáveis não germinam mesmo com todas as condições favoráveis para tal, contribui decisivamente para a longevidade das espécies de plantas daninhas propagadas por sementes. Dessa forma, segundo Carmona (1992), a dormência distribui a germinação ao longo do tempo, garantindo o potencial de regeneração do banco de sementes mesmo em condições ambientais adversas à sobrevivência das espécies e de perturbação contínua do solo para fins de cultivo, podendo garantir a sobrevivência da espécie mesmo quando a vegetação é completamente eliminada.

A superação da dormência não deve ser confundida com germinação, pois são processos completamente diferentes, que não acontecem na mesma escala de tempo e dependem de diferentes condições ambientais (BENECH-ARNOLD et al., 2000).

A manutenção das sementes na superfície do solo reduz a porcentagem de sobrevivência para níveis muito inferiores daqueles encontrados em sementes enterradas no solo (JENSEN, 2010). Yenish et al. (1992) observaram que sementes de *Chenopodium album* coletadas na superfície do solo, depois de instalado o sistema de semeadura direta,

germinaram 40% menos que as sementes coletadas a maiores profundidades após a aração.

Machado et al. (2013) escrevem que a perturbação contínua de uma área leva ao esgotamento progressivo do banco de sementes, tornando o local com restrições para regenerar-se, quando retirada a perturbação. Em seu trabalho, os autores notaram que o banco de sementes do solo local não é suficiente para que haja recuperação por meio da sucessão ecológica das áreas estudadas, sendo recomendando o uso de técnicas visando acelerar a restauração desses ambientes.

O conhecimento da longevidade das sementes enterradas num solo cultivado é elemento indispensável para a estimativa dos riscos de infestações de áreas agrícolas e pré-requisito para qualquer modelagem da dinâmica de plantas daninhas e na previsão do risco de infestação em áreas agrícolas em longo prazo (BARRALIS et al., 1988).

Dessa forma, torna-se fundamental conhecer o comportamento das sementes de azevém no que tange a sua persistência no solo, especialmente quando essas sementes são provenientes de plantas resistentes a herbicidas, o que, para o sistema agrícola, é um agravante ainda maior. Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar a viabilidade temporal de sementes de azevém enterradas no solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Centro de Pesquisa e Extensão Agropecuária (Cepagro) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS. A área localiza-se na latitude 28° 13' 01" S, longitude 52° 23' 37" W e altitude aproximada de 700 m acima no nível do mar. O solo da área experimental pertence a unidade de mapeamento Passo Fundo, classificado como Latossolo vermelho distrófico húmico (STRECK et al., 2008). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo subtropical úmido (Cfa). Em anexo encontram-se os dados climáticos de temperatura e precipitação pluvial média mensal ocorrida no local do experimento, durante a condução do mesmo.

Os tratamentos avaliados no experimento constaram de dois biótipos de azevém, sensível e resistente ao herbicida glifosato, e oito épocas de exumação das sementes, ou seja, intervalos de aproximadamente noventa dias entre elas, a partir da data de enterrio, totalizando 6.400 sementes. O delineamento experimental foi completamente casualizado, em arranjo fatorial, com quatro repetições.

As sementes de azevém, na quantidade de 100 unidades, pertencentes a biótipo sensível (variedade La Estanzuela 284), adquiridas em agropecuária de Passo Fundo, oriundas de produtores de sementes do Uruguai (PGW Sementes), e, biótipo resistente ao herbicida glifosato, oriundas de Passo Fundo, ambos com viabilidade de 92%,

foram postas juntamente com substrato de turfa em saquinhos de tecido tipo *voil*, e estes envoltos em tela plástica tipo sombrite, os quais permitiam que houvesse a entrada de umidade e trocas gasosas. Os saquinhos foram enterrados no solo a cerca de 10 centímetros de profundidade e, a cada três meses, durante dois anos, foram feitas as exumações, em quatro repetições de cada biótipo.

Após a coleta, as sementes foram separadas manualmente do substrato e contadas. As sementes inteiras, ou seja, aquelas que não germinaram e nem apodreceram ou foram predadas, passaram por assepsia e desinfecção através da exposição por 5 minutos em álcool 70% e por 20 minutos em hipoclorito de sódio 2%, após, triplamente lavadas em água corrente.

Depois disso, as sementes foram postas em caixas gerbox contendo papel de germinação umedecido na proporção água/papel de 2,5, e, re-umedecido sempre que necessário. Os gerbox foram depositados em câmara de germinação/crescimento tipo B.O.D., com temperatura de 20 °C, fotoperíodo de 12 horas luz/escuro, e incidência luminosa de aproximadamente 10,9 KLux. A avaliação da germinação se deu aos 7 e 14 dias, e foi considerada semente germinada aquela que apresentasse extrusão visível da radícula ou coleóptilo.

As sementes que não germinaram, e também não apodreceram, tiveram sua viabilidade avaliada ao serem expostas ao teste de tetrazólio, o qual tinha concentração de 0,5%, durante 6 horas em temperatura de 30 °C (BRASIL, 2009). Com base nos dados obtidos

pela contagem de sementes inteiras, e posteriormente nos testes de germinação e viabilidade, verificou-se o percentual de viabilidade destas, tendo sido consideradas como sementes vivas aquelas que germinaram ou foram viáveis ao teste de tetrazólio.

Avaliou-se a quantidade total de sementes coletadas, a quantidade de sementes inteiras ou puras (consideradas como tendo o embrião inteiro e ao menos parte do endosperma) e a quantidade de sementes vivas, além da relação percentual entre sementes vivas e inteiras (Vivas/Inteiras), vivas em relação às coletadas no solo (Vivas/CS), e, vivas em relação a viabilidade inicial (Vivas/Inicial).

Os resultados obtidos nos experimentos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística evidenciou efeito significativo da época de exumação para todas as variáveis avaliadas (Apêndice 5). O efeito de biótipo, bem como a interação entre os fatores época de exumação e biótipo, foram significativos para todas as variáveis, exceto para o percentual de sementes vivas em relação as coletadas no solo e as sementes vivas em relação as inteiras.

A quantidade de sementes coletadas no solo, independente de estarem inteiras ou não, não segue um padrão, uma vez

que na exumação realizada aos 510 dias após o enterrio, para o biótipo sensível, encontrou-se o maior número de sementes dentre todas as coletas, excetuando-se o dia de implantação, dia 0 (Tabela 1). Por outro lado, para o biótipo resistente, 420 dias após o enterrio, encontraram-se somente 29,2% das sementes, ao passo que, para o mesmo biótipo, a exumação aos 660 dias permitiu encontrar 56,7% das sementes que inicialmente foram enterradas.

Tabela 1 - Quantidade de sementes de azevém coletadas no solo, dos biótipos sensível e resistente ao glifosato, em função das épocas da exumação das sementes do solo. Passo Fundo, 2012

| Época de exumação (Dias) | Sementes coletadas | |
|-----------------------------|------------------------|--------------------|
| | Biótipo sensível | Biótipo resistente |
| 0 | A 100,0 a ¹ | A 100,0 a |
| 90 | A 96,0 a | A 91,7 a |
| 180 | A 90,0 ab | B 58,7 b |
| 270 | A 89,7 ab | B 56,2 bc |
| 330 | A 60,2 c | B 35,2 bcd |
| 420 | A 67,5 bc | B 29,2 d |
| 510 | A 98,0 a | B 30,5 cd |
| 600 | A 53,5 c | A 56,5 b |
| 660 | A 55,7 c | A 56,7 b |
| C.V. (%) | 16,6 | |

¹ Médias antecedidas de mesma letra, maiúscula, na linha, e seguidas de mesma letra, minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Evidencia-se também o fato que, na relação entre os biótipos, o biótipo sensível mostrou-se superior ao biótipo resistente, quanto ao número de sementes coletadas no solo, nas exumações realizadas no período compreendido entre 180 e 510 dias após o

enterrio. Especificamente, chama à atenção a exumação realizada 510 dias após o enterrio, uma vez que no biótipo sensível foram coletadas 98 sementes e no biótipo resistente apenas 30,5 sementes.

A porcentagem de sementes coletadas inteiras no solo diminuiu de forma quadrática tanto para o biótipo sensível como para o resistente, com o passar do tempo (Figura 1). Para o biótipo sensível observou-se redução de aproximadamente 21% na exumação realizada 90 dias após o enterrio quando comparado com o dia de enterrio, ao passo que para esse mesmo período, a quantidade de sementes inteiras encontradas no biótipo resistente reduziu aproximadamente 32%. Aos 180 dias a redução observada no biótipo sensível foi de 40%, e, no biótipo resistente foi de 55%.

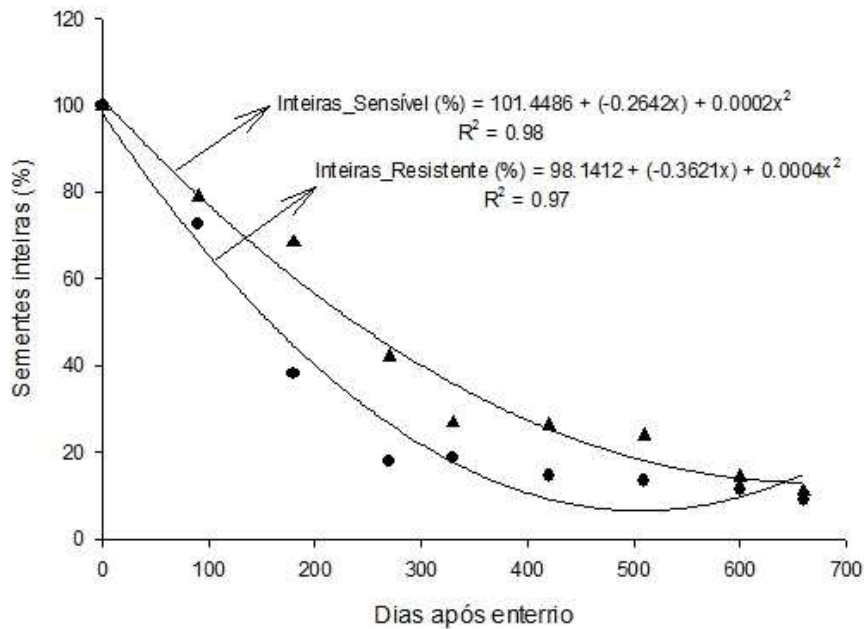


Figura 1 – Porcentagem de sementes inteiras de azevém resistente e sensível ao glifosato, em função de épocas de exumação. (▲) Biótipo sensível; (●) Biótipo resistente. Passo Fundo, 2012.

Esse fato mostra que grande parte das sementes, com a ocorrência de condições adequadas de germinação, especialmente o frio, iniciaram sua germinação no solo, ou, por outro lado, sofreram deterioração. Fato é que, passados seis meses, a persistência das sementes do biótipo resistente foi consideravelmente inferior ao biótipo sensível.

Na última exumação, realizada 660 dias após o enterrio das sementes, encontrou-se apenas 13% das sementes ainda inteiras, para o biótipo sensível, e aproximadamente 15% para o biótipo resistente.

Em função do acima exposto pode-se afirmar que a dormência nas sementes do biótipo resistente foi inferior àquela encontrada nas sementes do biótipo sensível no primeiro ano de condução do experimento, mas ao final deste, os dois biótipos apresentam dormência, ou, persistência no solo, muito similar.

Levando-se em consideração que as sementes são provenientes de diferentes regiões, e, não passaram por aclimatação na mesma região, a explicação para o diferencial estado de dormência entre os biótipos pode estar de acordo com o pressuposto por Wiesner & Grabe (1972), os quais declaram que algumas cultivares de azevém tem diferentes graus de dormência, a qual é influenciada pelas temperaturas registradas durante o seu desenvolvimento. Os autores ainda destacam que as sementes de azevém provenientes de ambientes mais frios foram mais dormentes que as provenientes de ambientes mais quentes.

A quantidade de sementes vivas reduziu significativamente com o passar do tempo em que ficaram enterradas no solo, de modo que, três meses após o enterrio, 57% das sementes do biótipo sensível e, 46,2% das sementes do biótipo resistente ainda estavam vivas. Após 22 meses de enterrio, apenas 6,5% das sementes do biótipo sensível e 7% do biótipo resistente ainda estavam nessa condição (Tabela 2).

Tabela 2 - Porcentagem de sementes vivas de azevém, dos biótipos sensível e resistente ao glifosato, em função das épocas da exumação das sementes do solo. Passo Fundo, 2012

| Época de exumação (Dias) | Sementes vivas (%) | |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------|
| | Biótipo sensível | Biótipo resistente |
| 0 | A 92,0 a ¹ | A 92,0 a |
| 90 | A 57,0 bc | A 46,2 b |
| 180 | A 60,0 b | B 36,2 b |
| 270 | A 38,2 cd | B 15,2 c |
| 330 | A 24,5 de | B 12,0 c |
| 420 | A 21,7 de | A 11,2 c |
| 510 | A 18,7 e | A 8,7 c |
| 600 | A 10,5 e | A 8,7 c |
| 660 | A 6,5 e | A 7,0 c |
| C.V. (%) | 26,5 | |

¹ Médias antecedidas de mesma letra, maiúscula, na linha, e seguidas de mesma letra, minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Ressalta-se que houve efeito de biótipo, de modo que as sementes provenientes do biótipo sensível apresentaram maior viabilidade que àquelas do biótipo resistente nas exumações realizadas aos 180, 270 e 330 dias após o enterrio. Aos 180 dias após o enterrio, 60% das sementes do biótipo sensível estavam ainda vivas, ao passo que apenas 36,2% das sementes do biótipo resistente ainda estavam nessa condição. Aos 330 dias, o biótipo sensível apresentou mais que o dobro de sementes vivas em relação ao biótipo resistente.

A taxa de diminuição de sementes no solo, para a maioria das espécies é mais elevada nos primeiros anos. Algumas espécies, como a *Avena fatua* apresentaram decréscimo rápido de sua viabilidade

em função do tempo, outras, como *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Capsella bursa pastoris*, apresentaram sua viabilidade diminuída lentamente, sendo que a última, após cinco anos enterrada ainda possuía 97,7% de viabilidade (BARRALIS et al., 1988).

No que tange a percentagem de sementes vivas em relação à quantidade de sementes coletadas no solo, não houve diferença entre os biótipos, e, embora não ocorra um padrão de redução, na exumação realizada nove meses após o enterrio, a viabilidade das sementes, que na implantação do experimento era de 92% reduziu para apenas 34%, e, aos 660 dias, esse valor chega a 12,1% (Tabela 3). Isso corrobora com a expectativa inicial, uma vez que, com o passar do tempo as sementes superaram a dormência e germinaram, ou ainda, expostas ao ambiente ficaram propensas ao ataque de pragas e patógenos que as deterioraram.

Ao que se refere a porcentagem de sementes vivas em relação as sementes coletadas inteiras, novamente sem diferença entre os biótipos, praticamente não houve diferenças entre as épocas em que foi feita exumação, sendo que somente foi observada diferença significativa para as exumações realizadas aos 180 e 660 dias quando comparada ao dia da implantação do experimento, dia 0 (Tabela 3).

Tabela 3 – Percentual de sementes vivas em relação a quantidade total de sementes coletadas no solo (Vivas/CS), e percentual de sementes vivas em relação as sementes inteiras (Vivas/Inteiras), na média dos biótipos. Passo Fundo, 2012

| Época de exumação (Dias) | Vivas/CS (%) | Vivas/Inteiras (%) |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 92,0 a ¹ | 92,0 a ¹ |
| 90 | 54,9 b | 68,1 b |
| 180 | 63,6 b | 91,0 a |
| 270 | 34,0 cd | 84,7 ab |
| 330 | 35,2 c | 78,9 ab |
| 420 | 34,4 cd | 78,5 ab |
| 510 | 23,0 cde | 77,2 ab |
| 600 | 17,9 de | 76,9 ab |
| 660 | 12,1 e | 69,1 b |
| C.V. (%) | 25,2 | 16,7 |

¹ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Possivelmente, pelas condições ambientais ocorrentes, bem como características específicas do solo onde foram enterradas as sementes, ocorreu significativa redução da viabilidade das sementes encontradas com o decorrer do tempo, quando comparado com a viabilidade mensurada para essas sementes no dia 0 (Figura 2).

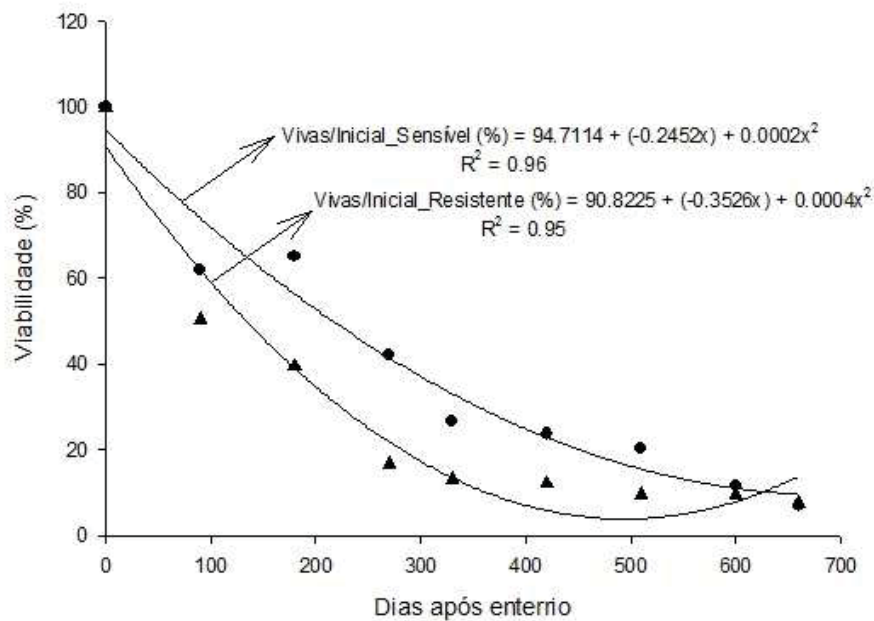


Figura 2 – Viabilidade de sementes de azevém enterradas no solo em relação a viabilidade inicial, em função do período de enterrio. (●) biótipo sensível; (▲) biótipo resistente. Passo Fundo, 2012.

Com o passar de 180 dias, a viabilidade das sementes passou de 92%, para 56,2% no biótipo sensível e 38,8% para o biótipo resistente (Figura 2). Aos 330 dias após o enterrio, apenas 33% das sementes do biótipo sensível e 13,4% no biótipo resistente estavam viáveis. Na última exumação, 660 dias após o enterrio, essa viabilidade reduziu para 9,6 e 13,7%, respectivamente para o biótipo sensível e resistente.

Essa rápida redução na viabilidade das sementes de azevém se deve, provavelmente, ao fato das sementes possuírem endosperma

com poucas reservas, assim como, seu tegumento não ser muito resistente, o que, facilita a sua deterioração.

Fato semelhante ao expresso anteriormente, foi encontrado por Maia et al. (2009), os quais afirmaram que a dormência secundária em azevém é muito baixa, sendo que poucas sementes permanecem viáveis no solo por mais de um ano. Por outro lado, de acordo com Radosevich et al. (2007) algumas plantas daninhas como *Chenopodium album* e *Spergula arvensis* tem sua longevidade estimada em 1700 anos.

A longevidade das sementes no solo é variável em função da espécie, da profundidade de enterrio, do tipo de solo e das condições climáticas. Burnside et al. (1986) constataram que sementes de *Setaria viridis*, *S. lutescens* e *S. primilia* mantiveram a viabilidade por mais de dezessete anos quando enterradas a vinte centímetros de profundidade em cápsulas seladas.

A persistência de sementes de plantas daninhas no solo influencia a habilidade das espécies em causar perdas econômicas nos sistemas agrícolas e prolongar suas infestações por várias safras (BALL, 1992). Dessa maneira, toda e qualquer atividade que atue sobre as sementes de plantas daninhas, de forma a acelerar e uniformizar sua germinação e emergência, de modo a facilitar seu manejo, se torna fundamental para o sucesso da atividade agrícola.

A baixa persistência das sementes de azevém no solo, como evidenciado nesse trabalho faz com que o manejo dessa planta torne-se facilitado, uma vez que, se o produtor agir de forma adequada na sua

área, impedindo o reabastecimento do banco de sementes, com o passar de três anos, possivelmente não mais ocorram sementes de azevém viáveis.

Por outro lado, a dormência assume papel importante na manutenção da espécie na área, haja vista que, o escalonamento da germinação e emergência permite maior chance de estabelecimento das plantas, especialmente em situações adversas de clima, solo e disponibilidade de recursos, como é o caso de áreas agrícolas.

Dessa forma, é aceito o pressuposto por Ghera et al. (1997), o qual propõem que o estabelecimento das plantas daninhas é influenciado diretamente pela superação da dormência do banco de sementes.

4 CONCLUSÕES

O azevém é uma espécie com baixa dormência secundária, de modo que, com apenas dois anos de enterrio praticamente não se encontraram mais sementes inteiras e viáveis, ou seja, com capacidade de originar plantas.

CAPÍTULO III

ESTABELECIMENTO DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DE SEMEADURA, COBERTURA DE PALHA E COMPACTAÇÃO DO SOLO

RESUMO – O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma espécie de ocorrência ampla especialmente no Rio Grande do Sul, cujas plantas florescem e frutificam em abundância no final da primavera e, após a maturação fisiológica ocorre à abscisão das sementes, as quais, quando não colhidas caem no solo e permanecem dormentes até o final do verão, quando inicia a germinação. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da profundidade de semeadura, compactação do solo e quantidade de palha na cobertura do solo, assim como o efeito da luminosidade, sobre a germinação e emergência de azevém. Um experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, onde avaliaram-se oito profundidades de semeadura (0, 1, 2, 3, 4, 5, 7,5 e 10 cm), três níveis de cobertura do solo (0, 5 e 10 t ha⁻¹ de palha de milho) e três níveis de densidade relativa (DR) do solo (0,75; 0,89; 0,99). As sementes de azevém foram semeadas em cilindros de PVC de 100 mm de diâmetro, no qual o solo foi prensado até a compactação desejada. A avaliação da emergência das plântulas ocorreu 60 dias após a implantação do experimento. O outro experimento foi conduzido em laboratório, através do teste de germinação em câmara de crescimento, onde as sementes foram

submetidas ao sombreamento de 0, 20, 50, 80 e 100%. Observou-se a ocorrência de interação de profundidade e compactação do solo e ausência de efeito significativo da cobertura do solo, assim como, o sombreamento não apresentou efeito significativo na germinação das sementes. De modo geral as profundidades que favorecem a maior emergência de plantas de azevém foram dois e três centímetros, no entanto, não diferenciadas estatisticamente de um e quatro centímetros em solo com DR 0,75, e de zero, um e quatro centímetros em solo com DR 0,99.

Palavras-chave: Dormência, *Lolium multiflorum*, luminosidade, ressemeadura natural.

RYEGRASS ESTABLISHMENT OF A FUNCTION OF SOWING DEPTH, STRAW COVERAGE AND SOIL COMPACTION

ABSTRACT - The ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) is a species of wide occurrence is a species with wide occurrence especially in Rio Grande do Sul. Ryegrass flower and fruit in abundance in late spring and, after maturation occurs at abscission seed, which, when not harvested fall to the soil and remain dormant until late summer, when germination starts. The objective of this study was to evaluate the effect of sowing depth, soil compaction and amount of soil cover, as well as the effect of light on germination and emergence of ryegrass. The

experiment was conducted in greenhouse evaluating eight sowing depth (0, 1, 2, 3, 4, 5, 7,5 and 10 cm), three degrees of soil cover (0, 5 and 10t ha⁻¹ of corn stover) and three relative density (0,75; 0,89; 0,99). The ryegrass was sowed in PVC cylinders of 100 mm diameter and soil pressed until the desired compression. Seedling emergence evaluation occurred 60 days after establishment of the experiment. Another experiment was conducted in laboratory, through germination test in a growth chamber and seed subjected to 0, 20, 50, 80 and 100% of shading. There was interaction between sowing depth and soil compaction and no effect of the soil cover, as well as the shading did not present positive effect on seed germination. Generally depths which may favor the emergence of ryegrass seedling were two and three centimeters, however, not statistically different from one and four centimeters in soil with relative density 0.75 and zero, one and four centimeters in soil with relative density 0.99.

Kew-words: Seed dormancy, *Lolium multiflorum*, light, natural reseeding.

1 INTRODUÇÃO

A germinação de sementes é regulada pela interação de seu estado fisiológico e de condições de ambiente, sendo que cada espécie vegetal exige um conjunto de requisitos específicos quanto à disponibilidade de água, temperatura, luz e profundidade de semeadura, para a ocorrência do processo de germinação (MONDO et al., 2010).

Assim sendo, a germinação das sementes é o resultado do balanço entre condições ambientais favoráveis e características intrínsecas das sementes, compreendendo uma sequência ordenada de atividades metabólicas, que resulta na retomada do desenvolvimento do embrião, originando assim, uma plântula (MONQUERO & CHRISTOFFOLETI, 2005).

Ao que se refere a necessidade de exposição à luz, especialmente a luz branca, as sementes podem ser classificadas em fotoblásticas positivas, que germinam melhor na presença de luz, e, fotoblásticas negativas, que germinam melhor na ausência de luz e fotoblásticas neutras que germinam com ou sem luz (CASTRO & VIEIRA, 2001). A ação da luz vermelha (660-760 nm) leva o fitocromo da forma inativa (PV ou P660) à ativa (PVd ou P730), o que desencadeia o processo germinativo (RAVEN et al., 2001).

Radosevich et al. (2007) mencionam que a maioria das espécies de plantas daninhas requer a incidência de certa quantidade de luz para iniciar o processo de germinação. Vidal et al. (2007) escrevem

que a luz e a temperatura funcionam como sensores de posicionamento da semente no solo e de condições de sombreamento, em relação aos vegetais adultos vizinhos.

A semeadura direta se apresenta como uma das principais contribuições ao meio ambiente a manutenção da cobertura permanente do solo com plantas ou com resíduos culturais, que reduzem a erosão hídrica, considerada o principal fator limitante do uso contínuo do solo com cultivos anuais na agricultura convencional (SANTOS et al., 2002). Segundo Rizzardì & Silva (2006) a cobertura do solo proporciona efeitos positivos, como supressão de plantas daninhas, além de flexibilizar o momento adequado para o controle químico das plantas daninhas na cultura do milho, aumentando a praticidade de cultivo.

Os efeitos físicos da cobertura morta são atribuídos à filtragem da luz, à quantidade e qualidade do comprimento das ondas luminosas e à manutenção da temperatura com menores oscilações (THEISEN & VIDAL, 1999). A cobertura de palha favorece a redução do início do crescimento ativo do embrião das sementes fotoblásticas positivas e de sementes que necessitam de alternância de temperatura para germinar (PAES & REZENDE, 2001). O efeito físico da cobertura morta também reduz a sobrevivência de plantas daninhas com pequena quantidade de reservas nas sementes (MONQUERO et al., 2011).

Sabe-se, porém, que na superfície do solo as sementes ficam mais propensas a ação ambiental, bem como ao maior ataque de patógenos e pragas, ou seja, aos efeitos naturais. Dessa forma,

Radosevich et al. (2003) mencionam que o controle natural da abundância de plantas daninhas é representado pela herbivoria, que é o consumo de partes vegetativas das plantas daninhas, efetuado por organismos vivos presentes no meio, infecção das plantas por agentes patogênicos, como fungos e bactérias ou, ainda, pela predação de sementes.

O consumo de propágulos por animais reduz diretamente o reabastecimento de sementes no solo através da predação na pré-dispersão que ocorre antes da deiscência das sementes, ou reduz a abundância de propágulos que já estão no solo, após a deiscência das sementes, através da predação na pós-dispersão (BALBINOT Jr. et al., 2002).

Além disso, a manutenção das sementes na superfície do solo reduz a porcentagem de sobrevivência para níveis muito inferiores daqueles encontrados em sementes enterradas no solo (JENSEN, 2010). Omami et al. (1999) escrevem que a mais acentuada perda da viabilidade das sementes quando na superfície do solo dá-se especialmente pela exposição às condições ambientais mais extremas, as quais podem provocar falhas metabólicas, quando comparado às sementes em profundidades maiores.

Relativamente poucas espécies de plantas daninhas emergem de profundidades superiores a 5 cm, à exceção de espécies que apresentam sementes grandes (CARMONA, 1992), o que não é o caso da semente do azevém.

A compactação do solo dificulta a germinação e reduz o crescimento e a produção das plantas em função do impedimento ao desenvolvimento das raízes, provocado pela desestruturação do solo, redução do espaço poroso, redução da taxa de infiltração e aumento da densidade (DEXTER et al.,1991).

Queiroz-Voltan et al. (2000) escrevem que em solos compactados as raízes das plantas não utilizam adequadamente os nutrientes disponíveis, uma vez que o desenvolvimento de novas raízes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, fica prejudicado. Adicionado a isso, os autores mencionam que a compactação reduz a quantidade de espaços livres do solo, e conseqüentemente a quantidade de oxigênio na rizosfera, o que pode ser limitante nos processos metabólicos.

Por outro lado, Calonego et al. (2011) citam que a redução no alongamento das raízes não pode ser considerada como diminuição do crescimento radicular e sim como alteração na distribuição dessas. Completam dizendo que, a compactação tende a ter seu efeito mais pronunciado em anos de baixos índices pluviométricos.

Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da profundidade de semeadura, compactação do solo e quantidade de palha na cobertura do solo, assim como o efeito da luminosidade, sobre a germinação e emergência de azevém.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Universidade de Passo Fundo, sendo que um deles foi realizado em casa de vegetação no Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária (Cepagro) e, outro no Laboratório de ecofisiologia e manejo de plantas daninhas.

A casa de vegetação localiza-se geograficamente na latitude 28° 13' 01" S, longitude 52° 23' 37" W e altitude aproximada de 700 m acima no nível do mar. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo subtropical úmido (Cfa). A casa de vegetação contava com irrigação automática por aspersão.

No experimento em casa de vegetação, os fatores avaliados foram 8 profundidades de semeadura (0; 1; 2; 3; 4; 5; 7,5 e 10 cm), três níveis de densidade relativa do solo (0,75 = solo inicial; 0,89 = solo não compactado; 0,99 = solo muito compactado) e três níveis de cobertura de palha de milho (0; 5 e 10 t ha⁻¹). O delineamento experimental foi completamente casualizado, em arranjo fatorial e quatro repetições.

O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico húmico (STRECK et al., 2008), e foi coletado em área sem histórico de presença de azevém. Antes de ser utilizado no experimento, o solo foi peneirado, a fim de retirar pedras e grânulos maiores. Não houve adubação nem calagem no solo utilizado.

A determinação da compactação do solo foi previamente definida em laboratório, a partir de uma adaptação ao teste de Proctor

apresentado por Klein (2008). O solo foi posto no interior de cilindros de PVC, com 10 cm de diâmetro e 10 cm de altura, em três porções, e entre cada porção de solo, o mesmo foi prensado com o auxílio de haste de ferro com base de 10 cm de diâmetro. O teste prévio consistiu em avaliar o efeito compactador de uma, duas e três batidas da haste sobre cada porção de solo.

O nível de compactação do solo foi obtido a partir do valor da densidade relativa do solo, a qual consistiu na divisão da densidade do solo pela densidade máxima do solo (MARCOLIN, 2006), ambas dimensionadas em g.cm^{-3} , portanto, a densidade relativa do solo apresenta um resultado sem unidade.

Em função do acima exposto, além do solo sem batidas, testemunha, selecionou-se uma e três batidas para cada porção de solo no cilindro PVC. Os valores obtidos para a densidade máxima do solo foi de $1,16 \text{ g.cm}^{-3}$, enquanto que a densidade do solo para uma batida foi $1,04 \text{ g.cm}^{-3}$, e para três batidas foi $1,15 \text{ g.cm}^{-3}$, o que resultou nas densidades relativas de 0,89 e 0,99, respectivamente. Para o tratamento testemunha, ou seja, o solo solto e peneirado, a densidade relativa do solo foi 0,75.

A palha de milho utilizada no experimento foi coletada logo após a colheita do mesmo na área experimental. Após, foi seca em estufa a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ e, depois foi fragmentada em pequenos pedaços para que se pudesse distribuí-la uniformemente sobre o solo, na quantidade previamente estabelecida de 0, 5 e 10 t ha^{-1} .

As sementes de azevém utilizadas apresentaram poder germinativo superior a 92%, e, antes do experimento foram resfriadas para auxiliar na superação da dormência. Dez sementes foram colocadas no solo em suas respectivas profundidades, mantendo o mesmo padrão de colocação de solo, em três porções, e número de batidas para todos os tratamentos. Ressalta-se que, na profundidade de 0 cm, ou seja, as sementes dispostas na superfície, primeiramente o solo foi compactado e após alocadas as sementes, evitando desse modo, que as sementes sofressem dano físico em função das batidas.

A avaliação do experimento foi realizada cerca de 60 dias após a implantação do mesmo, e consistiu na contagem das plantas de azevém emergidas em cada cilindro.

O experimento em laboratório consistiu no teste de germinação em câmara de crescimento sob diferentes níveis de níveis de sombreamento. O delineamento experimental foi completamente casualizado, com três repetições. Os níveis de sombreamento foram obtidos com o uso de telas plásticas que proporcionaram 20, 50 e 80% de incidência luminosa, além disso, um tratamento foi mantido sem sombra, e outro, forrado com papel alumínio, 100% de sombra.

Inicialmente as sementes, com poder germinativo de 92%, passaram por a assepsia e desinfecção em álcool 70% por 5 minutos e hipoclorito de sódio 2% por 20 minutos, após, as sementes triplamente lavadas em água corrente e, por fim, ainda foram expostas em nitrato de potássio 0,2% por 4 horas para auxiliar a quebra da dormência.

Em seguida as sementes foram colocadas em gerbox, sob duas folhas de papel de germinação, umedecidos com volume de água de 2,5 vezes o peso do papel. As caixas gerbox foram forradas com papel alumínio, na base e nas laterais, e a tampa coberta conforme a incidência luminosa requerida.

Após os gerbox foram postos em câmara de crescimento tipo B.O.D., com temperatura de 20 °C e fotoperíodo de 12 horas luz/escuro e incidência luminosa de aproximadamente 10,9 KLux, a qual foi medida com luxímetro em 30 diferentes pontos no interior da câmara.

A avaliação da germinação das sementes se deu aos 14 dias após a implantação do experimento, sendo considerada semente germinada aquela que apresentou extrusão visível da radícula ou coleóptilo.

Os resultados obtidos nos experimentos foram submetidos a análise de variância, as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística evidenciou efeito significativo quanto a profundidade de semeadura e compactação do solo, bem como interação entre esses, para a emergência do azevém. Por outro lado, a cobertura de palha, não influenciou na emergência do azevém (Apêndice 6).

O efeito da profundidade de semeadura na emergência de azevém variou em função da densidade relativa do solo, sem ser influenciada pelas quantidades de palha no solo (Tabela 1). De modo geral, observaram-se maiores valores de emergência de azevém, quando as sementes foram depositadas até quatro centímetros de profundidade.

Tabela 1 – Porcentagem de emergência de plântulas de azevém sob diferentes profundidades e níveis de compactação, na média da cobertura de palha

| Profundidade de semeadura (cm) | Densidade relativa do solo | | |
|--------------------------------|----------------------------|-----------|----------|
| | 0,75 | 0,89 | 0,99 |
| | (%) | | |
| 0 | A 52,5 b ¹ | A 54,2 b | A 62,5 a |
| 1 | A 77,5 a | AB 70,0 b | B 61,7 a |
| 2 | A 84,2 a | A 90,8 a | A 77,5 a |
| 3 | A 85,0 a | A 91,7 a | A 79,2 a |
| 4 | A 77,5 a | B 61,7 b | B 63,3 a |
| 5 | A 55,0 b | A 64,2 b | B 39,2 b |
| 7,5 | A 5,0 c | A 4,2 c | A 6,7 c |
| 10 | A 5,8 c | A 1,7 c | A 4,2 c |
| C.V. (%) | 27,1 | | |

¹ Médias antecedidas de mesma letra, maiúscula, na linha, e seguidas de mesma letra, minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Observa-se que na densidade de 0,75, considerado como testemunha, as profundidades compreendidas entre um e quatro centímetros apresenta os maiores valores de emergência, ao passo que, para o solo com densidade de 0,89, isso é verificado apenas com dois e três centímetros de profundidade (Tabela 1). Na densidade de 0,99, tido como muito compactado, os maiores valores de emergência foram obtidos desde a superfície do solo até quatro centímetros de profundidade.

O solo com densidade de 0,75 apresenta os maiores valores de emergência de azevém, independente da profundidade das sementes, mesmo que, em alguns casos não tenha diferido estatisticamente das demais densidades.

Carmona (1992) afirma que, relativamente poucas espécies invasoras podem emergir de profundidades superiores a 5 cm, à exceção de espécies que apresentam sementes grandes. Vidal et al. (2007) citam que a emergência das plântulas de *Conyza* spp. é reduzida drasticamente com o aumento da profundidade, sendo que a 1 cm de profundidade esse valor é inferior a 40%.

Observou-se no trabalho redução na emergência do azevém quando as sementes foram depositadas na superfície do solo (Tabela 1). Na comparação com a profundidade de três centímetros, que numericamente apresentou a maior porcentagem entre todas as profundidades, a emergência de azevém com sementes dispostas na

superfície foi reduzida em 38,2, 40,9 e 21,1%, respectivamente para os tratamentos testemunha, solo não compactado e solo muito compactado.

Quando as sementes permanecem na superfície sua germinação é prejudicada, uma vez que as sementes ficam expostas diretamente ao ambiente, e com isso tem maior propensão de sofrer com as adversidades climáticas, bem como com o ataque de pragas.

Omami et al. (1999) escrevem que a mais acentuada perda da viabilidade das sementes quando na superfície do solo dá-se especialmente pela exposição às condições ambientais mais extremas, as quais provocam falhas metabólicas, quando comparado as sementes em profundidades maiores.

Por outro lado, quando as sementes foram depositadas a dez centímetros de profundidade, a redução foi de 16, 53,9 e 18,9 vezes em comparação a emergência obtida com as sementes a três centímetros de profundidade, respectivamente para os tratamentos testemunha, solo não compactado e solo muito compactado (Tabela 1).

Yenish et al. (1992) observaram que sementes de *Chenopodium album* coletadas na superfície do solo, depois de instalado o sistema de plantio direto, germinaram 40% menos que as sementes coletadas a maiores profundidades após a aração.

A semente do azevém, por ser de tamanho diminuto, e, portanto, não possuir grandes quantidades de reservas energéticas em seu endosperma, não consegue emergir satisfatoriamente com o aumento da profundidade da mesma. Kissmann & Groth (1999) que citam que a

redução na germinação de buva com o aumento da profundidade provavelmente deve estar associado à reduzida capacidade de reservas de energia das sementes, em razão de seu peso diminuto.

Observou-se também que, quando houve emergência de plantas oriundas de profundidades superiores a cinco centímetros, isso ocorreu na borda do cilindro, onde, por razões de ordem técnica, ocorre a menor compactação do solo.

A compactação do solo, que afeta diretamente a disponibilidade de água e ar no solo, assim como atua como agente impeditivo do desenvolvimento das raízes das plantas, afetou significativamente a emergência do azevém em algumas profundidades (Tabela 1). A emergência de plantas de azevém foi especialmente prejudicada na densidade de 0,99, que, para as profundidades de 1, 4 e 5 centímetros foi estatisticamente inferior a densidade de 0,75.

Gaviraghi (2011) observou, para a espécie *Chloris distichophylla*, o aumento da densidade do solo aumentou o percentual de emergência, não afetando o número de folhas e estatura de plantas, mas, por outro lado, afetou negativamente a matéria seca e o comprimento das raízes.

Observou-se no presente trabalho que, a cobertura do solo não afetou a emergência do azevém, independente da quantidade de palha de milho utilizada (Tabela 2).

Tabela 2 – Porcentagem de emergência de plântulas de azevém em função da quantidade de palha de milho na emergência do azevém, na média das profundidades e níveis de compactação do solo

| Cobertura de palha de milho (t.ha ⁻¹) | Emergência (%) |
|---|--------------------|
| 0 | 51,8 ^{ns} |
| 5 | 54,6 |
| 10 | 53,0 |
| C.V. (%) | 27,1 |

^{ns} Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A cobertura de palha, em muitos casos age como obstáculo físico para a penetração da luz, o que afeta na germinação e posterior emergência de sementes fotoblásticas positivas, bem como, apresenta-se como barreira para a emergência da plântula. Além disso, Azania et al. (2002) cita que a cobertura do solo, ao limitar incidência de luz pode impedir a realização de fotossíntese pelas plântulas que conseguem emergir do solo.

Oliveira et al. (2001) observaram que a população total de plantas daninhas foi afetada significativamente por diferentes níveis de palha de milho, independentemente da presença do herbicida e da época de avaliação. Os autores citam que para cada tonelada de palha adicionada, estima-se um controle de aproximadamente 4,0% no total de plantas daninhas.

Barroso et al. (2012) concluíram em seu trabalho que, a presença de palha alterou a comunidade infestante, de modo que a presença da cobertura morta de milheto reduziu a germinação inicial de

caruru e tiririca, de modo a viabilizar o cultivo de feijão na área em questão.

Martins et al. (1999) observaram comportamentos distintos entre as espécies testadas para emergir sob diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar, e, com isso, concluíram que em condições de cobertura do solo com palha de cana, como ocorre no sistema de colheita da cana crua, as espécies invasoras *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia* tendem a manter-se como plantas problemas e *Sida rhombifolia* deverá diminuir sua agressividade, principalmente quando quantidades de palha iguais ou superiores a 6 t.ha⁻¹ foram utilizadas.

Monquero et al. (2011) observaram que algumas espécies dicotiledôneas foram selecionadas no sistema de cana-crua, principalmente plantas dos gêneros *Ipomoea* e *Euphorbia*. Por outro lado, tanto monocotiledôneas como dicotiledôneas provenientes de sementes pequenas, o controle da palha foi altamente eficaz, e as infestações somente ocorrem onde houve irregularidade na distribuição da palha.

Quanto ao azevém, o fato de não ter ocorrido efeito da quantidade de palha de milho na emergência de plântulas pode ser também decorrente do fato de que a palha de milho, especialmente as folhas, seja considerada um material frágil, de modo que, não se mostrou como uma barreira física limitante ao desenvolvimento da plântula.

No experimento realizado em laboratório, os níveis de luminosidade não interferiram na germinação das sementes de azevém (Apêndice 7).

Na Tabela 3 ficou evidenciado que independente da porcentagem de incidência luminosa sobre as sementes, não ocorreu diferenças quanto à germinação. Numericamente, embora não tenha ocorrido diferença estatística, as sementes mantidas no escuro apresentaram maior percentual de germinação.

Tabela 3 - Germinação de azevém sob diferentes níveis de exposição a luz

| Luminosidade (%) | Germinação (%) |
|------------------|--------------------|
| 0 | 91,7 ^{ns} |
| 20 | 86,0 |
| 50 | 86,3 |
| 80 | 84,3 |
| 100 | 82,7 |
| C.V. (%) | 5,85 |

^{ns} Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Gaviraghi (2011) por sua vez, observou que *Chloris distichophylla*, apresenta germinação dependente de luz, onde quanto maior a quantidade de palha sobre o solo ou menor a intensidade de luz disponível menor será a emergência e a matéria seca produzida. Mondo et al. (2010) observaram que há comportamento diferenciado entre espécies de mesmo gênero, de modo que, enquanto *Digitaria bicornis* e

D. horizontalis necessitam de luz para a germinação, isso não é verificado para *D. ciliaris* e *D. insularis*.

Diante do exposto, de que a quantidade de exposição de luz sobre as sementes não afeta a germinação, fica demonstrado que o azevém é uma espécie fotoblástica neutra, ou seja, não necessita ser exposta a luz para germinar.

4 CONCLUSÕES

O azevém tem sua emergência afetada pela profundidade de semeadura, no entanto com pouco efeito da compactação do solo. Por outro lado, é indiferente a quantidade de palha na cobertura de solo e aos níveis de incidência luminosa sobre a semente, caracterizando-a como uma espécie indiferente a luz para germinar.

CAPÍTULO IV

VIABILIDADE DE SEMENTES DE AZEVÉM EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

RESUMO – O azevém é uma importante espécie tanto para pecuaristas como para agricultores no Sul do Brasil. O surgimento de biótipos resistentes ao glifosato, principal herbicida utilizado atualmente no sistema agrícola brasileiro, aliado ao fato de que o azevém apresenta como característica marcante a ressemeadura natural, tem-se suscitado a necessidade de buscar alternativas para minimizar o reabastecimento do banco de sementes dessa espécie. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de herbicidas em diferentes estádios fenológicos da planta, sobre a viabilidade das sementes originadas dessas plantas. Para tal, plantas de azevém foram submetidas à aplicação da associação dos herbicidas glifosato e cletodim ($750 \text{ g e.a.ha}^{-1} + 120 \text{ g i.a.ha}^{-1}$, respectivamente) em 10 diferentes estádios de desenvolvimento. As sementes oriundas dessas plantas foram avaliadas quanto a sua viabilidade através três metodologias: teste de tetrazólio; germinação em câmara de crescimento tipo B.O.D. com posterior teste de tetrazólio; emergência de plantas em substrato de turfa. Os resultados indicaram que a época limite de dessecação do azevém para que não produza sementes viáveis é o estágio anterior a antese completa.

Palavras-chave: Antese, banco de sementes, cletodim, glifosato, fenologia, *Lolium multiflorum*

SEED VIABILITY OF RYEGRASS DEPENDING ON HERBICIDES APPLICATION TIMES

ABSTRACT - Ryegrass it is an important species for farmers in Southern Brazil. The appearance of glyphosate resistant genotypes, especially herbicides used nowadays in the Brazilian crop systems, along with the fact that ryegrass has an outstanding characteristic as the natural reseeding, there is the need to know alternatives to minimize the restocking of the ryegrass seedbanks. The objective of this study was to evaluate the effect of herbicides in different growth stages of the plant, on the viability of the seeds these plants. Herbicide glyphosate and clethodim (750 g e.a.ha⁻¹ + 120g i.a.ha⁻¹) were applied on ryegrass plants in 10 different growth stages. Seeds from these plants were evaluated for their viability through three methodologies: tetrazolium test; germination test with subsequent tetrazolium test; seedling emergence in peat substrate. Results indicated that the limiting time for desiccation of ryegrass that avoid viable seeds is the stage before full anthesis.

Kew-words: Anthesis, seedbanks, clethodim, glyphosate, fenology, *Lolium multiflorum*

1 INTRODUÇÃO

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma importante forrageira hibernal, abundante produtora de forragem, possuidora de grande tolerância ao pastejo e ao excesso de umidade (BOLDRINI et al., 2008). A espécie é amplamente encontrada no estado do Rio Grande do Sul, utilizada tanto como forrageira para alimentação animal, assim como, cobertura de inverno e produção de cobertura de palha no sistema de semeadura direta, bem como, cobertura viva ou morta em pomares (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

O azevém é uma espécie de polinização cruzada, auto-incompatível, e com seu pólen disseminado pelo vento. As plantas de azevém florescem e frutificam em abundância no final da primavera, e, após a maturação fisiológica ocorre abscisão das sementes, que quando não colhidas caem ao solo, e permanecem dormentes até o final do verão, quando inicia a germinação (PIANA et al., 1986). Galvan et al. (2011) relatam que o potencial de produção de sementes, em alguns biótipos, alcança aproximadamente 3500 sementes por planta. A ressemeadura natural é muito útil para os pecuaristas (PIANA et al., 1986), porém para os agricultores isso ocasiona dificuldades de controle, devido a ocorrência de plantas em diferentes estádios de desenvolvimento (GALLI et al., 2005), uma vez que a germinação se dá de forma escalonada.

Embora o azevém seja uma infestante da região sul do Brasil, a época principal de incidência ocorre durante as estações de outono-inverno, não se constituindo em grandes problemas nas culturas de verão como a soja e o milho (GALLI et al., 2005). No entanto, plantas voluntárias de azevém são fontes de permanência das sementes na lavoura vindo a ocasionar infestações futuras, quando da utilização de práticas de rotação de culturas com cereais de inverno como cevada, centeio, trigo e triticale (ROMAN et al., 2004).

No sistema semeadura direta ou em pomares, a dessecação ou controle dessa espécie é realizada normalmente com a aplicação de herbicidas não-seletivos, em diferentes estádios fenológicos, sendo o glifosato o herbicida mais utilizado para esse fim (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

O fato de o azevém ser uma espécie de polinização cruzada aumenta ainda mais o problema da resistência ao herbicida glifosato. Jasieniuk & Maxwell (1994) escrevem que a migração de alelos entre populações afeta a dinâmica da evolução da resistência a herbicidas, de modo a aumentar a frequência inicial dos alelos que conferem a resistência em populações ainda não selecionadas.

Para muitas espécies de plantas daninhas, o fluxo gênico entre as populações é a forma mais propensa de espalhar resistência a herbicidas (HIDAYAT et al., 2006), através do acúmulo de diferentes genes de resistência em plantas individuais ou populações (BUSI et al., 2008).

O movimento de pólen transportando alelos de resistência a herbicidas pode ter dois importantes efeitos. Primeiro, o movimento do pólen pode introduzir alelos de resistência que não existiam no local. Segundo, o movimento do pólen pode permitir o acúmulo de diferentes alelos de resistência na mesma planta (PRESTON et al., 1996).

Monquero & Christoffoleti (2005) escrevem que o número de flores e sementes de uma planta varia com as condições ambientais, de modo que, um estresse hídrico, por exemplo, acelera o florescimento para garantir a perpetuação, porém haverá menor produção de flores e sementes. Além da quantidade, o tamanho das sementes produzidas também pode ser influenciado pelas condições ambientais, dessa forma, há possibilidade de produção de sementes com diferentes tamanhos em uma mesma espécie de planta daninha (ARALDI et al., 2013).

Embora definida geneticamente, para cada espécie, a composição química da semente pode sofrer modificações, impostas pelas condições ambientais durante o período de desenvolvimento, de modo que, quanto maior o teor de reservas da semente, maior será o vigor da plântula originária (GARCIA et al., 2007).

Soares & Machado (2007) escrevem que, apesar de sésséis, as plantas desenvolveram, no decorrer da evolução, inúmeros mecanismos de respostas específicas a estresses variados. Segundo os mesmos autores, estes organismos conseguem alterar o seu plano de desenvolvimento para contornar situações desfavoráveis, como ataques de pragas ou patógenos, fatores bióticos impróprios, dentre outros. Além

disso, podem contar com um arsenal de defesas constitutivas que já fazem parte do seu metabolismo normal.

Dessa forma, tendo em vista que o azevém é uma importante espécie para os pecuaristas, porém tem causado grandes prejuízos aos agricultores, especialmente devido a resistência ao herbicida glifosato, torna-se fundamental conhecer o estágio de desenvolvimento da planta em que o estresse causado pela aplicação de herbicidas impede a produção de sementes viáveis.

Nesse intuito objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de herbicidas em diferentes estádios fenológicos na viabilidade das sementes originadas dessas plantas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária (Cepagro) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS. A área localiza-se na latitude 28° 13' 01" S, longitude 52° 23' 37" W e altitude aproximada de 700 m acima no nível do mar. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo subtropical úmido (Cfa). A casa de vegetação contava com irrigação automática por aspersão, a qual era controlada em função da necessidade das plantas.

Plantas de azevém foram cultivadas em vasos plásticos com volume de 5L preenchidos com solo peneirado coletado na área

experimental, sem adição de adubo e calcário. Em cada vaso foram cultivadas quatro plantas, oriundas de sementes coletadas de biótipos sensíveis ao herbicida glifosato. O experimento foi implantado na segunda quinzena do mês de maio de 2010.

As plantas de azevém foram manejadas quimicamente em 10 diferentes estádios fenológicos, com base nas escalas de Zadoks et al. (1974) e Hess et al. (1997). Os estádios fenológicos foram: 1 = bainha da folha bandeira expandindo; 2 = uma espiguetta da inflorescência recém visível; 3 = início da antese; 4 = antese em 50%; 5 = antese completa; 6 = cariopse suculenta; 7 = grão leitoso médio; 8 = grão massa mole; 9 = cariopse dura; 10 = maturação com palha seca.

Para o controle do azevém utilizou-se 750 g e.a.ha⁻¹ de glifosato e 120 g i.a.ha⁻¹ de cletodim. Realizou-se a aplicação dos herbicidas com pulverizador costal de precisão, pontas jato plano XR 11002 e volume de aplicação de 200L ha⁻¹. As aplicações foram realizadas em diferentes datas, de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas. Todas as aplicações, no entanto, foram realizadas em condições ambientais favoráveis. No momento da aplicação as temperaturas variaram de 18 a 20 °C, umidade do ar de 70 a 80% e ausência de vento.

Após a morte das plantas, cerca de 30 dias após a aplicação dos herbicidas, as espigas foram colhidas e delas retiradas as sementes formadas. As sementes colhidas foram armazenadas em recipientes plásticos, devidamente identificadas e, posteriormente mantidas no

congelador por três dias, com temperatura próxima a 0°C, no intuito de superar a dormência das sementes.

As sementes foram avaliadas por três métodos: dois destes em laboratório, os quais consistiram dos testes de viabilidade em tetrazólio, e germinação em câmara de crescimento tipo B.O.D. seguida de teste de tetrazólio; o terceiro método de avaliação, realizado em casa de vegetação, consistiu da emergência das plantas de azevém em substrato.

Para os testes realizados em laboratório, as sementes passaram por assepsia e desinfecção através da exposição por 5 minutos em álcool 70% e por 20 minutos em hipoclorito de sódio 2%, após, triplamente lavadas em água corrente. Por fim, as sementes usadas no teste de germinação ainda foram expostas ao nitrato de potássio 0,2% por 4 horas para auxiliar a quebra da dormência.

Para a avaliação da viabilidade das sementes de azevém em tetrazólio, após a assepsia, as sementes foram alocadas em caixas de gerbox, entre duas folhas de papel germinação umedecidas na proporção água/papel de 2,5. As sementes foram mantidas nessa condição no período de um dia, para a sua hidratação.

Em seguida, as sementes foram cortadas longitudinalmente com bisturi, antes de serem postas em contato com a solução de tetrazólio, na concentração de 0,5%, durante 6 horas em temperatura de 30 °C. Após, as sementes foram avaliadas quanto a sua viabilidade de acordo com Brasil (2009).

Para o teste de germinação, após a assepsia, as sementes foram acondicionadas em caixas de gerbox contendo papel de germinação umedecido na proporção água/papel de 2,5 vezes o peso do papel, e, re-umedecido sempre que necessário. Essas caixas foram alocadas em câmara de crescimento tipo B.O.D. com temperatura de 20 °C, fotoperíodo de 12 horas luz/escuro e incidência luminosa de aproximadamente 10,9 KLux.

A avaliação da germinação das sementes ocorreu aos 7 e 14 dias após o início do experimento, sendo considerada como germinada a semente com extrusão visível da radícula ou coleóptilo. As sementes que não germinaram na câmara foram submetidas ao teste de tetrazólio seguindo a metodologia descrita anteriormente.

Por fim, foi avaliada a emergência de plântulas de azevém, a partir de sementes postas para germinar em vasos preenchidos com substrato de turfa, em casa de vegetação, na segunda metade do mês de abril de 2011. Foram colocadas 10 sementes de azevém por vaso, de volume de 1L. As avaliações de emergência das plantas de azevém ocorreram semanalmente durante 28 dias, totalizando quatro semanas.

Os resultados obtidos nas avaliações foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos resultados obtidos no experimento evidenciou efeito significativo da época de aplicação dos herbicidas em diferentes estádios de desenvolvimento do azevém para a viabilidade das sementes produzidas pelas plantas (Apêndice 8).

As sementes de azevém mostraram-se viáveis ao teste de tetrazólio a partir do estádio de antese completa (época 5), no entanto ainda numa quantidade muito baixa, a qual não diferiu dos estádios bainha da folha bandeira se expandindo (época 1), uma espiguetta da inflorescência recém visível (época 2), início da antese (época 3), e antese em 50% (época 4) (Tabela 1). Por outro lado, a máxima viabilidade foi encontrada nas sementes oriundas dos estádios de grão massa mole (época 8), cariopse dura (época 9) e maturação com palha seca (época 10).

No que se refere às sementes submetidas ao teste de germinação em câmara de crescimento com posterior teste de tetrazólio, percebe-se a existência de sementes aptas a partir do estádio de cariopse succulenta (época 6), contudo o valor numérico mais elevado corresponde ao estádio de maturação com palha seca (época 10), o qual não diferiu estatisticamente dos estádios de grão massa mole (época 8) e cariopse dura (época 9) (Tabela 1).

Tabela 1 - Resposta das sementes de azevém coletadas de diferentes épocas de aplicação de herbicidas, submetidas a dois métodos de avaliação de germinação e um de viabilidade

| Época de aplicação de herbicidas | Teste de tetrazólio (%) | Germinação em câmara de crescimento + teste de tetrazólio (%) | Emergência em vaso (%) |
|--|-------------------------|---|------------------------|
| Bainha da folha bandeira expandindo | 0,00 a ¹ | 0,00 a ¹ | 0,00 a ¹ |
| Uma espiguetta da inflorescência recém visível | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a |
| Início da antese | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a |
| Antese em 50% | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a |
| Antese completa | 10,0 a | 0,00 a | 0,00 a |
| Cariopse suculenta | 35,0 b | 22,5 b | 0,00 a |
| Grão leitoso médio | 47,5 b | 50,0 c | 2,50 a |
| Grão massa mole | 87,5 c | 76,2 d | 15,0 b |
| Cariopse chura | 90,0 c | 77,5 d | 32,5 c |
| Maturação com palha seca | 97,5 c | 90,0 d | 80,0 d |
| C.V. (%) | 15,1 | 19,7 | 35,8 |

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P > 0,05).

A não ocorrência de viabilidade no estágio de antese completa (época 5) quando as sementes foram avaliadas com o teste de germinação, diferentemente do ocorrido na avaliação em teste de tetrazólio, se deve especialmente ao microclima, propiciado pela umidade, existente no gerbox, o que fez com que as sementes de menor vigor apodrecessem durante o período necessário para avaliar a germinação.

Larcher (2006) escreve que, plantas sem vigor, senescentes ou estressadas pelo ambiente produzem óvulos que são subdesenvolvidos ou são incapazes de desenvolver sementes, e, por conseguinte plântulas, normais. Dessa forma, o herbicida pode ter causado estresse sobre a planta, que no intuito natural de deixar descendentes, produziu sementes, no entanto, essas não se desenvolveram plenamente.

Quando as sementes foram avaliadas quanto ao seu comportamento em vasos, obteve-se emergência de plantas somente quando a dessecação foi realizada a partir do estágio de grão leitoso médio (época 7), e, em quantidade bastante baixa (Tabela 1). A época que apresentou o valor mais elevado foi novamente a dessecação no estágio de maturação com palha seca (época 10), que foi estatisticamente superior as demais épocas, sendo aproximadamente 2,5 vezes superior ao estágio imediatamente inferior, cariopse dura (época 9).

As elevadas diferenças observadas entre a emergência de plantas em vaso com a viabilidade das sementes em teste de tetrazólio, com ou sem germinação em câmara de crescimento, deve-se

especialmente ao fato de que as sementes não estavam com seu processo fisiológico completo, e, mesmo que o embrião estivesse viável, a semente não possuía quantidade suficiente de reservas que permitisse a essa suportar as condições adversas do ambiente, nem tampouco energia para romper as camadas de solo para atingir a superfície.

Cada etapa do desenvolvimento do vegetal tem efeito sobre os demais, de modo que o estado fisiológico e nutricional da planta-mãe afeta a quantidade de nutrientes disponíveis para a translocação até as sementes (LARCHER, 2006). O estresse hídrico, por exemplo, pode acelerar o florescimento para garantir a perpetuação, porém haverá menor produção de flores e sementes (MONQUERO & CHRISTOFFOLETI, 2005).

Garcia et al. (2007) observaram em seu trabalho que o estresse causado pela irrigação com água salina e o aumento da salinidade do solo diminuiu os teores de proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, carboidratos totais e a matéria seca das sementes, porcentagem final de germinação em papel, porcentagem de germinação em areia, índice de velocidade de germinação, matéria fresca e seca da parte aérea das plântulas de milho seguidos do aumento da porcentagem de sementes deterioradas e de plântulas anormais.

Bezerra et al. (2010), por sua vez, observaram maior produção de flores das plantas de gergelim com o aumento dos níveis de estresse hídrico, em relação àquela das plantas cultivadas no solo sob condições de capacidade de campo, no entanto, o número de frutos/planta, bem

como a produção medida na forma de massa, de frutos/planta e de semente/planta, decresceu com o aumento do estresse hídrico.

O tamanho da semente, o estágio de diferenciação do embrião e a reserva de nutrientes influenciam decisivamente na capacidade de germinação e no vigor. Nesse contexto, um evento aparentemente com pouca influência sobre a semente pode assumir grande importância na viabilidade e poder germinativo (LARCHER, 2006).

Por outro lado, de acordo com Galvan et al. (2011) a produção de sementes de azevém é elevada, produzindo aproximadamente 3500 sementes por planta. Assim, mesmo numa situação de reduzida germinação das sementes e emergência de plântulas, como observado no estágio de grão leitoso médio, essa pode ser suficiente para manter a espécie na área.

Ainda, cabe lembrar que a emergência do azevém no campo se dá de forma escalonada, o que permite a ocorrência de plantas em diferentes estágios de desenvolvimento ao mesmo tempo numa mesma área, e, aliado a isso, o processo de florescimento da planta também é desuniforme, sendo possível que numa mesma planta ocorram espigas secas e outras sequer florescidas. Hampton & Hebblethwaite (1982) escrevem que o azevém é uma cultura que apresenta elevada desuniformidade de maturação entre e dentro das espigas.

Dessa forma, a falta de planejamento para a dessecação das áreas agrícolas faz com que o banco de sementes seja constantemente

renovado nas lavouras, de modo a manter a população de plantas daninhas elevada.

4 CONCLUSÕES

A época limite da aplicação de herbicidas para evitar a produção de sementes viáveis é o estágio de antese completa. Assim como, a emergência de plantas de azevém somente é possível com sementes oriundas da aplicação de herbicidas após o estágio de grão leitoso médio.

CAPÍTULO V

FLUXO GÊNICO ENTRE AZEVÉM RESISTENTE E SENSÍVEL AO HERBICIDA GLIFOSATO

RESUMO – O azevém é uma espécie de polinização cruzada e auto-incompatível, tendo seu pólen disseminado especialmente pelo vento. O fluxo gênico é um processo natural que consiste na troca de informação genética entre indivíduos sexualmente compatíveis. Para muitas espécies de plantas daninhas, o fluxo gênico é a causa principal de disseminação da resistência a herbicidas. O objetivo do trabalho foi avaliar o fluxo gênico existente entre biótipos de azevém, resistente e sensível ao herbicida glifosato. O experimento foi conduzido em 2011, e consistiu na semeadura de azevém numa distribuição em forma de ilha, sendo que o biótipo resistente foi alocado no centro e, ao seu entorno foi semeado o biótipo sensível. Após a maturação das plantas, as sementes foram colhidas e separadas em função da distância de coleta, e, cada distância tratada como um biótipo. A avaliação do fluxo gênico foi realizada através de três diferentes metodologias de curva dose-resposta com o herbicida glifosato, sendo elas: cultivo em vasos na casa de vegetação; teste de germinação em gerbox; teste de germinação *in vitro* em tubos de ensaio. Avaliou-se a resposta dos biótipos em função da metodologia utilizada, seja matéria seca ou comprimento de parte aérea. Observou-se que, o fator de resistência dos biótipos oriundos do experimento de fluxo

gênico foi baixo, não sendo possível caracterizá-los como resistentes. Ressalta-se que, o principal motivo para a não identificação da ocorrência do fluxo gênico se deve a assincronia de florescimento entre o biótipo sensível e o biótipo resistente.

Palavras-chave: Dose-resposta, *Lolium multiflorum*, polinização

GENE FLOW BETWEEN GLYPHOSATE RESISTANT AND SENSITIVE RYEGRASS

ABSTRACT - Ryegrass is a species with cross-pollination and self-incompatible, and its pollen carried by the wind. The gene flow is a natural process natural that consists of the exchange of genetic information between individuals sexually compatible. The gene flow is the main cause of dissemination of herbicide resistance among the weed species. The objective was to evaluate the gene flow between ryegrass genotypes, glyphosate resistant and sensitive. The experiment was conducted in 2011, ryegrass was sowed in an island-shaped distribution, and the resistant genotype was placed in the center surrounded with the sensitive genotype. After maturation, seeds were taken and separated by the distance of collection, and each distance treated as a biotype. Gene flow evaluation was performed by three different methodologies dose-response curve with glyphosate: growing in pots in a greenhouse; germination test in gearbox; *in vitro* germination test in test tubes. It was

evaluated the response of the genotypes according to the methodology, either dry mass or shoot length. The resistance factor of genotypes was low, it was not possible to characterize them as resistant. It is noteworthy that the main reason for the failure to identify the occurrence of gene flow due to flowering asynchrony between sensitive and resistant genotype.

Kew-words: Dose-response, *Lolium multiflorum*, pollination

1 INTRODUÇÃO

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) se caracteriza por ter suas espiguetas dispostas em uma espiga dística. As espiguetas laterais apresentam somente a gluma II, havendo as duas glumas apenas nas espiguetas apicais (BOLDRINI et al., 2008). A inflorescência apresenta até 30 centímetros de comprimento e nesta, lateralmente achatadas se encontram as espiguetas, que são constituídas por 10-20 floretes, de tamanho entre 15-25 milímetros (LAMP et al., 2001).

O azevém apresenta sua flor com um filete bastante longo, o qual permite que a antera exponha seus grãos de pólen externamente à flor, numa condição favorável a disseminação pelo vento, assim como, seus estigmas são grandes e expostos, de aspecto plumoso, favorecendo a interceptação dos grãos de pólen. Tais características estão em conformidade com o pressuposto por Raven et al. (2001) quanto as flores polinizadas pelo vento.

O azevém é uma espécie de polinização cruzada, auto-incompatível, com o pólen disseminado pelo vento. McCraw & Spoor (1983) indicam que, para *L. mutliflorum*, estão envolvidos no mínimo três *loci* (S'S'Z) no controle de incompatibilidade genética, a qual é caracterizada por ser gametofítica.

Fluxo gênico é um processo natural que consiste na troca da informação genética entre indivíduos, populações ou espécies (BORÉM, 2001), sendo influenciado pela biologia das espécies, assim como pelo

ambiente e práticas de produção (MALLORY-SMITH & ZAPIOLLA, 2008). Os autores complementam afirmando que o fluxo gênico ocorre via pólen, sementes, e, em algumas espécies via propágulos vegetativos. Citam ainda que, a ênfase maior dos estudos está no fluxo gênico via pólen, mas as sementes possuem maior importância na disseminação a longas distâncias.

Para que o fluxo gênico entre dois biótipos ocorra, eles devem compartilhar o mesmo habitat e deve existir sobreposição do período de florescimento deles. Nesse caso, a ocorrência da polinização cruzada dependerá da existência de um agente polinizador eficiente (BORÉM & MIRANDA, 2005). O grão de pólen, na abertura da flor, necessita estar plenamente viável, e, geralmente, à medida que o tempo avança, diminui sua viabilidade e reduz sua eficiência na fertilização (SOUZA et al., 2002).

Nunes et al. (2012) testaram a viabilidade polínica de 10 genótipos de azevém, de diferentes origens, e, obtiveram valores superiores a 90% para todos os materiais. Os autores sugerem que a elevada viabilidade funcional do pólen nestes genótipos está associada com regularidade meiótica e com o horário de coleta (8:30h-10:00h). Segundo os autores, nesse horário inicia a deiscência das anteras, o que implica que o pólen atinge a sua viabilidade máxima.

A distância do fluxo gênico via pólen é variável, mas em geral ocorre em distâncias relativamente curtas porque o pólen se mantém viável por pouco tempo, geralmente apenas algumas horas ou

dias (MALLORY-SMITH & ZAPIOLLA, 2008). Ainda, segundo os autores, o pólen está sujeito à dessecação e a perda de viabilidade em função da exposição as altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar. O fluxo gênico via pólen alcança distâncias maiores se o seu veículo de disseminação for o vento, e as plantas forem auto-incompatíveis.

Para muitas espécies de plantas daninhas, o fluxo gênico entre as populações é a forma mais propensa de espalhar resistência a herbicidas (HIDAYAT et al., 2006), através do acúmulo de diferentes genes de resistência em plantas individuais ou populações (BUSI et al., 2008).

Ao que tange o azevém, Perez-Jones (2007) observou, para *Lolium multiflorum*, alterações de nucleotídeos que resultaram na substituição do aminoácido prolina por serina, quando comparou biótipos sensíveis e resistentes ao herbicida glifosato. Simarmata & Penner (2008), trabalhando com biótipos sensíveis e resistentes de *Lolium rigidum* ao glifosato, também observaram a substituição dos mesmos aminoácidos.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o fluxo gênico existente entre biótipos de azevém, resistente e sensível ao herbicida glifosato.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em duas etapas. A primeira etapa, entre o outono e a primavera de 2011 foi realizada na área experimental do Centro de Pesquisa e Extensão Agropecuária (Cepagro) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS. A área localiza-se na latitude 28° 13' 01" S, longitude 52° 23' 37" W e altitude aproximada de 700 m acima no nível do mar. O solo da área experimental pertence a unidade de mapeamento Passo Fundo, classificado como Latossolo Vermelho distrófico húmico (STRECK et al., 2008). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo subtropical úmido (Cfa). Em anexo encontram-se os dados climáticos de temperatura e precipitação pluvial média mensal ocorrida no local do experimento, durante a condução do mesmo.

A segunda etapa foi realizada no ano de 2012 e, constou de três diferentes métodos experimentais de avaliação de fluxo gênico através de curvas dose-resposta a doses de herbicida. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação, no Laboratório de Ecofisiologia e Manejo de Plantas Daninhas e no Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo.

Para a primeira etapa, inicialmente a área de instalação do experimento foi dessecada 20 dias antes da implantação do experimento

com a associação dos herbicidas glifosato e cletodim ($960 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ e $120 \text{ g i.a. ha}^{-1}$, respectivamente) e, um dia antes da semeadura com a aplicação do herbicida paraquat + diuron ($400 + 200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$, respectivamente).

A semeadura do azevém foi realizada de forma circular, de modo que na parte central, formou uma espécie de ilha. Em um pequeno círculo, de 6 metros de diâmetro, foram semeadas sementes coletadas de biótipos de azevém comprovadamente resistentes. Ao seu entorno, ainda na forma de círculo, num raio de aproximadamente 35 metros, foi semeado azevém comprovadamente sensível (Figura 1).

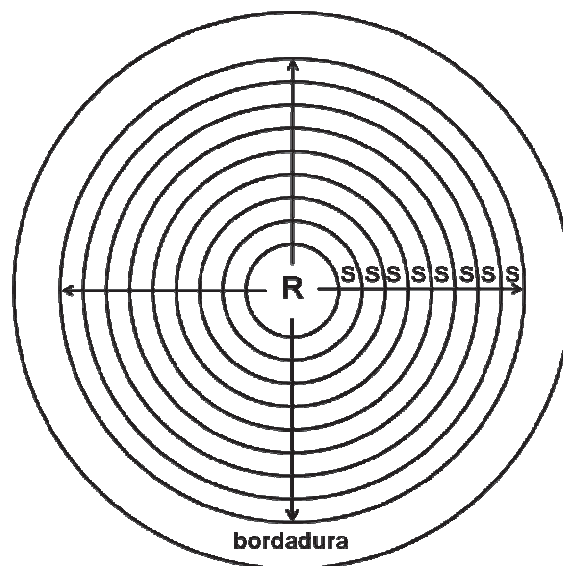


Figura 1 – Ilustração do esquema tipo “ilha” para o experimento de fluxo gênico de azevém. R = biótipo resistente; S = biótipo sensível.

Quando as plantas de azevém, em sua maioria, estavam no estágio de desenvolvimento de 4 a 5 folhas, foi aplicado o herbicida glifosato (960 g e.a. ha⁻¹) no círculo central do experimento, a fim de manter somente plantas resistentes.

Antes da emissão das inflorescências do azevém foi realizado o rouging, no intuito de arrancar as plantas de azevém que germinaram após a semeadura, de característica desconhecida quanto a sensibilidade ao herbicida, e dessa forma, com capacidade de interferência no processo de cruzamento das plantas.

Após a maturação das plantas de azevém, foram coletadas sementes nas distâncias de 0-1; 1-2; 2-3; 3-4; 4-5; 5-6; 6-7; 7-8; 8-9; 9-10; 10-12; 12-14; 14-16; 16-18; 18-20; 20-22; 22-24; 24-26; 26-28 e 28-30 metros da borda do círculo com plantas resistentes, provedoras do pólen, em quatro quadrantes, que foram representados pelos pontos cardeais, Norte, Sul, Leste e Oeste, os quais foram localizados em campo com o auxílio de bússola. Cada lote de sementes coletadas em diferentes distâncias e direção cardinal, para as avaliações propostas, constituíram um biótipo distinto. De acordo com Kissmann (1996), biótipo é definido como um grupo de indivíduos com carga genética semelhante, pouco diferenciada daquela de indivíduos de outros grupos, numa espécie.

Posteriormente a coleta, as sementes foram limpas e selecionadas. Em seguida, no intuito de auxiliar no processo de

superação da dormência as sementes foram postas em congelador com temperatura de aproximadamente 0 °C, durante 3 dias.

A segunda etapa do experimento foi subdividida em outros três experimentos, que constaram de curvas de dose-resposta para cada biótipo, em vasos, gerbox com papel de germinação e tubos de ensaio com ágar. Os tratamentos avaliados foram os biótipos de azevém (sensível, resistente e, sementes oriundas de cada ponto de coleta) e as doses do herbicida glifosato. O delineamento experimental foi completamente casualizado, em arranjo fatorial.

Para o experimento em vasos, as sementes foram semeadas em vasos de 5L de volume, preenchidos com substrato de turfa, os quais foram mantidos em casa de vegetação, a qual contava com irrigação automática por aspersão, e, manualmente administrada se não houvesse necessidade de irrigar as plantas.

Após a emergência, no estágio de 2 folhas, as plantas foram desbastadas, de modo a manter apenas 5 plântulas de cada biótipo por vaso. Cada vaso, por sua vez, foi devidamente subdividido em quatro faixas, de mesmo tamanho. Em cada faixa do vaso cultivou-se sementes provenientes de diferentes biótipos (local de coleta), do experimento de fluxo gênico, ou seja, em cada vaso cultivou-se quatro diferentes biótipos.

No momento do desbaste, algumas plantas foram replantadas em vasos de 7,5L de volume, preenchidos com substrato de turfa, totalizando 10 vasos com biótipo resistente e outros 10 vasos com

biótipo sensível, no intuito de observar visualmente, em condição de casa de vegetação, a duração do ciclo de cada biótipo.

Quando as plantas apresentaram 4-5 folhas verdadeiras realizou-se a aplicação do herbicida, em doses de 0; 1/4; 1/2; 1; 2; 4 e 8x a dose recomendada 1440 g e.a. ha⁻¹ de glifosato (3 L.ha⁻¹ de Roundup Transorb[®]). Dessa forma, as doses utilizadas foram: 0; 360; 720; 1440; 2880; 5760 e 11520 g e.a. ha⁻¹.

Para a aplicação do herbicida utilizou-se pulverizador costal pressurizado com CO₂, com barra de pulverização de 2 m de largura, com quatro pontas de pulverização do tipo XR 11002, e, volume de calda de 200 L.ha⁻¹. No momento da aplicação do herbicida a umidade relativa do ar estava em 85 %, a temperatura média foi 18 °C, e, por estar em local protegido, havia ausência de vento.

Aos 35 dias após a aplicação do herbicida, a parte aérea das plantas foi coletada e posta para secar a 60 °C, em estufa com circulação de ar, por 72 horas, até atingir peso constante. Depois, foram pesadas em balança de precisão, para obter a matéria seca de parte aérea.

O experimento referente ao teste de germinação em gerbox na câmara de crescimento tipo B.O.D baseou-se na metodologia utilizada por Perez-Jones (2007) e Ribeiro (2008). Para tal, as sementes de azevém passaram por assepsia com álcool 70% por 5 minutos e hipoclorito de sódio 2% por 20 minutos, após, triplamente lavadas em água corrente e, por fim, expostas em nitrato de potássio 0,2% por 4 horas para auxiliar a superação da dormência.

Após isso, quatro repetições de 10 sementes cada, de cada biótipo avaliado, foram postas para germinar em gerbox contendo papel de germinação umedecido por água e glifosato, nas doses de 0, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 300 e 500 mg e.a L⁻¹. Inicialmente utilizou-se um volume de calda de 2,5 vezes o peso do papel, e, re-umedecido com as mesmas doses 7 dias após. Os gerbox foram postos em câmara de crescimento tipo B.O.D., com temperatura de 20 °C e fotoperíodo de 12 horas luz/escuro e incidência luminosa de aproximadamente 10,9 KLux, a qual foi medida com luxímetro em 30 diferentes pontos no interior da câmara.

As avaliações de germinação e crescimento da parte aérea foram realizadas 14 dias após a implantação do experimento. O comprimento da parte aérea foi avaliado com o auxílio de um paquímetro digital, sendo considerado o tamanho da plântula desde o ponto de ruptura da semente até a sua extremidade.

O experimento de germinação de sementes de azevém em tubos de ensaio contendo ágar e herbicida, germinação *in vitro*, consistiu na adaptação e modificação da metodologia proposta por Kaundun et al. (2011). Inicialmente fez-se a assepsia e desinfecção das sementes com álcool 70% por 5 minutos e hipoclorito de sódio 2% por 20 minutos, após, as sementes triplamente lavadas em água corrente e, por fim, ainda foram expostas em nitrato de potássio 0,2% por 4 horas para auxiliar a superação da dormência.

O meio onde as sementes foram colocadas para germinar consistiu de gel de agarose, obtido a partir da mistura de 0,8% de ágar em água, a qual foi aquecida em autoclave a 120°C por 20 minutos. Após autoclavagem, deixou-se o meio esfriar, e, antes da solidificação foi adicionado e misturado o herbicida glifosato, nas doses de 0, 1, 5, 10, 50, 100 e 500 μM de equivalente ácido por litro de meio. Após a mistura do herbicida com o meio a base de ágar, este, foi vertido em tubos de ensaio e deixado solidificar em temperatura ambiente, para posterior semeadura das sementes de azevém.

Por fim, as sementes foram semeadas no meio a base de ágar com herbicida e mantidas em câmara de crescimento a temperatura de 20°C e fotoperíodo de 12 horas luz/escuro por 14 dias. Após esse período, avaliou-se o comprimento da parte aérea das plantas originadas, da mesma forma do executado no experimento de germinação em papel de germinação no gerbox.

Ressalta-se que, para dados de matéria seca (experimento em vasos) e comprimento de parte aérea (experimentos em gerbox e tubos de ensaio), para cada biótipo em separado, os dados foram convertidos em percentual de redução, sendo a dose 0 considerada 100% de matéria seca ou comprimento de parte aérea.

Após a coleta de dados, os mesmos foram submetidos a análise de variância com aplicação do teste F. Quando constatada significância, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Após, os dados foram ajustados aos modelos de regressão

não-linear do tipo logístico de três parâmetros conforme a equação 1 (STREIBIG et al., 1988), uma vez que, diferentemente do modelo de quatro parâmetros, houve ajuste para todas as avaliações.

Equação 1:

$$y = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c\right]}, \text{ onde:}$$

y = porcentagem de controle, redução de massa seca ou parte aérea; x = dose do herbicida; e a , b e c = parâmetros da curva, de modo que a é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, b é a dose que proporciona 50% de resposta da variável (GR50), e c é a declividade da curva.

A partir da Equação 1 extraiu-se a GR_{50} , e, de posse desses valores foi determinado o fator de resistência (FR) de cada biótipo testado em relação ao biótipo sensível. O fator de resistência ($FR = R/S$) expressa o número de vezes em que a dose necessária para controlar 50% da população resistente é superior a dose que controla 50% da população sensível. Para catalogação no International Survey of Herbicide-Resistant Weeds considera-se somente plantas daninhas que apresentem F maior que 10 (HEAP, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística referente ao experimento de curva dose resposta realizado em vasos evidenciou efeito significativo tanto de biótipo como de dose de glifosato, bem como interação significativa dos dois fatores para a redução da matéria seca (Apêndice 9).

Notou-se que, embora não tenha ocorrido diferença de controle entre os biótipos oriundos do fluxo gênico e o biótipo sensível, quando se avalia a redução da matéria seca, e através dos parâmetros extraídos da equação de regressão (Figura 2), por intermédio da GR 50 e posteriormente do FR (Tabela 1), observou-se que o menor fator de resistência obtido dos biótipos oriundos do fluxo gênico supera em 14 mil vezes o biótipo sensível.

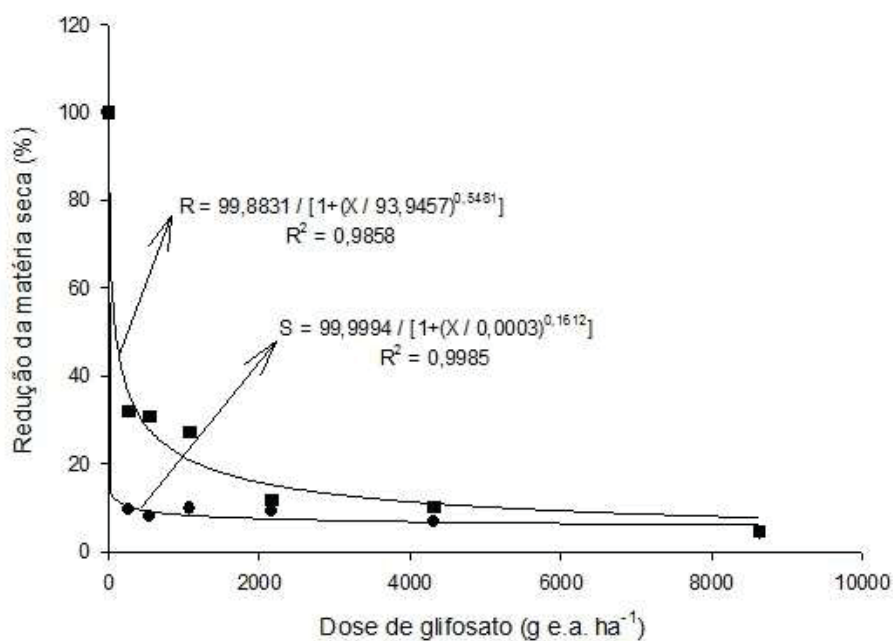


Figura 2 - Redução de matéria seca da parte aérea de biótipos de azevém sensíveis (—●—) e resistentes (—■—) ao herbicida glifosato, em experimento realizado em vasos. S = redução de matéria seca em biótipo sensível e, R = redução de matéria seca em biótipo resistente.

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros das curvas de regressão, bem como os valores da GR 50 e FR, obtidos em cada biótipo utilizado no experimento de dose resposta em vasos.

Observa-se que, com apenas 0,0003 g e.a. ha⁻¹ de herbicida glifosato é possível reduzir 50% da matéria seca do biótipo sensível, ao passo que o biótipo resistente necessita de 93,9457 g e.a. ha⁻¹ (Tabela 1).

Da mesma forma, embora com valores inferiores aos obtidos no biótipo resistente, as plantas oriundas de sementes coletadas dos biótipos em todas as distâncias avaliadas evidenciaram fator de resistência muito elevado. Os valores obtidos evidenciam a necessidade de doses que variaram de 14.756 a 48.953 vezes superior a dose necessária para reduzir 50% a matéria seca do biótipo sensível.

Tabela 1 - Parâmetros das curvas de regressão do experimento de dose-resposta em vasos, quanto a redução da matéria seca da parte aérea

| Biótipos ¹ | Parâmetros | | | | |
|-----------------------|------------|--------|---------|-----------|----------------|
| | a | c | GR50 | FR | R ² |
| Sensível | 99,9994 | 0,1612 | 0,0003 | --- | 0,9985 |
| Resistente | 99,8831 | 0,5481 | 93,9457 | 313.152,3 | 0,9858 |
| 0-1 metros | 102,7607 | 1,2546 | 14,6860 | 48.953,3 | 0,9136 |
| 1-2 metros | 100,0938 | 0,6557 | 4,4268 | 14.756,0 | 0,9619 |
| 2-3 metros | 100,8089 | 0,8389 | 6,9245 | 23.081,7 | 0,9577 |
| 3-4 metros | 103,4812 | 1,1356 | 10,1155 | 33.718,3 | 0,9165 |
| 4-5 metros | 102,9537 | 0,9999 | 10,3564 | 34.521,3 | 0,9272 |
| 5-6 metros | 97,1935 | 3,2244 | 12,5978 | 41.992,7 | 0,9750 |
| 6-7 metros | 95,3534 | 4,6109 | 13,7716 | 45.905,3 | 0,9792 |
| 7-8 metros | 99,4813 | 1,4796 | 9,5688 | 31.896,0 | 0,9738 |
| 8-9 metros | 100,4313 | 1,9491 | 8,1475 | 27.158,3 | 0,9902 |
| 9-10 metros | 100,0868 | 1,0484 | 5,5501 | 18.500,3 | 0,9940 |
| 10-12 metros | 100,3365 | 1,2541 | 8,7232 | 29.077,3 | 0,9907 |
| 12-14 metros | 101,0283 | 1,8174 | 10,4490 | 34.830,0 | 0,9875 |
| 14-16 metros | 100,5093 | 2,2903 | 10,9343 | 36.447,7 | 0,9849 |
| 16-18 metros | 100,7446 | 1,0045 | 6,7906 | 22.635,3 | 0,9654 |
| 18-20 metros | 100,2453 | 0,9208 | 7,9139 | 26.379,7 | 0,9566 |
| 20-22 metros | 100,2912 | 0,8463 | 5,8328 | 19.442,7 | 0,9631 |
| 22-24 metros | 100,7222 | 1,0610 | 11,8544 | 39.514,7 | 0,9958 |
| 24-26 metros | 99,8832 | 1,2107 | 11,2832 | 37.610,7 | 0,9931 |
| 26-28 metros | 100,9002 | 0,9970 | 11,5708 | 38.569,3 | 0,9639 |
| 28-30 metros | 99,3464 | 0,6993 | 6,0227 | 20.075,7 | 0,9648 |

¹ Biótipos oriundos das sementes coletadas em diferentes distâncias do fornecedor de pólen, no experimento de fluxo gênico, além do biótipo sensível e resistente.

A ampla diferença encontrada no que se refere ao fator de resistência dos biótipos, possivelmente seja explicado pela forma de condução do experimento. A opção por manter as plantas nos vasos por 35 dias após a aplicação do herbicida, antes da coleta para a matéria seca, no intuito de possibilitar o rebrote das plantas resistentes, fez com que as plantas sensíveis perdessem grande parte de sua parte aérea, seja por fragmentação ou apodrecimento, o que, seguramente afetou o resultado final.

A análise estatística do experimento realizado em gerbox evidenciou efeito simples de biótipo e dose herbicida, bem como a interação entre eles quanto ao comprimento da parte aérea (Apêndice 10).

Quando se avalia a redução da parte aérea das plântulas de azevém expostas ao teste com papel de germinação umedecido com água e glifosato (Figura 3), notou-se que o biótipo resistente é estatisticamente superior aos demais, no entanto, não a ponto de ocorrer um fator de resistência superior a 10 (Tabela 2), que segundo Heap (2005) é a referência para catalogação de biótipos resistentes.

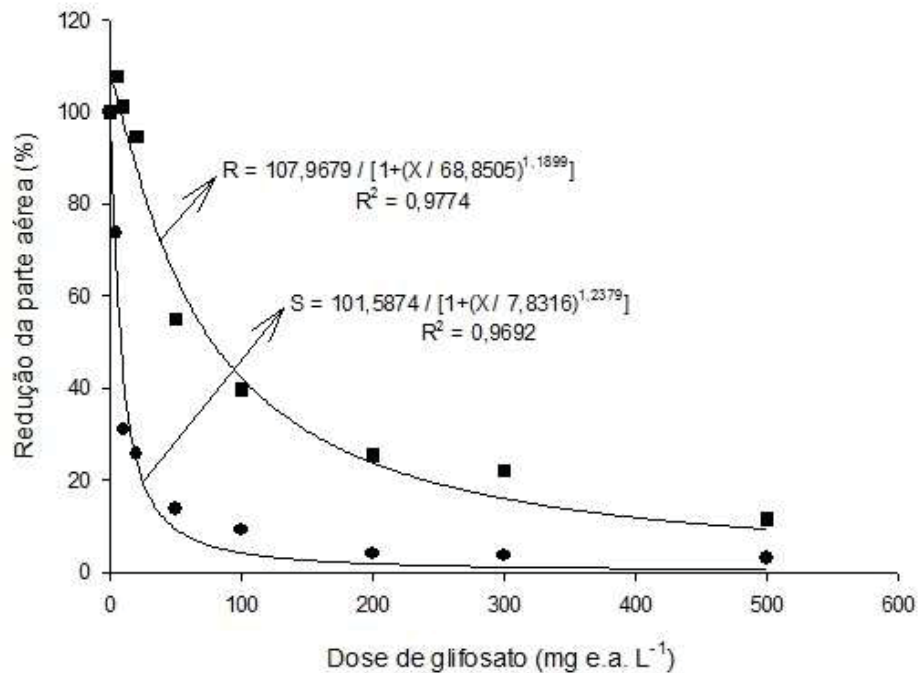


Figura 3 - Redução do comprimento da parte aérea de biótipos de azevém sensíveis (—●—) e resistentes (—■—) ao herbicida glifosato, em experimento realizado em gerbox. S = redução de matéria seca em biótipo sensível e, R = redução de matéria seca em biótipo resistente.

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros da curva de regressão, bem como os valores da GR 50 e FR, obtidos no experimento de dose resposta em gerbox.

Observa-se na Tabela 2 que, a redução de 50% do comprimento da parte aérea das plantas de azevém sensíveis ocorreu com 7,83 mg e.a L⁻¹ de herbicida glifosato, enquanto que essa mesma redução de parte aérea no biótipo resistente somente foi possível com a

dose de 68,85 mg e.a L⁻¹, o que representou um fator de resistência de 8,79.

Tabela 2 - Parâmetros das curvas de regressão do experimento de dose-resposta em gerbox, quanto a redução do comprimento da parte aérea

| Biótipos ¹ | Parâmetros | | | | |
|-----------------------|------------|--------|---------|------|----------------|
| | a | c | GR50 | FR | R ² |
| Sensível | 101,5874 | 1,2379 | 7,8316 | --- | 0,9692 |
| Resistente | 107,9679 | 1,189 | 68,8505 | 8,79 | 0,9774 |
| 0-1 metros | 102,7614 | 1,2546 | 14,6858 | 1,90 | 0,9136 |
| 1-2 metros | 100,5082 | 0,6546 | 4,3744 | 0,56 | 0,9619 |
| 2-3 metros | 100,8710 | 0,8384 | 6,9132 | 0,88 | 0,9577 |
| 3-4 metros | 105,3497 | 1,4101 | 9,5069 | 1,21 | 0,8641 |
| 4-5 metros | 102,9645 | 0,9997 | 10,3538 | 1,32 | 0,9272 |
| 5-6 metros | 97,1935 | 3,2244 | 12,5978 | 1,61 | 0,9750 |
| 6-7 metros | 95,3534 | 4,6109 | 13,7716 | 1,76 | 0,9792 |
| 7-8 metros | 99,4814 | 1,4796 | 9,5688 | 1,22 | 0,9738 |
| 8-9 metros | 100,4313 | 1,9491 | 8,1475 | 1,04 | 0,9902 |
| 9-10 metros | 100,0987 | 1,0483 | 5,5489 | 0,71 | 0,9940 |
| 10-12 metros | 100,3376 | 1,2541 | 8,7230 | 1,11 | 0,9907 |
| 12-14 metros | 101,0283 | 1,8174 | 10,4490 | 1,33 | 0,9875 |
| 14-16 metros | 100,5093 | 2,2903 | 10,9343 | 1,40 | 0,9849 |
| 16-18 metros | 100,7592 | 1,0044 | 6,7883 | 0,87 | 0,9654 |
| 18-20 metros | 100,2712 | 0,9206 | 7,9092 | 1,01 | 0,9566 |
| 20-22 metros | 100,3570 | 0,8460 | 5,8236 | 0,74 | 0,9631 |
| 22-24 metros | 100,7271 | 1,0610 | 11,8531 | 1,51 | 0,9979 |
| 24-26 metros | 99,8844 | 1,2106 | 11,2830 | 1,44 | 0,9931 |
| 26-28 metros | 100,9095 | 0,9969 | 11,5683 | 1,47 | 0,9639 |
| 28-30 metros | 99,5682 | 0,6990 | 5,9886 | 0,76 | 0,9648 |

¹ Biótipos oriundos das sementes coletadas em diferentes distâncias do fornecedor de pólen, no experimento de fluxo gênico, além do biótipo sensível e resistente.

Todos os demais biótipos, oriundos de coletas em diferentes distâncias, evidenciaram fator de resistência baixo, de modo que o maior deles foi apenas 1,9 para o biótipo oriundo da distância de 0-1 metro, e o

menor foi inclusive inferior ao biótipo sensível, quando o biótipo oriundo da distância 1-2 metros obteve apenas 0,56 (Tabela 2).

A análise estatística do experimento de germinação *in vitro*, realizado em tubos de ensaio evidenciou somente efeito simples de biótipo e dose herbicida, não havendo, portanto, interação entre os fatores (Apêndice 11).

A avaliação da redução da parte aérea de plântulas de azevém germinadas *in vitro* na presença de diferentes doses de glifosato (Figura 4) evidenciou diferença significativa entre os biótipos padrões, resistente e sensível, porém, ambos não se diferenciaram dos biótipos oriundos do experimento de fluxo gênico.

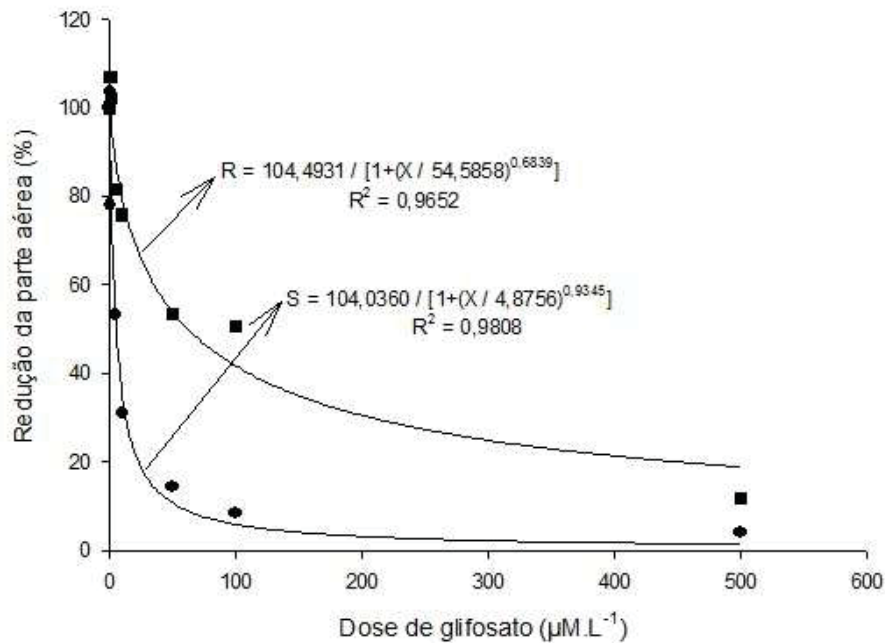


Figura 4 - Redução do comprimento da parte aérea de biótipos de azevém sensíveis (—●—) e resistentes (—■—) ao herbicida glifosato, em experimento realizado em tubos de ensaio. S = redução de matéria seca em biótipo sensível e, R = redução de matéria seca em biótipo resistente.

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros da curva de regressão, bem como os valores da GR 50 e FR obtidos no experimento de dose resposta em germinação *in vitro*. Observa-se que, a redução de 50% da parte aérea das plantas de azevém sensíveis ocorreu com 4,87 µM e a glifosato L⁻¹ de meio, enquanto que a mesma redução de parte aérea no biótipo resistente somente foi possível com a dose de 54,58 µM e a L⁻¹, o que representou um fator de resistência de 11,19 (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros das curvas de regressão do experimento de dose-resposta em tubos de ensaio, quanto a redução do comprimento da parte aérea

| Biótipos ¹ | Parâmetros | | | | |
|-----------------------|------------|--------|---------|-------|----------------|
| | a | C | GR50 | FR | R ² |
| Sensível | 104,0360 | 0,9345 | 4,8756 | --- | 0,9808 |
| Resistente | 104,4931 | 0,6839 | 54,5858 | 11,19 | 0,9652 |
| 0-1 metros | 94,6771 | 0,7608 | 8,4503 | 1,73 | 0,9584 |
| 1-2 metros | 93,3146 | 1,1727 | 16,8581 | 3,46 | 0,9892 |
| 2-3 metros | 94,3463 | 0,9837 | 11,5956 | 2,38 | 0,9646 |
| 3-4 metros | 101,0688 | 1,5327 | 14,4210 | 2,96 | 0,9518 |
| 4-5 metros | 98,2162 | 0,7205 | 7,8443 | 1,61 | 0,9925 |
| 5-6 metros | 90,1405 | 0,9257 | 12,4721 | 2,56 | 0,9682 |
| 6-7 metros | 98,5197 | 0,7503 | 5,8538 | 1,20 | 0,9575 |
| 7-8 metros | 94,5134 | 0,6698 | 6,9651 | 1,43 | 0,9554 |
| 8-9 metros | 98,0623 | 0,5759 | 4,1949 | 0,86 | 0,9618 |
| 9-10 metros | 99,6671 | 0,6740 | 4,5968 | 0,94 | 0,9507 |
| 10-12 metros | 97,4860 | 1,4128 | 12,7098 | 2,61 | 0,9943 |
| 12-14 metros | 103,2888 | 0,9268 | 6,0278 | 1,24 | 0,9342 |
| 14-16 metros | 97,7557 | 1,6595 | 17,6315 | 3,62 | 0,9917 |

¹ Biótipos oriundos das sementes coletadas em diferentes distâncias do fornecedor de pólen, no experimento de fluxo gênico, além do biótipo sensível e resistente.

Os biótipos provenientes das sementes coletadas no experimento de fluxo gênico, da mesma forma que para o experimento em gerbox, apresentaram fatores de resistência baixos, sendo que o maior fator de resistência, para o biótipo oriundo da coleta a 14-16 metros, foi apenas 3,62.

Esse teste, diferentemente do realizado em gerbox, evidencia que o biótipo tido como resistente, apresentou fator de resistência superior a 10, sendo, portanto, possível caracterizá-lo como resistente, se observado o pressuposto por Heap (2005). Contudo, nenhum dos

biótipos oriundos das coletas do experimento de fluxo gênico apresentou valor de FR que pudesse classificá-lo como resistente.

Os resultados do presente trabalho não podem confirmar se houve ou não houve fluxo gênico entre os biótipos testados, uma vez que, enquanto o experimento de dose resposta em vasos mostrou fatores de resistência elevados, esses mesmos biótipos, quando avaliados em gerbox e tubos de ensaio apresentaram fatores de resistência baixos, sendo que, mesmo que em alguns casos a GR50 das plantas oriundas dos cruzamentos tenha sido superior a testemunha sensível, o fator de resistência raras vezes chegou a 2.

Dessa forma, pela notória diferença existente entre os fatores de resistência encontrados para um mesmo biótipo, quando avaliado por diferentes testes realizados, especialmente quando se compara o teste em vasos com os testes realizados em laboratório, evidencia-se que pode ter ocorrido algum erro experimental.

Ribeiro (2008), trabalhando com *Lolium multiflorum*, sugeriu que os testes em laboratório de dose resposta a partir de germinação em placa de Petri com papel umedecido com diferentes doses de herbicida oferecem dados que identificam efetivamente os biótipos sensíveis e resistentes ao glifosato, de forma semelhante aos testes em vasos.

Observou-se no ano de condução do experimento em campo (2011), e comprovado em casa-de-vegetação no ano seguinte (2012), em avaliações visuais, que o ciclo vegetativo do biótipo sensível foi superior

ao biótipo resistente, de modo que, mesmo tendo implantado o biótipo resistente em várias épocas, provavelmente não houve cruzamento entre as plantas.

A diferença no ciclo das plantas pode ter sido o aspecto principal para a não detecção do fluxo gênico entre as plantas, uma vez que, BUSI et al. (2008), trabalhando com *Lolium rigidum*, observaram fluxo de genes entre populações resistentes ao herbicida sulfometuron, inibidor da síntese de ALS, para populações sensíveis a esse herbicida a uma distância de 3000 metros.

Brunes et al. (2007) observaram fluxo gênico entre arroz vermelho e arroz cultivado a distância de 10 metros, o que, segundo os autores ajuda a explicar o elevado poder de contaminação dessa planta daninha em áreas de cultivo de arroz.

Por outro lado, Hidayat et al. (2006) observaram que o fluxo gênico entre biótipos de *Hordeum leporinum* resistente e sensível ao herbicida paraquat ocorreu em frequências inferiores a 0,16%. Villa et al. (2006), por sua vez, trabalhando com arroz cultivado e arroz vermelho resistente a imidazolinonas, observaram cruzamento natural em taxa de 0,065%.

A maior parte do pólen de espécies Poaceae permanece viável por menos de 3 horas (FEI & NELSON 2003). Em *Agrostis stolonifera* L. apenas 1% do pólen permanece viável após 2 horas de emissão (BUSI et al., 2008). Rognli et al. (2000), trabalhando com *Festuca pratensis*, afirmam que o sucesso da polinização cruzada a

longas distâncias é considerado improvável devido à rápida perda da viabilidade do pólen.

Assim sendo, a possível explicação para que não tenha sido detectado o fluxo gênico, como aquele observado por Busi et al. (2008), deve ao fato do pólen emitido pelas plantas do biótipo resistente não ter se mantido viável até que as plantas do biótipo sensível atingissem o estágio de antese.

Ainda, observou-se que a metodologia utilizada neste experimento para a detecção do fluxo gênico, levando-se em consideração a média de uma amostra de sementes, ou seja, uma população impediu a detecção individualizada, ou seja, a frequência de ocorrência de fluxo gênico. Dessa forma, sugere-se que, para trabalhos futuros, a avaliação individualizada de cada planta que representa determinado biótipo, sendo então possível avaliar a frequência de fluxo gênico.

Por outro lado, se de fato não ocorreu fluxo gênico, trata-se de uma importante informação visando o manejo da resistência de azevém a herbicidas, uma vez que, de posse dessa ferramenta, o agricultor ou pecuarista pode semear sementes de azevém sensíveis aos herbicidas, com ciclo vegetativo maior, assim como maior produção de fitomassa, que, desconsiderando os benefícios quanto a produção de forragem, vai diminuir consideravelmente a produção de sementes com o gene de resistência a herbicidas, devido a assincronia no florescimento das plantas.

4 CONCLUSÕES

Observou-se que não foi possível evidenciar a ocorrência de fluxo gênico entre os biótipos avaliados, com a metodologia empregada neste estudo, o que, num primeiro momento pode ser devido a diferença no ciclo vegetativo entre os biótipos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os biótipos de azevém utilizados, bem como as condições metodológicas e ambientais em que os experimentos foram conduzidos, observou-se que a redução do banco de sementes de azevém é fortemente afetada pelo manejo, seja químico ou cultural nas áreas agrícolas, haja vista que com três safras de verão e duas safras de inverno a redução do banco de sementes em alguns tratamentos quase alcançou 100%.

O azevém mostrou-se uma espécie com baixa dormência secundária em suas sementes, de modo que com apenas dois anos de enterrio praticamente não se encontraram mais sementes inteiras e viáveis. Ainda, a emergência do azevém é afetada pela profundidade de semeadura, bem como pela compactação do solo. Por outro lado, é indiferente a quantidade de palha de milho na cobertura de solo e aos níveis de incidência luminosa sobre a semente.

A época de aplicação de herbicidas afeta a produção de sementes em azevém, de modo que, dentre os estádios de desenvolvimento avaliados, aplicações anteriores ao estágio de antese completa impedem a produção de sementes viáveis.

Não foi identificado fluxo gênico entre os biótipos sensíveis e resistentes avaliados no experimento, o que, segundo observações visuais, pode ser devido a diferença no ciclo vegetativo entre os biótipos avaliados.

Dessa forma, cabem novos estudos visando a avaliação do potencial de transferência do gene de resistência ao herbicida glifosato entre biótipos resistentes e sensíveis a esse herbicida, levando-se em consideração a avaliação individualizada dos indivíduos oriundos das sementes originadas do experimento de fluxo gênico.

REFERÊNCIAS

ARALDI, R.; VELINI, E. D.; GOMES, G. L. G. C.; CARBONARI, C. A.; ALVES, E.; TRINDADE, M. L. B. Variação do tamanho de sementes de plantas daninhas e sua Influência nos padrões de emergência das plântulas. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 117-126, 2013.

AVILA, L. A. (a); MARCHEZAN, E.; MACHADO, S. L. O.; DA SILVA, R. Evolução do banco de sementes e controle do arroz-vermelho em diferentes sistemas de manejo do solo de várzea. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 217-230, 2000.

AVILA, L. A. (b); ANDRES, A.; MARCHEZAN, E.; MENEZES, V.G. Banco de sementes de arroz vermelho em sistemas de semeadura de arroz irrigado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.5, p.773-777, 2000.

AZANIA, A. A. P. M.; AZANIA, C. A. M.; GRAVENA, R.; PAVANI, M. C. M. D.; PITELLI, R. A. Interferência da palha da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 207-212, 2002.

BALBINOT Jr., A. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D.; RIZZARDI, M. A. Predação de sementes de plantas daninhas em áreas cultivadas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.32, n.4, p.707-714, 2002.

BALL, D. A. Weed seedbank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence. *Weed Science*, Champaign, v.40, n.4, p.654-659, 1992.

BARRALIS, G.; CHADOEUF, R.; GOUET, J-P. Essai de détermination de la taille de l'échantillon pour l'étude du potentiel semencier dun sol. *Weed Research*, Oxford, v. 26, n. 2, p. 291-297, 1986.

BARRALIS, G.; CHADOEUF, R.; LONCHAMP, J. P. Longevité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *Weed Research*, Oxford, v.28, n.6, p.407-417, 1988.

BARROSO, A. A. M.; ALVES, P. L. C. A.; YAMAUTI, M. S.; NEPOMUCENO, M. P. Comunidade infestante e sua interferência no feijoeiro implantado sob plantio direto, na safra de primavera. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 279-286, 2012.

BENECH-ARNOLD, R. L.; SANCHEZ R. A.; FORCELLA F.; KRUK, B. C.; GHERSA C. M. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, Cambridge, v.67, n.2, p. 105-122, 2000.

BEZERRA, S. A.; NETO, J. D.; AZEVEDO, C. A. V.; SILVA, M. B. R.; SILVA, M. M. Produção do gergelim cultivado sob condições de estresse hídrico e diferentes doses de adubação. *Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 156 -165, 2010.

BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C. *Morfologia e taxonomia de gramíneas sul-rio-grandenses*. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2008. 95p.

BORÉM, A. *Escape gênico e transgênicos*. Viçosa: UFV, 2001. 204p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. *Melhoramento de plantas*. 4 ed., Viçosa: UFV, 2005. 525p.

BRACCINI, A. L. Banco de sementes e mecanismos de dormência em sementes de plantas daninhas. In. OLIVEIRA Jr., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.) *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. Curitiba: Omnipax, 2011. Cap. 2, p. 37-66.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes* / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BRUNES, T. O.; RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, R. P. V.; NETO, F. M.; NEVES, P. C. F.; BRONDANI, C. Fluxo gênico entre arroz vermelho e arroz cultivado estimado por meio de marcadores microsatélites. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 86-92, 2007.

BUHLER, D. D.; MESTER, T. C. Effect of tillage systems on the emergence depth of Giant foxtail (*Setaria faberii*) and Green foxtail (*S. viridis*). *Weed Science*, Champaign, v.39, n.2, p.200-203, 1991.

BUHLER, D. D.; HARTZLER, R. G.; FORCELLA, F. Implications of weed seedbank dynamics to weed management. *Weed Science*, Champaign, v.45, n.3, p.329-336, 1997.

BURNSIDE, O.C. Rationale for developing herbicide-resistant crops. *Weed Technology*, Washington, v.6, n.3, p.621-625, 1992.

BURNSIDE, O.C.; MOOMAW, R.S.; ROETH, F.W.; WICKS, G.A.; WILSON, R.G. Weed seed demise in soil in weed-free corn (*Zea mays*) production across Nebraska. *Weed Science*, Champaign, v.34, n.2, p.248-251, 1986.

BUSI, R.; YU, Q.; BARRETT-LENNARD, R.; POWLES, S. Long distance pollen-mediated flow of herbicide resistance genes in *Lolium rigidum*. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlim, v. 117, n. 7, p. 1281–1290, 2008.

CALONEGO, J. C.; GOMES, T. C.; SANTOS, C. H., TIRITAN, C. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo compactado. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 289-296, 2011.

CARDINA, J.; REGNIER, E.; HARRISON, K. Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils. *Weed Science*, Champaign, v.39, p.186-194, 1991.

CARDINA, J.; SPARROW, D. H. A comparison of methods to predict weed seedling populations from the soil seedbank. *Weed Science*, Champaign, v. 44, n. 1, p. 46-51, 1996.

CARMONA, R. Problemática e manejo de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas. *Planta Daninha*, Viçosa, v.10, n.1/2, p.5-16, 1992.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. *Aplicações de Reguladores Vegetais na Agricultura Tropical*. Guaíba: Agropecuária, 2001. 131p.

CHÉVRE, A. M.; EBER, F.; BARANGER, A.; HUREAU, G.; BARRET, P.; PICAULT, H.; RENARD, M. Characterization of backcross generations obtained under field conditions from oilseed rape-wild radish F1 interspecific hybrids: an assessment of transgene dispersal. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlim, vol. 97, n. 1/2, p. 90-98, 1998.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. *Planta Daninha*, Viçosa, v.21, n.3, p.507-515, 2003.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no Mundo. In CHRISTOFFOLETI, P.J. (Org.) *Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas*, 3 ed., Piracicaba, SP, Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas - HRAC-BR, 2008, Cap.1, p. 9-34.

DEUBER, R. *Ciência das plantas infestantes – manejo*. Campinas: IAC, 1997. 285p.

DEXTER, A.R. Amelioration of soil by natural processes. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 20, p. 87-100, 1991.

EKELEME, F.; AKOBUNDU; I. O.; ISICHEI, A. O.; CHIKOYE, D. Cover crops reduce weed seedbanks in maize-cassava systems in Southwestern Nigeria. *Weed Science*, Champaign, v.51, n.5, p.774-780, 2003.

FEI, S.; NELSON, E. Estimation of pollen viability, shedding pattern, and longevity of creeping bentgrass on artificial media. *Crop Science*, Madison, v.43, n.6, p. 2177-2181, 2003.

FENNER, M. *Seed ecology*. New York: Chapman & Hall, 1985. 325 p.

FORCELLA, F. Seedling emergence model for velvetleaf. *Agronomy Journal*, Madison, v.85, n.2, p. 929-933, 1993.

GALLI, A. J. B.; MAROCHI, A. I.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; TOCHETTO, S. Ocorrência de *Lolium multiflorum* Lam. resistente a glyphosate no Brasil. In: SEMINARIO TALLER IBEROAMERICANO RESISTENCIA A HERBICIDAS Y CULTIVOS TRANSGÉNICOS, 2005, Colonia, Uruguay. INIA-FAO, 2005. Acessado em 27 jun. 2007. Online. Disponível em http://www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/webseminariomalezas/articulos/galliantonio.pdf.

GALVAN, J.; RIZZARDI, M. A.; SCHEFFER-BASSO, S. M. Aspectos morfofisiológicos de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) sensíveis e resistentes ao glyphosate. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 29, n. esp., p. 1107-1112, 2011.

GARCIA, G. O.; FERREIRA, P. A.; FILHO, S. M.; SANTOS, C. E. M. Qualidade nutricional e fisiológica de sementes de milho oriundas de plantas submetidas ao estresse salino. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 281-289, 2007.

GAVIRAGHI, F. *Crescimento e desenvolvimento de Chloris distichophylla Lag. em diferentes condições de ambiente*. 2011. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

GHERSA, C. M.; MARTÍNEZ-GHERSA, M. A.; BENECH-ARNOLD, R. L. Seed dormancy implications in grain and forage production. *Journal of Production Agriculture*, Madison, v.10, n. 1, p.111-117, 1997.

GOGGIN, D. E.; POWLES, E. B.; STEADMAN, K. J. Selection for low or high primary dormancy in *Lolium rigidum* Gaud seeds results in constitutive differences in stress protein expression and peroxidase activity. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 62, n. 3, p. 1037–1047, 2011.

HAMPTON, J.G. & HEBBLETHWAITE, P.D. The pre harvest use of glyphosate in the ryegrass seed crops. *Grass and Forage Science*, Nottingham, v.37, n.3, p.243-248, 1982.

HEAP, I. *Criteria for Confirmation of Herbicide-Resistant Weeds – INTERNATIONAL SURVEY OF HERBICIDE RESISTANT WEEDS*, 2005. Online. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/resgroups/Detect%20Resistance.pdf>>. Acesso em 21 mai. 2011.

HESS, M.; BARRALIS, G.; BLEIHOLDER, H.; BUHRS, L.; EGGERS, T. H.; HACK, H.; STAUSS, R. Use of the extended BBCH scale – general for the descriptions of the growth stages of mono and dicotyledonous weed species. *Weed Research*, Oxford, v.37, n. 6, p. 433-441, 1997.

HIDAYT, I.; BAKER, J.; PRESTON, C. Pollen-mediated gene flow between paraquat-resistant and susceptible hare barley (*Hordeum leporinum*). *Weed Science*, Champaign, v. 54, n. 4, p. 685–689, 2006.

JASIENIUK, M.; MAXWELL, B.D. Population genetics and the evolution of herbicide resistance in weeds. *Phytoprotection*, Edmonton, vol. 75, n. 4, p. 25-35, 1994.

JENSEN, P.K. Longevity of seeds of four annual grass and two dicotyledon weed species as related to placement in the soil and straw disposal technique. *Weed Research*, Oxford, v. 49, n.6, p. 592–601, 2009.

JENSEN, P.K. Longevity of seeds of *Poa pratensis* and *Lolium perenne* as affected by simulated soil tillage practices and its implications for contamination of herbage seed crops. *Grass and Forage Science*, Malden, v. 65, n. 1, p. 85–91, 2010.

JOSÉ-MARÍA, L. & SANS, F.X. Weed seedbanks in arable fields: effects of management practices and surrounding landscape. *Weed Research*, Oxford, v. 51, n. 6, p. 631-640, 2011.

KAUNDUN, S. S.; HUTCHINGS, S-J.; DALE, R. P.; BAILLY, G. C.; GLANFIELD, P. Syngenta ‘RISQ’ test: a novel in-season method for detecting resistance to post-emergence ACCase and ALS inhibitor herbicides in grass weeds. *Weed Research*, Oxford, v. 51, n. 3, p. 284–293, 2011.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. *Plantas infestantes e nocivas*. São Paulo, Basf Brasileira, 1992. v.2, 798p.

KISSMANN, K.G. *Resistência de plantas a herbicidas*. São Paulo: Basf Brasileira S.A.,1996.

KLEIN, V. A. *Física do solo*. Passo Fundo: EDIUPF, 2008. 212p.

KUVA, M. A.; PITELLI, R. A.; ALVES, P. L. C. A.; SALGADO, T. P.; PAVANI, M. C. D. M. Banco de sementes de plantas daninhas e sua correlação com a flora estabelecida no agroecossistema cana-crua. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 735-744, 2008.

LAMP, C.A., FORBES, S.J., CADE, J.W. *Grasses of temperate Australia - A field guide*. 1 ed. Melbourne: Jerram and Associates/Blooming Books. 2001. 310p.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. 3 ed. São Carlos: RiMa, 2006. 550p.

LOCKHART, J. A. R.; SAMUEL, A.; GREAVES, M. P. The evolution of weed control in British agriculture. In: HANCE, R.J.; HOLLY, K. (Ed.) *Weed control handbook: Principles*. Blackwell Scientific Publications, 8 ed., 1990, p.43-74.

LYBECKER, D. W.; SCHWEIZER E. E.; KING, R. P. Weed management decisions in corn based on bioeconomic modelling. *Weed Science*, Champaign, v.39, n.1, p.124-129, 1991.

MACHADO, V. M.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, I. M.; LARA, R. O.; CABRAL, C. M.; AMARAL, C. S. Avaliação do banco de sementes de uma área em processo de recuperação em cerrado campestre. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 303-312, 2013.

MAIA, F. C.; MAIA, M. S.; BEKKER, R. M.; BERTON, R. P.; CAETANO, L. S. *Lolium multiflorum* seeds in the soil: I. Soil seed bank dynamics in a no till system. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 29, n. 3, p.100-110, 2007.

MAIA, F. C.; MAIA, M. S.; BEKKER, R. M.; BERTON, R. P.; CAETANO, L. S. *Lolium multiflorum* seeds in the soil: II. Longevity under natural conditions. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 31, n. 2, p.123-128, 2009.

MALLORY-SMITH, C.; ZAPIOLA, M. Gene flow from glyphosate-resistant crops. *Pest Management Science*, Malden, v. 64 n. 4, p.428–440, 2008.

MARCOLIN, C. D. *Propriedades físicas de Nitossolo e Latossolos argilosos sob plantio direto*. 2006. 110 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

MARCHEZAN, E.; CORADINI, J. Z.; AVILA, L. A.; SEGABINAZZI, T. Eficiência da avaliação do banco de sementes na predição da infestação por arroz vermelho e rendimento de grãos do arroz irrigado após dois anos de rotação de cultura e pousio do solo. *Revista Brasileira de Agrosciência*, Pelotas, v.7 n.1, p. 15-17, 2001.

MARCHEZAN, E.; OLIVEIRA, A. P. B. B.; AVILA, L. A.; BUNDT, A. L. P.; MARCHEZAN, E. Dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho afetado pelo pisoteio bovino e tempo de pousio da área. *Planta Daninha*, Viçosa, v.21, n.1, p.55-62, 2003.

MARIANI, F.; VARGAS, L.; FRAGA, D. S.; AGOSTINETTO, D.; LANGARO, A. C.; PIESANTI, S. Curvas de dose resposta de biótipos de *Lolium multiflorum* Lam. resistente e suscetível ao herbicida iodossulfurom-metilico. In XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2012, Campo Grande. Disponível em: <http://www.congressosbcpd.com.br/sistema-inscricoes/documentos_cientificos/pdf/77_XXVIIIICBCPD.pdf>

MARTINS, D.; VELINI, E. D.; MARTINS, C. C.; SOUZA, L. S. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 17, n. 1, p. 151-161, 1999.

MARTINS, P. S. Estrutura populacional, fluxo gênico e conservação "in situ". *Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais*, Piracicaba, n.35, p.71-78, 1987.

MASSONI, P. F. S.; MARCHESAN, E.; GROHS, M.; ROSO, R.; COELHO, L. L.; MACHADO, S. L. O.; TELÓ, G. M.; DAL'COL LÚCIO, A. Influência de manejos pós-colheita do arroz irrigado sobre o banco de sementes de arroz-vermelho. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 89-98, 2013.

McCRAW, J. M.; SPOOR, W. Self-incompatibility in *Lolium* species - 1. *Lolium rigidum* Gaud. and *Lolium multiflorum* Lam. *Heredity*, Cardiff, vol. 50, n.1, p. 21-27, 1983.

MONDO, V. H. V.; CARVALHO, S. J. P.; DIAS, A. C. R.; FILHO, J. M. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 32, n. 1, p.131-137, 2010.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas a herbicidas como fator de seleção. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 2, p. 203-209, 2005.

MONQUERO, P. A.; SILVA, P. V.; HIRATA, A. C. S.; MARTINS, F. R. A. Monitoramento do banco de sementes de plantas daninhas em áreas com cana-de-açúcar colhida mecanicamente. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 107-119, 2011.

NUNES, R. C.; BUSTAMANTE, F. O.; TECHIO, V. H.; MITTELMANN, A. Morphology and pollen viability of *Lolium multiflorum* Lam. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 36, n. 2, p. 180-188, 2012.

OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C., OLIVEIRA, A. C., CRUZ, J. C. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 1, p. 37-41, 2001.

OMAMI, E. N.; HAIGH, A. M.; MEDD, R. W.; NICOL, H. I. Changes in germinability, dormancy and viability of *Amaranthus retroflexus* as affected by depth and duration of burial. *Weed Research*, Oxford, v. 39, p. 345-354, 1999.

PAES, J. M. V.; REZENDE, A. M. Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. *Informativo Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 37-42, 2001.

PAREJA, M. R.; STANFORTH, D. W. Soil-seed microsite characteristics in relation to seed germination. *Weed Science*, Champaign, v. 33, n.2, p. 190-230, 1985.

PEREZ-JONES, A. *Glyphosate-Resistance in Italian Ryegrass (Lolium multiflorum): Evaluation and Investigation of the Mechanisms of Resistance*. 2007. 89 p. Tese (Doutorado) – Oregon State University, Oregon, 2007.

PIANA, Z.; CRISPIM, J. E.; ZANINI NETO, J. A. Superação da dormência de sementes de azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.8, n.1, p.67-71, 1986.

PRESTON, C.; TARDIF, F. J.; CHRISTOPHER, J. T.; POWLES, S. B. Multiple resistance to dissimilar herbicide chemistries in a biotype of *Lolium rigidum* due to enhanced activity of several herbicide degrading enzymes. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Philadelphia v. 54, n. 2, p. 123–134, 1996.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; NOGUEIRA, S. S. S.; MIRANDA, M. A. C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.5, p. 929-938, 2000.

RADOSEVICH, S. R.; STUBBS, M. M.; GHERSA, C. M. Plant Invasions – Process and Patterns. *Weed Science*, Lawrence, v.51, n. 2, p.254-259, 2003.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S. & GHERSA, C. M. *Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2007. 454p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906p.

RENTON, M.; DIGGLE, A.; MANALIL, S.; POWLES, S. Does cutting herbicide rates threaten the sustainability of weed management in cropping systems? *Journal of Theoretical Biology*, Amsterdam, v. 283, n. 1, p. 14–27, 2011.

RIBEIRO, D. N. *Caracterização da resistência ao herbicida glyphosate em biótipos da planta daninha *Lolium multiflorum* (Lam.)*. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

RIZZARDI, M. A.; SILVA, L. F. Influência das coberturas vegetais antecessoras de aveia-preta e nabo forrageiro na época de controle de plantas daninhas em milho. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 669-675, 2006.

ROGNLI, O. A.; NILSSON, N. O. NURMINIEMI, M. Effects of distance and pollen competition on gene flow in the wind-pollinated grass *Festuca pratensis* Huds. *Heredity*, Cardiff, v.85, n. 6, p. 550–560, 2000.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; MATTEI, R. W. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. *Planta Daninha*, Viçosa, v.22, n.2, p.301-306, 2004.

SANTOS, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, São Luis, v. 1, n. 1, p. 9-19, 2007.

SANTOS, H. P. et al. *Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 142 p.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 223-228, 2001.

SIMARMATA, M.; PENNER, D. The Basis for Glyphosate Resistance in Rigid Ryegrass (*Lolium rigidum*) from California. *Weed Science*, Champaign, v. 56, n. 2, p. 181-188, 2008.

SKORA NETO, F. Efeito da prevenção de produção de sementes pelas plantas daninhas e da aplicação de herbicida em jato dirigido na densidade de infestação na cultura do milho em anos sucessivos. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 1-10, 2001.

SODRÉ FILHO, J.; CARMONA, R.; CARDOSO, A. N.; CARVALHO, A. M. Culturas de sucessão ao milho na dinâmica populacional de plantas daninhas. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.9, n.1, p.7-14, 2008.

SOUZA, M. M.; PEREIRA, T. N. S.; MARTINS, E. R. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera, e viabilidade polínica em maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.26, n.6, p.1209-1217, 2002.

STRECK, E. V.; KAMPF, N. DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. *Solos do Rio Grande do Sul*. 2^a Ed. Porto Alegre, EMATER, RS, 2008. 222p.

STREIBIG, J.C. Herbicide bioassay. *Weed Research*, Oxford, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

TAKETOMI, E. A.; SOPOLETE, M. C.; MOREIRA, P. F. S.; VIEIRA, F. A. M. Doença alérgica polínica: polens alergógenos e seus principais alérgenos. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, São Paulo, v.72, n.4, p. 562-567, 2006.

TEASDALE, J.R.; BESTE, C.E.; POTTS, W.E. Response of weeds to tillage and cover crop residue. *Weed Science*, Champaign, v.39, n.2, p.195-199, 1991.

THEISEN, G.; VIDAL, R A. Efeito da cobertura do solo com resíduos de aveia preta nas etapas do ciclo de vida do capim marmelada. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 17, n.2, p. 189-196, 1999.

THOMPSON, K.; GRIME, J.P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, Londres, v.67, n.3, p.893-921, 1979.

VARGAS, C. R. C. J.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, F. I. F.; ZIMMER, P. D.; KOPP, M. M.; FREITAS, F. A.; BERNARDIS, E. C. Dissimilaridade genética entre populações de azevém anual do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrociências*, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 133-138, 2006.

VARGAS, L.; SILVA, A. A.; BORÉM, A.; REZENDE, S. T.; FERREIRA, F. A.; SEDIYAMA, T. *Resistência de plantas daninhas a herbicidas*. Viçosa: JARD Produções Gráficas Ltda., 1999. 131 p.

VARGAS, L.; MORAES, R. M. A.; BERTO, C. M.; Herança da resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao glyphosate. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 567-571, 2007.

VIDAL, R. A.; KALSING, A.; GOULART, I. C. G. R.; LAMEGO, F. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Impacto da temperatura, irradiância e profundidade das sementes na emergência e germinação de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* resistentes ao glyphosate. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 309-315, 2007.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. *Botânica – organografia; quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos*. 4 ed. Viçosa: UFV, 2003. 124p.

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*, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 761-768, 2006.

VISMARA, L. S.; OLIVEIRA, V. A.; KARAM, D. Revisão de modelos matemáticos da dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas em agrossistemas. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 1-11, 2007.

VIVIAN, R.; SILVA, A. A.; GIMENES Jr., M.; FAGAN, E. B.; RUIZ, S. T.; LABONIA, V. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 695-706, 2008.

VOLL, E.; TORRES, E.; BRIGHENTI, A. M.; GAZZIERO, D. L. P. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo de solo. *Planta Daninha*, Viçosa, v.19, n.2, p.171-178, 2001.

VOLL, E.; ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. C. N. Amostragem do banco de sementes e flora emergente de plantas daninhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.2, p.211-218, 2003.

WIESNER, L.E.; GRABE, D.F. Effect of temperature preconditioning and cultivars on ryegrass (*Lolium* sp.) seed dormancy. *Crop Science*, Madison, v.12, n.6, p.760-764, 1972.

WARREN, J. M.; RAYBOULD, A. F.; BALL, T.; GRAY, A. J.; HAYWARD, M. D. Genetic structure in the perennial grasses *Lolium perenne* and *Agrostis curtisii*. *Heredity*, Cardiff, v. 81, n. 5, p.556-562, 1998.

WILKERSON, G. G.; MODENA, S. A.; COBLE, H. D. Herb: decision model for post emergence weed control in soybean. *Agronomy Journal*, Madison, v.83, n.2, p.413-417, 1991.

YENISH, J. P.; DOLL, J. D.; BUHLER, D. D. Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil. *Weed Science*, Champaign, v. 40, n. 3, p. 429-433, 1992.

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

ZANETTINI, M.H.B. Sistemas de incompatibilidade. In FREITAS, L.B. & BERED, F. (Org.) *Genética & Evolução Vegetal*. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2003, Cap. 4 p. 57-62.

ZHANG, J.; HAMILL, A. S.; GARDINER, I. O.; WEAVER, S. E. Dependence of weed flora on the active soil seedbank. *Weed Research*, Oxford, v. 38, n. 1, p. 143-152, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Resumo da análise de variância (quadrado médio) referente ao capítulo 1, primeiro ano de condução do experimento de banco de sementes, na profundidade de 0-5 cm. Tratamentos: época de coleta do solo (E) e manejo químico (Q). Avaliações: sementes coletadas no solo (CS), percentual de sementes germinadas (SG), percentual de sementes viáveis em teste de tetrazólio (VT) e sementes vivas por metro quadrado (SV)

| CAUSAS DE VARIACÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | | |
|---------------------|----|------------------|--------|--------|--------|
| | | CS | SG | VT | SV |
| Bloco (B) | 3 | 1386,0* | 0,2 ns | 0,3 ns | 0,3 ns |
| Época de coleta (E) | 2 | 8597,1** | 12,4* | 3,4* | 12,0* |
| Erro 1 | 6 | 252,2 | 2,2 | 0,4 | 1,3 |
| Manejo químico (Q) | 1 | 23224,7** | 4,4 ns | 0,1 ns | 2,0 ns |
| E x M | 2 | 6312,5* | 8,2 * | 0,2 ns | 4,8* |
| Erro 2 | 9 | 887,2 | 1,0 | 0,4 | 0,8 |
| Total | 23 | | | | |
| C.V. 1 (%) | | 19,1 | 29,7 | 15,2 | 16,9 |
| C.V. 2 (%) | | 35,8 | 20,1 | 14,5 | 13,2 |

* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 2 - Resumo da análise de variância (quadrado médio) referente ao capítulo 1, segundo e terceiro anos de condução do experimento de banco de sementes, na profundidade de 0-5 cm. Tratamentos: época de coleta do solo (E) e manejo de solo (M) e sequência de culturas (C). Avaliações: sementes coletadas no solo (CS), percentual de sementes germinadas (SG), percentual de sementes viáveis em teste de tetrazólio (VT) e sementes vivas por metro quadrado (SV)

| CAUSAS DE VARIÇÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | | |
|---------------------------|-----|------------------|----------|----------|----------|
| | | CS | SG | VT | SV |
| Bloco (B) | 3 | 176,1 ns | 5,4 ns | 6,5 ns | 22,5 ns |
| Época de coleta (E) | 4 | 1419,4 ** | 113,3 ** | 60,9 * | 75,2 ** |
| Erro 1 | 12 | 127,7 | 3,7 | 16,5 | 11,7 |
| Manejo de solo (M) | 1 | 10,7 ns | 8,5 ns | 27,0 ns | 8,9 ns |
| E x M | 4 | 69,7 ns | 2,7 ns | 13,3 ns | 17,5 ns |
| Erro 2 | 15 | 98,4 | 2,6 | 14,3 | 14,7 |
| Sequência de culturas (C) | 3 | 8446,5 ** | 27,4 ** | 186,2 ** | 233,3 ** |
| E x C | 12 | 1080,4 ** | 10,1 ** | 12,3 ns | 11,1 ns |
| M x C | 3 | 56,7 ns | 0,8 ns | 11,5 ns | 6,7 ns |
| E x M x C | 12 | 54,9 ns | 2,6 ns | 18,5 ns | 21,5 ns |
| Erro 3 | 90 | 61,2 | 2,0 | 10,3 | 10,8 |
| Total | 159 | | | | |
| C.V. 1 (%) | | 64,2 | 170,9 | 89,3 | 66,5 |
| C.V. 2 (%) | | 56,3 | 141,6 | 83,3 | 74,3 |
| C.V. 3 (%) | | 44,4 | 133,9 | 70,6 | 63,9 |

* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 3 - Resumo da análise de variância (quadrado médio) referente ao capítulo 1, quanto a emergência de plantas de azevém no ano de 2011. Tratamentos: época de contagem das plantas (E) e manejo de solo (M) e sequência de culturas (C). Avaliações: plantas de azevém emergidas (EA)

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | EA | QUADRADOS MÉDIOS |
|---------------------------|----|---------|------------------|
| Bloco (B) | 3 | 29,1* | |
| Época de coleta (E) | 1 | 119,8** | |
| Ero 1 | 3 | 2,0 | |
| Manejo de solo (M) | 1 | 2,1 ns | |
| E x M | 1 | 0,1 ns | |
| Ero 2 | 6 | 8,2 | |
| Sequência de culturas (C) | 3 | 31,8** | |
| E x C | 3 | 25,0** | |
| M x C | 3 | 2,2 ns | |
| E x M x C | 3 | 3,3 ns | |
| Ero 3 | 36 | 2,2 | |
| Total | 63 | | |
| C.V.: 1 (%) | | 17,2 | |
| C.V.: 2 (%) | | 35,0 | |
| C.V.: 3 (%) | | 18,4 | |

* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 4 - Resumo da análise de variância (quadrado médio) referente ao capítulo 1, quanto a emergência de plantas de azevém no ano de 2012. Tratamentos: época de contagem das plantas (E) e manejo de solo (M) e sequência de culturas (C). Avaliações: plantas de azevém emergidas (EA)

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS |
|---------------------------|-----|------------------|
| | | EA |
| Bloco (B) | 3 | 77,0** |
| Época de coleta (E) | 10 | 36,5** |
| Erro 1 | 30 | 2,6 |
| Manejo de solo (M) | 1 | 1,2 ns |
| E x M | 10 | 1,3* |
| Erro 2 | 33 | 5,0 |
| Sequência de culturas (C) | 3 | 1623,7** |
| E x C | 30 | 39,5** |
| M x C | 3 | 10,7 ns |
| E x M x C | 30 | 2,1** |
| Erro 3 | 198 | 5,4 |
| Total | 351 | |
| C.V. 1 (%) | | 36,4 |
| C.V. 2 (%) | | 50,4 |
| C.V. 3 (%) | | 52,5 |

* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 5 - Resumo da análise de variância (quadrado médio) referente ao capítulo 2. Tratamentos: época de exumação das sementes (E) e biótipo (B). Avaliações: sementes coletadas no solo (CS), percentual de sementes inteiras (SI), percentual de sementes vivas (SV), percentual de sementes vivas em relação às coletadas no solo (VC), percentual de sementes vivas em relação às interras (VI) e percentual de sementes vivas em relação à viabilidade inicial (VV)

| CAUSAS DE VARIACÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | | | | | |
|-----------------------|----|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| | | CS | SI | SV | VC | VI | VV | |
| Época da exumação (E) | 8 | 2875,4** | 7919,8** | 6170,9** | 5123,5** | 567,3** | 7290,8** | |
| Biótipo (B) | 1 | 8515,1** | 2048,0** | 1870,7** | 116,9 ns | 351,4 ns | 2210,2** | |
| E x B | 8 | 1128,4** | 211,7* | 160,8* | 122,8 ns | 293,0 ns | 189,9* | |
| Tratamentos | 17 | 2385,0** | 3947,1** | 3089,7** | 2475,7** | 425,5** | 3650,4** | |
| Erro | 54 | 127,4 | 75,2 | 69,4 | 105,9 | 176,6 | 82,0 | |
| Total | 71 | | | | | | | |
| C.V. (%) | | 16,6 | 22,7 | 26,5 | 25,2 | 16,7 | 26,5 | |

* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 6 - Resumo da análise de variância (quadrado médio) referente ao capítulo 3, quanto ao experimento em cilindros de PVC. Tratamentos: profundidade de semeadura (S), cobertura de palha no solo (P) e compactação do solo (C). Avaliações: percentual de emergência (E)

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS |
|-------------------------------|-----|------------------|
| Profundidade de semeadura (S) | 7 | 37048,2** |
| Cobertura de palha (P) | 2 | 190,6 ns |
| Compactação do solo (C) | 2 | 1076,0** |
| S x P | 14 | 307,3 ns |
| S x C | 14 | 560,6** |
| P x C | 4 | 180,7 ns |
| S x P x C | 28 | 164,1 ns |
| Tratamentos | 71 | 3934,3** |
| Erro | 216 | 206,7 |
| Total | 287 | |
| C.V. (%) | | 27,1 |

* Significativo a 5% de probabilidade, ns = não significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 7 - Resumo da análise de variância (quadrado médio) referente ao capítulo 3, quanto ao experimento em gerbox.
 Tratamento: nível de sombreamento. Avaliações: percentual de germinação (G)

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS | |
|---------------------------|----|------------------|----|
| | | E | |
| Nível de sombreamento (S) | 4 | 34,4 | ns |
| Erro | 10 | 25,5 | |
| Total | 14 | | |
| C.V. (%) | | 5,8 | |

* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 8 - Resumo da análise de variância (quadrado médio) referente ao capítulo 4. Tratamento: época de aplicação de herbicidas (E). Avaliações: percentual de viabilidade em teste de tetrazólio (TT), percentual de sementes germinadas em câmara de crescimento e viáveis em teste de tetrazólio (GT) e percentual de emergência de plantas em vaso (EV)

| CAUSAS DE VARIACÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | |
|------------------------|----|------------------|----------|----------|
| | | TT | GT | EV |
| Época de aplicação (E) | 9 | 6816,9** | 5744,5** | 2665,6** |
| Erro | 30 | 30,8 | 39,0 | 21,7 |
| Total | 39 | | | |
| C.V. (%) | | 15,1 | 19,7 | 35,8 |

APÊNDICE 9 - Resumo da análise de variância (quadrado médio) referente ao capítulo 5, quanto ao experimento realizado em vasos. Tratamentos: biótipos (B) e dose de herbicida (H). Avaliações: matéria seca (MS)

| CAUSAS DE VARIÇÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS | |
|-----------------------|------|------------------|------|
| | | MS | |
| Biótipos (B) | 51 | 0,02** | |
| Dose de herbicida (H) | 6 | 2,85** | |
| B x H | 306 | 0,01** | |
| Tratamentos | 363 | 0,05** | |
| Erro | 728 | 0,01 | |
| Total | 1091 | | |
| C.V. (%) | | | 44,8 |

* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 10 - Resumo da análise de variância (quadrado médio) referente ao capítulo 5, quanto ao experimento realizado em gerbox. Tratamentos: biótipos (B) e dose de herbicida (H). Avaliações: comprimento da parte aérea (PA)

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS | |
|-----------------------|------|------------------|-----------|
| | | | PA |
| Biótipos (B) | 37 | | 594,4** |
| Dose de herbicida (H) | 8 | | 52494,3** |
| B x H | 296 | | 120,8** |
| Tratamentos | 341 | | 1400,9** |
| Erro | 684 | | 65,4 |
| Total | 1025 | | |
| C.V. (%) | | | 40,0 |

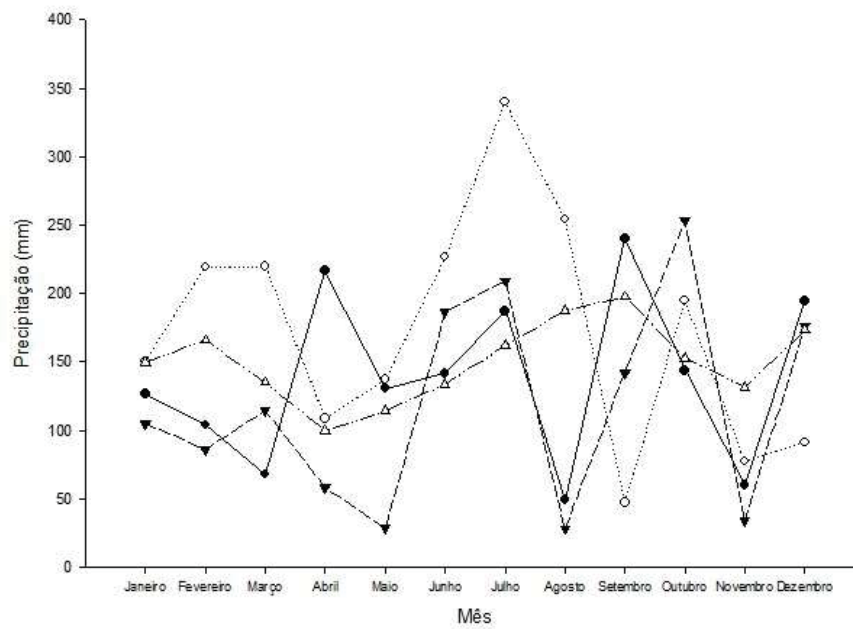
* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 11 - Resumo da análise de variância (quadrado médio) referente ao capítulo 5, quanto ao experimento realizado em tubos de ensaio. Tratamentos: biótipos (B) e dose de herbicida (H). Avaliações: comprimento da parte aérea (PA)

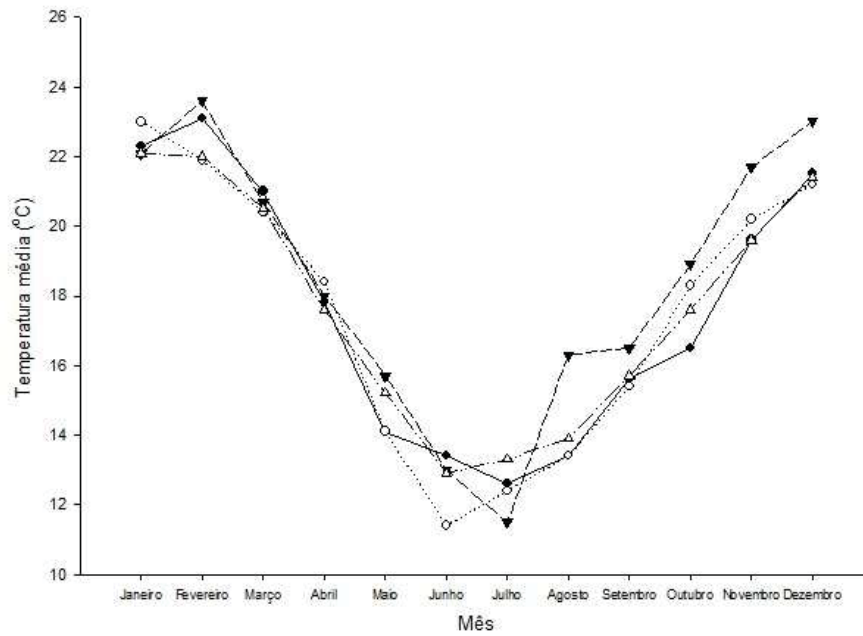
| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS | |
|-----------------------|-----|------------------|-----------|
| | | | PA |
| Biótipos (B) | 14 | | 1061,1** |
| Dose de herbicida (H) | 7 | | 90858,9** |
| B x H | 98 | | 336,4 ns |
| Tratamentos | 119 | | 5746,5** |
| Erro | 360 | | 297,4 |
| Total | 479 | | |
| C.V. (%) | | | 31,8 |

* Significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade.

ANEXOS



Anexo 2 - Precipitação mensal (volumes acumulados). (—●—) 2010; (·····) 2011; (—▼—) 2012; (—△—) média histórica. Fonte: Laboratório de Agrometeorologia CNPT Embrapa-Trigo, Passo Fundo, RS.



Anexo 3 - Temperatura média mensal. (—●—) 2010; (··◇··) 2011; (---▼---) 2012; (---△---) média histórica. Fonte: Laboratório de Agrometeorologia CNPT Embrapa-Trigo, Passo Fundo, RS.