

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

**Programas de dessecação em coberturas vegetais de inverno e  
interferência em plantas daninhas e na cultura da soja**

Alberto Luiz Dalcin Donini

Passo Fundo

2019

Alberto Luiz Dalcin Donini

Programas de dessecação em coberturas vegetais de inverno e interferência em plantas daninhas e na cultura da soja

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Agronomia.

Orientadora:  
Dra. Carolina Cardoso Deuner

Passo Fundo

2019

CIP – Catalogação na Publicação

---

D683p Donini, Alberto Luiz Dalcin  
Programas de dessecação em coberturas vegetais de  
inverno e interferência em plantas daninhas e na cultura da  
soja / Alberto Luiz Dalcin Donini. – 2019.  
85 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Cardoso Deuner.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade  
de Passo Fundo, 2019.

1. Soja - Doenças e pragas. 2. Ervas daninhas.  
3. Produtividade agrícola. I. Deuner, Carolina Cardoso,  
orientadora. II. Título.

CDU: 633.34

# ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



**PPGAgro**

Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

**“Programas de dessecação em coberturas vegetais de inverno e interferência em plantas daninhas e na cultura da soja”**

Elaborada por

**Alberto Luiz Dalcin Donini**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em  
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas

Aprovada em: 09/05/2019  
Pela Comissão Examinadora

**Dra. Carolina Cardoso Deuner**  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientadora

**Dr. Walter Boller**

**Dra. Ana Paula Rockenbach**  
BASF

**Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi**  
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

**Dr. Eraldo Lourenso Zanella**  
Diretor FAMV

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação à minha família, que me apoiou e me deu força para eu continuar crescendo e buscando formação complementar, e ao Luis Alberto Acevedo, por ser um gestor exemplar e, que, além de excelente amigo, me incentivou a buscar um curso de pós-graduação, para agregar conhecimento científico e, assim, me preparar a novos desafios profissionais.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por estar ao meu lado, indicando o melhor caminho e me protegendo durante as várias viagens de carro que fiz de Londrina a Passo Fundo para realizar este curso.

Aos meus pais, Gelsi Dalcin Donini e Amantino Luiz Donini, por me ensinarem os valores de família, por proporcionarem uma excelente educação em casa e pela oportunidade de continuar meus estudos fora de casa.

Aos meus irmãos, Juliana Dalcin Donini e Eneas Dalcin Donini, e aos meus cunhados e sobrinhos, por todo apoio para que eu perseverasse nessa jornada.

Ao Professor Dr. Mauro Antonio Rizzardi, que atuou como orientador durante 2016 e 2017, meu muito obrigado pelo conhecimento transmitido e pela liberdade concedida para que eu pudesse conciliar trabalho e estudo.

Aos funcionários da Estação Experimental da Monsanto, em Coxilha, Rio Grande do Sul, pelo apoio na execução do experimento.

Ao colega Matheus Secco, pela ajuda na coleta de dados.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, por dedicarem parte de seu tempo em transmitir conhecimento de elevada qualidade.

Aos colegas do Laboratório de Plantas Daninhas, Ana Paula Rockenbach, Theodoro Schneider, Sabrina Tolotti Peruzzo e Katia Trevizan, pela convivência e troca de experiências.

Aos colegas do PPGAgro, Laura Tres, José Luis Chiomento e Cláudia Fernanda Carraro Lemes, pelo companheirismo e auxílio sempre que foi necessário, sem medir esforços.

Aos colegas de empresa, Etoe Reynaldo, Marcela Reinehr, Natan Pagliarini e Renato Pasini, pelo apoio, compartilhamento de experiência em pós-graduação e amizade.

À Professora Dra. Carolina Cardoso Deuner, por ter aceitado assumir a orientação deste trabalho ao final do meu curso.

*“Eu sei o preço do sucesso: dedicação, trabalho duro, e uma incessante devoção às coisas que você quer ver acontecer”.*

*Frank Lloyd Wright*

## RESUMO

DONINI, Alberto Luiz Dalcin. Programas de dessecação em coberturas vegetais de inverno e interferência em plantas daninhas e na cultura da soja. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019.

Um dos estresses ambientais mais importantes na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merr.] é a competição exercida pelas plantas daninhas. Por conseguinte, o uso de herbicidas para o controle é, ainda, prioritário, e realizado em ampla escala. Em contrapartida, o uso de coberturas vegetais poderia ser integrado a essa prática a fim de reduzir o desenvolvimento de resistência a herbicidas. Contudo, o êxito das coberturas vegetais depende de se adotar programas de dessecação adequados, a fim de promover o controle das plantas daninhas e, ainda, proporcionar boas condições para a semeadura da cultura em sucessão. Objetivou-se verificar se a eficiência de programas de dessecação sobre plantas daninhas, e na cultura da soja, depende do tipo de cobertura vegetal de inverno. Para isso, foi realizado um experimento com intuito de avaliar: (1) se coberturas vegetais de inverno, formadas pelo cultivo, isolado ou em consórcio, de espécies de distintos grupos funcionais, diferem quanto ao acúmulo de biomassa; (2) se há efeito conjunto de programa de dessecação e cobertura vegetal de inverno sobre a infestação de plantas daninhas e plantas voluntárias na cultura da soja e (3) se há interação programa de dessecação–cobertura vegetal de inverno no crescimento, rendimento e componentes do rendimento da soja. O delineamento experimental foi em modelo bifatorial 8 (coberturas vegetais: pousio, aveia-branca, aveia-preta, nabo-forageiro, ervilhaca-miúda, centeio, aveia-preta + nabo-forageiro e aveia-preta + ervilhaca-miúda) x 3 [programas de dessecações, variáveis quanto ao período decorrido – número de dias –, antes da semeadura da soja (DAnS): a) aplicação sequencial: glifosato + cletodim aos 20 DAnS + paraquate aos DAnS; b) glifosato + cletodim 20 aos DAnS e c) glifosato + cletodim aos 10 DAnS]. Os tratamentos foram arrançados em delineamento de parcela subdividida (parcela: cobertura vegetal; subparcela: programa de dessecação), com quatro repetições. Verificou-se que as menores densidades de plantas infestantes (plantas daninhas + plantas voluntárias) foram observadas na soja estabelecida sobre resíduo de centeio, nos três tipos de programa de dessecação. Os piores estandes de soja ocorreram em cobertura de inverno com nabo-forageiro e no consórcio desse com aveia-preta. Para rendimento de grãos não houve interação dos fatores testados, ma houve efeito simples para ambos os fatores. Os maiores rendimentos foram após sucessão de centeio, ervilhaca-miúda, aveia-preta e aveia preta + ervilhaca-miúda; em contrapartida, o menor rendimento de grãos ocorreu após cultivo de nabo-forageiro e aveia-preta + nabo-forageiro. A eficiência de programa de dessecação – na supressão de plantas daninhas, controle de plantas infestantes e rendimento da soja–, varia com a cobertura vegetal. O centeio é versátil quanto a programa de dessecação, pois é efetivo no controle de plantas daninhas tanto sob aplicação sequencial quanto única; já, o controle de plantas daninhas por nabo-forageiro, aveia-preta e consórcio dessa gramínea com ervilhaca-miúda ou com nabo-forageiro é mais efetivo sob dessecação sequencial. Todavia, há que se observar que culturas de cobertura não se tornem plantas infestantes à cultura subsequente devido à ressemeadura natural.

Palavras-chave: 1. *Avena spp.*. 2. *Glifosato + Cletodim*. 3. *Raphanus sativus*. 4. *Secale cereale*. 5. *Vicia angustifolia*.

## ABSTRACT

DONINI, Alberto Luiz Dalcin. Desiccation programs in winter cover crops and interference on weeds and soybean crop. 85 f. Thesis (Master in Agronomy) –University of Passo Fundo, Passo Fundo, 2019.

One of the most important environmental stresses in soybean crop [*Glycine max* (L.) Merr.] is the competition exerted by weeds. Therefore, the use of herbicides to control them is, still, a priority and it is carried out on a large scale. On the other hand, the use of winter cover crops, in the period prior to soybean cultivation, has several benefits, not only in the management of weeds, and in the development reduction of herbicide resistance. However, the success of cover crops depends on the adoption of an adequate desiccation program to control weeds and, still, allow optimal conditions for the succession sowing crop. Then, the objective of this study was to verify if the desiccation program efficiency on weeds, and on soybean crop, depends on the type of winter cover crop. Therefore, an experiment was carried out to evaluate: (1) if the winter cover crops, from species of different functional groups, grown in pure stands or in mixtures, differ in the accumulation of biomass; (2) if there are simultaneous effects, regarding desiccation program and winter cover crop, on weed infestation and volunteer plants in soybean crop and (3) if there is growth interaction between desiccation program and winter cover crop on growth, yield and yield components of soybean. The experimental design was in a two-factorial model (vegetal coverings: fallow, white oat, black oat, radish, small vetch, rye, black oat + radish and black oat + small vetch) x 3 [desiccation programs according to the sum of days before sowing of soybean (DBS): a) sequential application of glyphosate + clethodim at 20 DBS + paraquat at 2 DBS; b) glyphosate + clethodim at 20 DBS and c) glyphosate + clethodim at 10 DBS]. The treatments were arranged in split plot design (plot: winter cover crops; subplot: desiccation program), with four replications. It was observed that the smallest density of weeds (weeds + voluntary plants) was found in rye residues in the three types of desiccation programs. On the other hand, the worst soybean stand occurred in winter covering with radish and radish + black oat. Grain yield presented no significant interaction between the factors tested, only simple effect for both. In the average desiccation program, the lowest soybean yield occurred after radish and black oat + radish cultivation; otherwise, the highest yields were after succession of rye, small vetch, black oat and black oat + small vetch cultivation. The efficiency of desiccation programs depends on the type of cover crops to suppress weed plants in the soybean crop. The rye is versatile in the desiccation program, being effective in controlling weeds on soybean crop under sequential or single application. On the other hand, the control of weeds by radish, black oat and consortia of this grass with small vetch or radish is more effective under sequential desiccation. However, it is necessary to make choices, so that cover crops do not become a drawback for the subsequent crop in the event of natural reseeding.

Key words: 1. *Avena spp.* 2. Glyphosate + Clethodim. 3. *Raphanus sativus*. 4. *Secale cereale*. 5. *Vicia angustifolia*.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>17</b>
2.1	<i>Importância da cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul</i>	17
2.2	<i>Plantas daninhas</i>	18
2.2.1	Conceito e características de sua interação com a cultura da soja	18
2.2.2	Resistência e tolerância a herbicidas	20
2.3	<i>As coberturas vegetais no manejo integrado de plantas daninhas</i>	21
2.3.1	Definição e importância	22
2.3.2	Culturas de cobertura	23
2.3.3	Alelopatia de culturas de cobertura	27
2.3.4	Dessecação de coberturas vegetais	32
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>35</b>
3.1	<i>Local do experimento</i>	35
3.2	<i>Delineamento da pesquisa</i>	36
3.3	<i>Estabelecimento e condução do experimento</i>	37
3.4	<i>Amostragem e avaliação</i>	38
3.4.1	Coberturas vegetais de inverno	38
3.4.2	Programas de dessecação em coberturas vegetais de inverno	40
3.5	<i>Análise estatística</i>	41
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
4.1	<i>Coberturas vegetais de inverno</i>	42
4.1.1	Densidade de plantas daninhas	42
4.1.2	Acúmulo de biomassa de coberturas vegetais de inverno	43
4.2	<i>Programas de dessecação em coberturas vegetais de inverno</i>	44
4.2.1	Densidade de plantas voluntárias na cultura da soja	45
4.2.2	Densidade de plantas daninhas na cultura da soja	50
4.2.3	Densidade de plantas infestantes na cultura da soja	51
4.2.4	Biomassa de plantas infestantes na cultura da soja	53
4.2.5	Emergência de plântulas de soja	55
4.2.6	Estatura de plantas de soja	58

4.2.7	Rendimento de grãos de soja	60
4.2.8	Características agronômicas e componentes do rendimento de soja	61
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>67</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>69</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos estresses ambientais mais importantes na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merr.] é a competição exercida pelas plantas daninhas: por luz, água e nutrientes. Considerando que o cultivo dessa oleaginosa no Brasil supera 35 milhões de hectares, pesquisas científicas que promovam a redução de danos ocasionados por plantas daninhas são plenamente justificáveis. Se as medidas de controle forem ao encontro do apelo social por sistemas agrícolas sustentáveis que promovam menor impacto ambiental e maior segurança alimentar, melhor ainda.

Apesar dos esforços da ciência brasileira para oportunizar diversos meios de controle de plantas daninhas, o uso de herbicidas é, ainda, prioritário e, por isso, realizado em ampla escala. Sem dúvida, um dos fatores que causou elevado impacto no cultivo da soja no Brasil foi o advento da soja transgênica RR, tolerante ao glifosato, e culminou em significativa mudança no manejo de plantas daninhas na cultura. Ao agricultor, isso significou facilidade, versatilidade quanto à época de aplicação e redução de custos. De fato, em 2005, estimava-se que o uso desse herbicida permitiria a substituição de cerca de quarenta produtos, ou combinações deles (GAZZIERO, 2005). Além disso, o glifosato mostrou-se um herbicida totalmente compatível com um dos sistemas que revolucionou a agricultura no Brasil, que é o sistema de plantio direto na palha. Porém, na esteira dessas inúmeras vantagens, a larga adoção de um único ingrediente ativo e, principalmente, de um só mecanismo de ação, ampliou a pressão de seleção sobre as plantas daninhas, induzindo a resistência em várias espécies.

Para que as vantagens obtidas pelo melhoramento genético da soja, seja pela resistência ao glifosato, seja pelos ganhos de produtividade e adaptação a distintas regiões edafoclimáticas do país, é urgente que se amplie o manejo integrado de plantas daninhas. Nessa perspectiva, o agricultor deveria fazer uso de outras medidas, além do controle químico, tais como: monitoramento de populações de espécies infestantes,

controle mecânico e cultural, rotação de herbicidas e de culturas, e uso de coberturas vegetais. Dessa forma, a adoção de manejo proativo integrado, ao invés de manejo prescritivo, pode reduzir a pressão sobre plantas daninhas ao desenvolvimento de resistência a herbicidas (WALLACE; CURRAN; MORTENSEN, 2019).

O cultivo de coberturas vegetais no sistema de plantio direto, no período que antecede a cultura da soja, traz vários benefícios, não somente no manejo de plantas daninhas e na redução do desenvolvimento da resistência a herbicidas, pois: minora riscos de erosão, melhora a estrutura física e a fertilidade do solo, possibilita a ciclagem de nutrientes e água e auxilia no controle de pragas e doenças. Em específico, no controle de plantas daninhas, a palhada contribui para a redução da infestação, pelos efeitos (i) físico, ao atenuar a germinação de sementes devido a alteração no microclima, (ii) químico, mediante liberação de aleloquímicos e (iii) biológico, por pela elevação da diversidade microbiana.

Em contraponto com a defesa do uso de coberturas vegetais em sistemas agrícolas integrados, há que se verificar que isso implica em elevação de custos com sementes, adubos, maquinários e mão-de-obra. Além disso, as plantas de cobertura podem se tornar um problema para a cultura subsequente caso ocorra a ressemeadura natural. Soma-se tudo isso ao fato de, não raro, ocorrer embuchamento no maquinário devido ao excesso de resíduo vegetal sobre o solo por ocasião da semeadura.

Para o subtropical brasileiro, diversas espécies podem ser usadas como coberturas vegetais no período que antecede o cultivo da soja; dentre as mais comuns estão aveia (*Avena* spp.), centeio (*Secale cereale* L.), ervilhaca (*Vicia* spp.) e nabo (*Raphanus* spp.). Esse cenário está de acordo com o pressuposto de que as coberturas vegetais deveriam ser formadas por espécies de distintos grupos funcionais, como, por exemplo: plantas que fixam N<sub>2</sub> vs. plantas eficientes na recuperação do nitrogênio, plantas adaptadas vs. plantas não adaptadas ao frio, plantas de crescimento outonal vs. plantas de crescimento primaveril e plantas com maior ou menor relação C:N (WALLACE; CURRAN; MORTENSEN, 2019).

Se há várias vantagens no uso de coberturas vegetais, há que se considerar que o êxito dessa prática depende, também, de realizar a dessecação da melhor maneira possível. Só assim haverá os ganhos esperados pelo produtor, especialmente, quanto ao controle de plantas daninhas e, conseqüentemente, na cultura em sucessão. Além disso, a combinação de culturas de cobertura com programas de dessecação adequados contribuirá para a melhoria da quantidade e da qualidade dos resíduos vegetais, dos quais o sistema plantio direto é estreitamente dependente.

Contudo, um dos aspectos mais importantes no manejo de plantas de cobertura está na prevenção da ressemeadura para que não se tornem infestantes à cultura, especialmente, na fase de estabelecimento. Por isso, os fatores que determinam a época de sementeira dessas culturas, o tipo de herbicida, a dose e o período de aplicação devem ser cuidadosamente analisados. Como exemplo da questão que abrange a dessecação, há possibilidade de se realizar aplicação única ou aplicação sequencial, associada ou não à adição de graminicida, além de se fazer essa prática com maior ou menor proximidade da sementeira da soja. Com aplicação sequencial pode-se ter, em determinadas situações, maior controle das plantas daninhas, pois a aplicação de um herbicida de contato próximo à sementeira ocasiona a supressão de plantas que, porventura, tenham rebrotado ou que tenham emergido após a aplicação do dessecante.

Apesar da literatura ser pródiga nas questões relativas às coberturas vegetais e ao manejo de dessecação, não há elementos suficientes que indiquem se o tipo de cobertura vegetal interfere na eficácia dessa prática. A hipótese testada neste estudo foi a de que, dependendo das culturas de cobertura de inverno, a eficácia de programas de dessecação – variáveis quanto à composição de produtos e ao período de aplicação –, no controle de plantas daninhas e de plantas voluntárias, e no desempenho da cultura da soja, será igualmente distinta.

Para testar essa hipótese, foi realizado um experimento que teve como objetivo verificar se há interação de cobertura vegetal de inverno e programa de dessecação quanto ao controle de plantas daninhas e de plantas voluntárias, e no desempenho da soja.

Os objetivos específicos do experimento foram os seguintes:

1) Avaliar se coberturas vegetais de inverno, formadas pelo cultivo isolado ou em consórcio de espécies de distintos grupos funcionais, diferem quanto ao acúmulo de biomassa.

2) Testar se há efeito conjunto de cobertura vegetal de inverno e programa de dessecação sobre a densidade e biomassa de plantas daninhas e plantas voluntárias na cultura da soja.

3) Verificar se cobertura vegetal e programa de dessecação são fatores que afetam conjuntamente o crescimento, o rendimento de grãos e os componentes do rendimento da soja.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

O manejo de plantas daninhas é imprescindível para qualquer sistema de produção agrícola, especialmente nas grandes culturas. Na soja, o uso de herbicidas é o método usual para controle dessas plantas. Contudo, a seleção de biótipos resistentes a tais agroquímicos, os elevados custos e a pressão ambiental são fatores que justificam o manejo integrado à redução da competição das plantas daninhas com as culturas. Dentre as estratégias que podem compor esse tipo de manejo está o uso de coberturas vegetais na entressafra. No entanto, o sucesso dessa medida depende da escolha das espécies e do programa de dessecação. Nesse enfoque, esta revisão aborda: a importância da cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul, aspectos gerais sobre plantas daninhas e sua interação com a soja, a resistência e/ou tolerância a herbicidas e, por fim, o uso e a dessecação de coberturas vegetais para integrar o controle de plantas daninhas.

### **2.1 Importância da cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul**

O estado do Rio Grande do Sul ocupa o segundo lugar em área cultivada com soja, perfazendo 5,7 milhões de hectares; está em terceiro lugar na produção no país, com 17 milhões de toneladas na safra 2017/2018, alcançando produtividade média de 3.082 kg/ha, que é cerca de 7% menor que a média nacional (CONAB, 2018). Além da elevação na produtividade, entre 2000 e 2015, a área plantada com soja no Rio Grande do Sul aumentou cerca de 74%, em decorrência do avanço da fronteira agrícola para a “metade sul” do estado (KUPLICH; CAPOANE; COSTA, 2018). Assim, a soja tem sido cultivada em áreas tradicionalmente ocupadas pelos campos sulinos. O desenvolvimento de cultivares de soja adaptadas a solos encharcados e adequadas práticas de manejo, também, contribuíram para tal cenário. Por isso, aumentou a área cultivada com soja em rotação com arroz (*Oryza sativa* L.) nas áreas de várzea.

Todavia, com a expansão da área cultivada, as pressões ambientais e antrópicas são fatores que podem depreciar o potencial produtivo da cultura. Nesse contexto está o surgimento de novas pragas e doenças, associado ao fato das pragas e doenças existentes serem amplamente selecionadas e, com isso, terem desenvolvido resistência a agroquímicos (CONCENÇO; GRIGOLLI, 2014). Esse fato é observado, especialmente, com relação às plantas daninhas. Com o advento da soja transgênica houve aumento expressivo no uso do glifosato e, com isso, aumento de plantas daninhas resistentes ao herbicida (YAMASHITA; GUIMARÃES, 2013). Assim, somente para o estado do Rio Grande do Sul, as perdas financeiras decorrentes de plantas daninhas resistentes ou tolerantes a herbicidas foram estimadas em quatro bilhões de reais na safra 2015/16 (ADEGAS et al., 2017).

O ganho de produtividade da soja no último século se deve ao melhoramento genético e à melhoria de práticas agronômicas, mas há, ainda, poucos estudos sobre a relação plantas daninhas-soja e o ganho genético de rendimento (HAMMER et al., 2018). Além dos custos com herbicidas, o rendimento potencial da cultura é afetado pela competição por água, luz e nutrientes, pois essas plantas são biologicamente mais competitivas (CORREIA, 2018; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007; ROCKENBACH et al., 2018).

## **2.2 Plantas daninhas**

### **2.2.1 Conceito e características de sua interação com a cultura da soja**

Planta daninha é “qualquer planta que seja objetável ou que interfira nas atividades ou no bem-estar do homem” (WSSA, 2019). Nas áreas de atividade agrícola, são consideradas plantas daninhas aquelas que crescem juntamente com a cultura e, com isso, reduzem a quantidade e a qualidade dos grãos produzidos, e dificulta a colheita, o que eleva o custo de produção (SKORA NETO; PASSINI; RODRIGUES, 2006).

As principais características das plantas daninhas são: a) maior habilidade competitiva por recursos do meio ambiente comparada às plantas cultivadas; b)

desuniformidade do processo germinativo; c) capacidade de germinar e emergir em grandes profundidades; d) habilidade em sobreviver e se reproduzir em condições de estresses ambientais; e) existência de mecanismos alternativos de reprodução; f) facilidade de disseminação de propágulos; g) crescimento rápido e vigoroso e h) longevidade e vigor das sementes no banco de sementes do solo (AMIM et al., 2016; BRIGHENTI, 2001; PEREIRA et al., 2017; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

A interferência imposta pelas plantas daninhas em determinado local é um dos fatores mais importantes na limitação do rendimento e qualidade final das culturas agrícolas (VITORINO, 2013). No entanto, o grau de interferência é variável com espécie infestante, cultura e ambiente na qual essa relação ocorre (OLIVEIRA JÚNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011; PEREIRA et al., 2017). Os prejuízos às culturas podem ser diretos, decorrentes de competição por recursos ambientais, efeitos alelopáticos e influência na colheita, ou indiretos, devido às plantas daninhas serem potenciais hospedeiras de pragas e doenças (PEREIRA, 2017; PITELLI, 1985; ZIMDAHL, 2007).

A interação das plantas daninhas com a soja pode resultar em crescimento anormal da parte aérea da cultura, resultando em alterações morfofisiológicas. Dentre as alterações que a soja pode apresentar está o estiolamento (LAMEGO et al., 2015), em decorrência da redução na quantidade e qualidade de luz no ambiente (MEROTTO JÚNIOR et al., 2002). A redução da relação entre os comprimentos de onda vermelho e vermelho-distante (V:VD) induz ao evitamento de sombreamento pelas plantas de soja, o que inclui aumento em altura, comprimento de entrenó e relação de massa seca de ramos e folhas (R:F), e redução no número de folhas (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2011).

Essas alterações foram observadas em diversos estudos, nos quais houve relato de perda de produtividade entre 10 e 93%, dependendo do grau de competição das plantas daninhas (ALMEIDA et al., 2015; SARAIVA et al., 2013; SILVA et al., 2009; VOLLMANN; WAGENTRISTL; HARTL, 2010).

## 2.2.2 Resistência e tolerância a herbicidas

Os termos “resistência” e “tolerância” a herbicidas foram adotados em 1998 pela Weed Science Society of America (WSSA), que recomendou seu uso e definições em todas as publicações dessa sociedade a partir de então.

A resistência ao herbicida é a capacidade hereditária de uma planta para sobreviver e reproduzir após a exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o tipo selvagem. Em uma planta, a resistência pode ser natural ou induzida por técnicas, como engenharia genética ou seleção de variantes produzidas por cultura de tecidos ou mutagênese. A tolerância ao herbicida é a capacidade inerente de uma espécie sobreviver e se reproduzir após o tratamento com herbicida. Isso implica que não houve seleção ou manipulação genética para tornar a planta tolerante; ela é naturalmente tolerante (WSSA, 1998).

Os dados sobre o número de plantas daninhas que exibem resistência a herbicidas são preocupantes: em 2013 já havia indicação de que 220 espécies de plantas daninhas apresentavam resistência a um ou mais herbicidas (HEAP, 2014). No Brasil, em 2017 já eram relatados cinquenta casos, dos quais 16 configuram resistência múltipla; além disso, nesse mesmo ano, foram registrados cinco novos casos, associados, principalmente, ao uso de inibidores da enzima aceto lactato sintase (ALS) e inibidores da síntese de aminoácidos aromáticos (EPSP) (HEAP, 2019). Convergingo com isso, Adegas et al. (2017) evidenciaram, pelo menos, dez espécies infestantes comprovadamente resistentes aos herbicidas mais comumente usados no Brasil; dentre eles, o glifosato.

O glifosato é um herbicida sistêmico e não seletivo, cuja absorção e translocação são influenciadas por diversos fatores, como planta-alvo, ambiente e tecnologia de aplicação. Sua absorção se dá, principalmente, pelas folhas, onde ocorre rápida penetração na cutícula, seguida de lenta absorção simplástica (MONQUERO et al., 2004; YAMADA; CASTRO, 2007). O uso intensivo desse herbicida fez com que a comunidade de plantas desenvolvesse mecanismos de defesa na flora específica e/ou seleção de biótipos resistentes (LOPES-OVEJERO et al., 2006). Portanto, a conjunção da pressão de seleção imposta pelo herbicida e a variabilidade genética das plantas

daninhas culminou na seleção de indivíduos resistentes e adaptados à sobrevivência no ambiente (CHRISTOFFOLETI; OVEJERO, 2008).

O fato dos agricultores utilizarem doses menores do que as recomendadas para o controle de determinadas espécies é um fator que contribui para o aumento da resistência a herbicidas. Por isso, o controle de plantas daninhas necessita ser feito por meio de diversos métodos, incluindo o uso de coberturas vegetais (BORGES et al., 2014; VARGAS et al., 2013). Nessa perspectiva, a comunidade científica advoga a adoção de um conjunto de medidas, denominado “manejo integrado de plantas daninhas” (MIPD). Esse tipo de manejo vem ao encontro de um sistema agrícola sustentável e com menor impacto ambiental em relação ao uso exclusivo de herbicidas. Dentre as práticas que integram o MIPD estão: rotação de culturas e de herbicidas, uso de controle mecânico, cultural e químico de plantas daninhas, e plantas de cobertura (VIVIAN et al., 2013, p. 73).

A barreira física da palhada, bem como a liberação de substâncias alelopáticas, reduz a emergência e o crescimento das plantas daninhas (MONQUERO et al., 2009), o que pode reduzir a elevada dependência de herbicidas, que é a principal ferramenta para o controle de plantas daninhas em culturas anuais.

### **2.3 As coberturas vegetais no manejo integrado de plantas daninhas**

O cultivo de plantas de cobertura vegetal vem, ano após ano, aumentando seu destaque nos sistemas agrícolas de elevado potencial produtivo, não somente no Brasil (ADEGAS et al., 2017), mas também nos Estados Unidos. Nesse país, 84% dos agricultores utilizam coberturas vegetais para diferentes fins, dentre os quais o controle de plantas daninhas está apenas atrás do seu uso para redução da erosão e aumento da matéria orgânica do solo (SARE, 2015). Contudo, a escolha das espécies é fator primordial, pois as particularidades quanto a ciclo, duração e potencial alelopático podem determinar a maior ou menor efetividade na supressão de plantas daninhas.

### 2.3.1 Definição e importância

Culturas de cobertura, ou plantas de cobertura, são plantas cujo cultivo não tem finalidade mercadológica, pois são cultivadas para obter ganhos indiretos, como: manejo de plantas daninhas, melhoria da qualidade do solo, controle de pragas e doenças, produção de palhada para o sistema de plantio direto, entre outros. As plantas de cobertura atuam no solo mediante alteração da fertilidade, manutenção da umidade – pela redução da evaporação e aumento da infiltração –, aumento do teor de matéria orgânica, redução da descompactação e incremento da agregação e melhoria das propriedades biológicas (CORREIA, 2005; HENZ; ROSA, 2017; MARTINS; GONÇALVES; SILVA JÚNIOR, 2016). Assim, seus resíduos sobre a superfície do solo atenuam ou dissipam a energia, protegem contra o impacto direto das gotas de chuva, atuam como obstáculo ao movimento do excesso de água que não infiltra no solo e impedem o transporte de partículas minerais e orgânicas pela enxurrada (HECKLER; HERNANI; PITOL, 1998; MARTINS; GONÇALVES; SILVA JÚNIOR, 2016).

A manutenção da cobertura morta sobre a superfície do solo reduz o potencial de infestação de plantas daninhas, pois limita a variação da temperatura na superfície do solo e forma uma barreira física a ser transposta quando da germinação (ROSSI et al., 2013). As coberturas vegetais podem, indiretamente, evitar a superação da dormência de sementes dessas plantas em virtude de seu efeito sobre as condições de temperatura, luz e umidade do solo (CORREIA; REZENDE, 2002). Além disso, a cobertura vegetal modifica a constituição qualitativa e quantitativa do complexo florístico e interfere no processo de superação de dormência; há, ainda, a ação alelopática, que favorece a germinação de algumas espécies e prejudica a de outras (ALMEIDA, 1991b; FERREIRA, 2009; HECKLER; HERNANI; PITOL, 1998; PEREIRA et al., 2000).

A supressão da infestação de plantas daninhas por plantas de cobertura ocorre durante o desenvolvimento vegetativo das espécies cultivadas ou após a sua dessecação (VIDAL; TREZZI, 2004). Para isso, a cobertura do solo deve ser a mais completa possível, a fim de impedir a realização da fotossíntese pelas plantas daninhas, prevenindo, assim, o seu crescimento (PROCÓPIO; LAMEGO, 2011). Assim, as

culturas de cobertura são imprescindíveis para o sucesso do sistema de plantio direto (SPD), que tem como premissa o não revolvimento do solo e a manutenção de restos vegetais (ALMEIDA, 1991a; MARTINS; GONÇALVES; SILVA JÚNIOR, 2016). A implantação da cultura principal se dá, portanto, sob os restos de uma cultura de cobertura que tenha sido introduzida em cultivo sequencial ou rotacionado (SILVA et al., 2017).

No sistema de plantio direto, os resíduos vegetais oriundos de plantas daninhas e/ou da cultura antecessora são insuficientes para reduzir a infestação de plantas daninhas e, ainda, conceder ao solo os demais atributos ligados a esse sistema. Essa deficiência justifica a inserção de plantas de cobertura que apresentem características como: a) rápido crescimento inicial; b) excelente desenvolvimento do sistema radicial; c) elevado acúmulo de biomassa e d) ciclo adequado, para manter a cobertura do solo até a semeadura da próxima cultura (AMOSSÉ; JEUFFROY; DAVID, 2013; PELÁ, 2002; TIMOSSI, 2005).

Várias espécies podem ser cultivadas como cobertura do solo no período que antecede a cultura de interesse econômico. A escolha depende, principalmente, de fatores ambientais, disponibilidade de sementes e facilidade de manejo. Por isso, há que se conhecer a adaptação das espécies à região agrícola e buscar informações sobre seu potencial de produção de biomassa, supressão de plantas daninhas e risco de infestação.

### **2.3.2 Culturas de cobertura**

Na Região Sul do Brasil, as plantas de cobertura são, em geral, cultivadas no período hibernar, a fim de proteger o solo, controlar plantas daninhas e produzir palhada para o SPD. As coberturas vegetais possuem, ainda, a propriedade de manter as áreas ocupadas na entressafra. A aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) é a espécie mais cultivada para produção de palhada no período que antecede as culturas de verão, como soja e milho (*Zea mays* L.). Essa gramínea tem elevado rendimento de biomassa, é de fácil implantação, exibe rusticidade, rapidez de formação de cobertura, eficiente

reciclagem de N, além de não haver problemas de aquisição de sementes (SILVA et al., 2007).

Na soja, o uso das coberturas de inverno traz a vantagem de, além de reduzir a infestação de plantas daninhas, atuar na ciclagem dos nutrientes do solo e disponibilizá-los por meio da decomposição de sua palhada. Silva, P. S. S. (2012) obteve 8% de incremento na produtividade dessa cultura em sucessão de coberturas de inverno, dessecadas com herbicidas de distintos mecanismos de ação. Assim, a cobertura do solo durante outono-inverno, com ou sem manejo químico diferenciado na pré-semeadura da soja, pode tornar-se uma nova e eficaz ferramenta para o controle de plantas daninhas (LAMEGO et al., 2013).

Dentre as espécies de clima temperado usadas para cobertura do solo destacam-se aveia-preta, aveia-branca (*A. sativa* L.), centeio, ervilhaca (*Vicia* spp.) e nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.). As gramíneas são as mais indicadas para coberturas no outono-inverno, pois persistem na área e evitam a reinfestação de plantas daninhas (HECKLER; HERNANI; PITOL, 1998; RIZZARDI; SILVA, 2006). No entanto, as leguminosas oferecem a vantagem da melhoria da fertilidade do solo devido à fixação simbiótica de nitrogênio. O nabo-forrageiro, por sua vez, tem vigoroso sistema radicial, o que contribui para descompactação do solo e ciclagem de nutrientes. Outras vantagens dessa espécie são o rápido desenvolvimento inicial, alto rendimento de massa seca (MS) e ciclo curto (SILVA et al., 2007), o que viabiliza a semeadura precoce da cultura em sucessão.

Por outro lado, em regiões tropicais, as condições climáticas são muito diferentes daquelas encontradas na Região Sul do Brasil, o que implica na escolha de espécies adaptadas a temperaturas elevadas e a períodos de severa restrição hídrica. Além disso, há possibilidade de optar pelo cultivo de plantas de distintos ciclos, pois esse fator pode resultar em maior ou menor controle das plantas daninhas. Nesse aspecto, Borges et al. (2014) verificaram que plantas de ciclo mais longo, como braquiarião [*Urochloa ruziziensis* (R. Germ. & C.M. Evrard) Crins] e capim-sudão [*Sorghum sudanense*

(Piper) Stapf], reduziram a biomassa e densidade das plantas infestantes acima de 90% e mantiveram mais de 80% de solo coberto até o florescimento da soja.

As coberturas vegetais podem ser constituídas de uma única espécie (cultivo simples ou isolado) ou pela mistura de espécies (cultivo composto ou consórcio). Em geral, o cultivo de gramíneas promove melhor supressão de plantas daninhas do que o cultivo isolado de brassicáceas ou leguminosas. Por isso, o sucesso do consórcio pode estar relacionado à inclusão de gramíneas com crescimento agressivo, como aveia-preta e centeio, na composição da mistura. Além de consórcios com espécies de distintas famílias botânicas, é possível compor misturas somente com gramíneas, porém de distintos ciclos de produção. Nesse caso, a associação de gramíneas de ciclo curto e de ciclo longo promove maior longevidade da cobertura vegetal, pois enquanto as primeiras estão em senescência, as outras ainda permanecem em pleno crescimento (BORGES et al., 2014).

A presença de gramíneas de crescimento inicial elevado, semeadas em baixas densidades de semeadura no consórcio, pode proporcionar suficiente supressão de plantas daninhas, além de permitir que as demais espécies cumpram seu papel no ecossistema do cultivo de cobertura (BARAIBAR et al., 2017). No entanto, no trabalho de Silva et al. (2007), em sistemas consorciados, independentemente da proporção de sementes utilizada, o nabo-forrageiro contribuiu com a maior parte do rendimento total de MS. A diversidade funcional em misturas de culturas de cobertura é obtida mediante uso de espécies de distintas características, tais como diferenças quanto à obtenção de N (fixação de  $N_2$  vs. recuperação de N), à fenologia (plantas tolerantes vs. plantas não tolerantes ao frio) e relação C:N (WALLACE; CURRAN; MORTENSEN, 2019).

É importante o cultivo de coberturas vegetais com elevada relação C:N, como as gramíneas, que são decompostas mais lentamente, porém fornecem baixa quantidade de N à cultura sucessora (GIACOMINI et al., 2003). Por outro lado, devido à alta C:N, a velocidade de liberação do N dos resíduos é lenta (SILVA et al., 2007). Como valor referencial, considera-se que material vegetal com  $C:N > 30:1$  é decomposto em menor taxa e materiais com  $C:N < 30:1$  decompõem-se mais rapidamente (HECKLER;

HERNANI; PITOL, 1998). Por isso, a mistura de leguminosas, brassicáceas e gramíneas pode ser uma boa opção. Além de proteger o solo e adicionar N no sistema, o consórcio possibilita a produção de biomassa com C:N intermediária, de forma que a velocidade de decomposição dos resíduos vegetais não seja acelerada e o fornecimento de N à cultura comercial não seja baixo, como seria apenas com o uso de gramíneas (DONEDA et al., 2012; GIACOMINI et al., 2003). As leguminosas, além de ser fonte de N, podem ser utilizadas em sistema de rotação de culturas ou consórcio, combinando as diferentes taxas de decomposição e fornecimento de nutrientes ao sistema (HECKLER; HERNANI; PITOL, 1998).

A escolha de uma ou outra espécie a compor a cobertura vegetal depende do modelo de produção agrícola, solo e clima, pressão de pragas e doenças, facilidade de aquisição de sementes e custos. Como exemplo, se há necessidade de controlar nematoides ou doenças radiciais, as brassicáceas seriam melhores opções, pois seus resíduos são ricos em glucosinatos e as leguminosas poderiam ser usadas para incrementar o N do solo e promover habitat para insetos benéficos e cereais de inverno (SNAPP et al., 2005).

Apesar do efetivo controle de plantas daninhas com uso de culturas de cobertura, para espécies de difícil manejo é preciso aliar essa prática à aplicação de herbicidas. No caso do caruru-gigante (*Amaranthus palmeri* S. Watson), que é resistente ao glifosato, o problema é relevante para a cultura de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), nos EUA. Pesquisadores americanos constataram que o controle dessa planta daninha foi majorado, de 65 para 87% com associação do uso de cobertura vegetal formada por centeio + ervilhaca-peluda (*Vicia villosa* Roth.) ou centeio + mistura de leguminosas [ervilhaca-peluda e trevo-encarnado (*Trifolium incarnatum* L.)] e aplicação de acetocloro ou fluometurom (WIGGINS; HAYES; STECKEL, 2016). Wiggins et al. (2017) verificaram que gramíneas anuais de inverno forneceram maior controle do caruru-gigante, que demorou mais tempo a atingir 10 cm de altura, em comparação com coberturas de ervilhaca-peluda ou trevo-encarnado. Testando, ainda, o uso de herbicidas, houve maior controle com uso de glufosinato do que com o glifosato (75% vs. 31%). Porém, somente com o herbicida pós-emergente não houve controle suficiente

do caruru-gigante, mesmo quando usado em conjunto com plantas de cobertura. Portanto, as recomendações futuras para o controle dessa planta deverá incluir a integração de plantas de cobertura com herbicidas pré-emergentes, sobreposição de herbicidas residuais na estação de crescimento, aplicações oportunas de herbicidas pós-emergentes e capina manual, a fim de obter o controle durante o período de infestação.

O efeito supressivo das coberturas vegetais sobre plantas daninhas decorre de fatores inerentes à competição por luz, água e nutrientes, aliado ao potencial alelopático de muitas espécies. Da mesma forma, a diminuição do rendimento das culturas causada por plantas daninhas ou por resíduos da cultura anterior pode, em alguns casos, ser resultado da alelopatia.

### **2.3.3 Alelopatia de culturas de cobertura**

O conceito mais aceito de alelopatia foi estabelecido pela IAS (1996), que definiu como “qualquer processo que envolve metabólitos secundários produzidos por plantas, algas, bactérias e fungos e que influenciam o crescimento e o desenvolvimento de sistemas agrícolas e biológicos.” Contudo, para o assunto desta revisão serão considerados aspectos relativos à alelopatia e aleloquímicos de origem vegetal.

A descoberta do(s) aleloquímico(s) é determinante para que a alelopatia possa servir à prospecção de novos produtos químicos para a agricultura. As plantas são fonte de aleloquímicos que podem afetar negativamente outros vegetais (MOURÃO JÚNIOR; SOUZA FILHO, 2010). Contudo, a identificação desses compostos e das plantas que os produzem é uma tarefa difícil e tem sido objeto de diversos grupos de pesquisa. Já se sabe, porém, que as substâncias aleloquímicas pertencem, em geral, ao grupo dos ácidos fenólicos, cumarinas, terpenoides, flavonoides, alcaloides, glicosídeos cianogênicos derivados do ácido benzóico, taninos e quinonas (FAVARETTO et al., 2019; FERREIRA; AQUILA, 2000; WANDSCHEER; RIZZARDI; REICHERT, 2013).

Quando presentes no ambiente, e em quantidade suficiente, os aleloquímicos podem afetar a germinação, o crescimento e o desenvolvimento de plantas já

estabelecidas, além de afetarem a microbiota do solo (BATTISTUS et al., 2011). Portanto, se uma planta pode liberar compostos que reduzam o desenvolvimento das demais plantas a sua volta, esse efeito tende a aumentar seu acesso a nutrientes, luz, água e, conseqüentemente, sua capacidade de adaptação (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os aleloquímicos são liberados ao ambiente por diversos meios, incluindo exsudação radicial, lixiviação e decomposição de tecidos vivos e mortos das plantas, e volatilização. Seus efeitos podem ser positivos ou negativos, a depender da planta-alvo (RIPARDO FILHO et al., 2012; SILVA, L., 2012). Dessa forma, os aleloquímicos podem estar presentes nos mais diferentes tecidos das plantas e suas concentrações podem variar de acordo com seu ciclo de vida (RIBEIRO; CAMPOS, 2013). Esses compostos podem, portanto, ser liberados pelas culturas de cobertura durante o processo de decomposição, conforme detectado em resíduos de centeio (REBERG-HORTON et al., 2005).

O potencial alelopático dos resíduos das culturas de cobertura após a dessecação depende da velocidade de decomposição e do tipo de palhada que permanece sobre o solo, bem como da população de espécies de plantas daninhas (TOKURA; NÓBREGA, 2006). Ademais, o estágio fenológico interfere diretamente na liberação de aleloquímicos; em geral, no florescimento as plantas exibem maior concentração desses compostos (KANCHAN; JAYACHANDRAN, 1979; RIBEIRO; CAMPOS, 2013; SCHUMACHER; THILL; LEE, 1983; SILVA, L., 2012). Contudo, podem ser detectadas variações entre cultivares de uma espécie, o que adiciona outro fator nesse complexo assunto que é a alelopatia. De fato, a quantidade do aleloquímico DIBOA [(2,4-dihidroxi-1,4-benzoxazin-3(4H))] sintetizado pelo centeio variou conforme época de colheita e cultivar, mas, em geral, foi menor em colheitas tardias (REBERG-HORTON et al., 2005). O declínio do aleloquímico com a maturação das plantas e o fato de que muitas cultivares de centeio completarem seu ciclo em épocas distintas pode explicar as divergências encontradas na literatura quanto à supressão de plantas daninhas pelo DIBOA.

Quanto à supressão de plantas daninhas mediada pela ação alelopática, os exemplos da literatura são vastos. Contudo, em sua revisão, Silva, L. (2012) listou algumas plantas daninhas sensíveis à ação alelopática, como: picão-preto (*Bidens pilosa* L.), caruru (*Amaranthus viridis* L.), mata-pasto (*Senna obtusifolia* L.) e beldroega (*Portulaca oleracea* L.). Por outro lado, citou leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit.], pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C. DC.), oriza (*Pogostemon heyneanus* Benth.), nim (*Azadirachta indica* A. Juss.), aveia-preta e sorgos (*Sorghum* spp.), como plantas alelopáticas.

Os cereais de inverno são comumente avaliados quanto à ação alelopática, em particular, as espécies de aveia. A título de exemplo, Bauer e Reeves (1999) observaram que, em cultivo de casa-de-vegetação, a aveia-preta inibiu em 16% o alongamento de raízes do algodoeiro, devido à liberação de compostos alelopáticos. Porém, no campo, o resíduo da aveia não afetou a cultura; pelo contrário, o rendimento do algodoeiro foi maior em sucessão à essa gramínea. No oposto do que foi revelado nesse estudo, Vasconcellos, Silva e Lima (2012) verificaram diminuição significativa da germinação de plantas daninhas nas parcelas onde a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) foi cultivada em sucessão à aveia-preta. Vargas et al. (2007) revelaram que o cultivo de aveia-preta ou de trigo reduziu de 55 a 92% a população de buva [*Conyza bonariensis* (L.) Cronquist], cujas plantas mostraram decréscimo de porte de, no mínimo, cinquenta por cento. Isso facilitou a dessecação antes da semeadura da soja em relação ao momento da aplicação como à dose dos herbicidas utilizados. Tais constatações foram corroboradas por Ribeiro e Campos (2013), em cujo trabalho observou-se que em sistemas produtivos em que se adota a aveia-preta como cobertura do solo houve redução de até 90% na infestação de plantas daninhas.

As aveias sintetizam compostos alelopáticos que atuam na inibição da germinação de sementes e crescimento de plântulas de outras espécies. Os aleloquímicos das aveias apresentam em sua composição a escopoletina (6-metoxi-7-hidroxi-cumarina), que é um tipo de cumarina; há, também, ácidos fenólicos (vanílico e p-hidroxibenzóico), que são substâncias que podem controlar plantas daninhas (BERTOLDI et al., 2009; JACOBI; FLECK, 2000). Apesar disso, há evidências de que

há variabilidade genética quanto a esse atributo. Em laboratório, Hagemann et al. (2010) constataram efeito distinto de extratos aquosos de cultivares de aveia-branca e de aveia-preta na germinação e no desenvolvimento de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.). Além de atuarem sobre plantas daninhas, as aveias podem afetar a germinação das culturas, o que remete a cuidados na adoção de seu cultivo. Castagnara et al. (2012) verificaram que o extrato aquoso de aveia-branca inibiu a germinação de pepino (*Cucumis sativus* L. cv. Calypso): houve redução da ação da peroxidase, provavelmente, pela evolução da catalase, relacionada ao estresse por parte das plântulas.

Outra espécie reconhecida pela sua rusticidade e potencial alelopático é o centeio (REBERG-HORTON et al., 2005). Ele é cultivado principalmente em regiões de clima frio; é adaptado a solos pouco férteis, em parte devido ao seu profundo sistema radicial, que possibilita a absorção de nutrientes pouco disponíveis a outros vegetais, produzindo, por isso, elevados volumes de biomassa (BAIER; FLOSS; AUDE, 1989). A cultura é comumente usada para reduzir a densidade e biomassa de plantas daninhas em soja (HAYDEN et al., 2012; LIEBL; ZEHR; TEYKER, 1992). Além do efeito físico da palhada, é provável que, no seu processo de decomposição, os aleloquímicos sejam metabolizados e, assim, mais um fator de inibição de germinação e/ou crescimento de plantas daninhas (BARNES et al., 1987; REBERG-HORTON et al., 2005). Isso é o que ocorre com a benzoxazinona (BOA) produzida pelo centeio: quando disponibilizada no solo, torna-se susceptível à transformação microbiana, culminando na liberação de metabólitos biologicamente ativos e alelopáticos (NAIR; WHITENACK; PUTNAM, 1990).

Os resíduos de centeio mantêm sobre a superfície do solo a liberação de DIBOA e BOA (BARNES et al., 1987). Souza e Furtado (2002) verificaram que plantas de alface (*Lactuca sativa* L.) pulverizadas com BOA mostraram os mesmos sintomas (amarelecimento foliar e redução no vigor) que plantas pulverizadas com atrazina. Em estudo recente com extrato dessa gramínea foi detectado efeito supressor na germinação de sementes de beterraba (*Beta vulgaris* L.) e, ainda, promoção de anormalidades em plântulas (MARTINELLI; SILVA, 2018), o que indica liberação de aleloquímicos.

A alelopatia também é um assunto de destaque quando se refere ao nabo-forrageiro. Nunes et al. (2014) avaliaram os efeitos de extratos aquosos de diferentes plantas com potencial alelopático, dentre elas, o nabo-forrageiro, aplicados sobre as culturas do alface, soja e pepino. Estudos mostraram influência negativa de extratos dessa brassicácea na germinação, tamanho e morfologia de plântulas e raízes, o que sugere que o nabo seja eficaz na redução das plantas daninhas no campo, convergindo com resultados de outros estudos (NERY et al., 2013; SPIASSI et al., 2011).

O uso de exsudatos radiciais em estudos laboratoriais pode indicar a potencialidade de identificar espécies alelopáticas. Em plantas cultivadas, a descoberta desse atributo poderia agregar valor às cultivares com maior potencial inibitório de plantas daninhas (LEMES, 2018); por outro lado, possíveis danos à cultura em sucessão são igualmente importantes alvos para investigação. Tendo em vista espécies comumente usadas como culturas graníferas e/ou adubação verde, estudos com exsudatos radiciais de aveia-preta, trigo, milho e ervilhaca-comum (*Vicia sativa* L.) mostraram efeitos deletérios na germinação de soja (BORTOLINI; FORTES, 2005). Em específico, a alelopatia de aveia-preta e ervilhaca, que culmina na redução do crescimento de raízes e parte aérea, é dependente da quantidade de material usado na composição dos extratos (PAULINO et al., 2017; SPIASSI et al., 2011). Portanto, há indicativos que o grau de alelopatia de resíduos vegetais depende da quantidade de biomassa em decomposição sobre o solo.

Os estudos sobre alelopatia de aveias, ervilhacas, nabo-forrageiro e centeio sugerem a existência de efeitos inibitórios sobre a germinação e o estabelecimento de outras espécies vegetais, seja em seu cultivo simples ou consorciado. Contudo, o controle de plantas daninhas só terá êxito se a camada de palha sobre o solo for uniforme e em quantidade suficiente. Por isso, a obtenção de bons resultados no SPD está diretamente relacionada ao manejo adequado das coberturas vegetais, combinado com eficiente controle químico das plantas daninhas (NUNES et al., 2010).

Entretanto, muitas dúvidas sobre as interações entre coberturas vegetais e herbicidas no controle de plantas daninhas precisam ser esclarecidas, para que o

agricultor possa usufruir de todos os benefícios do sistema (CORREIA; SOUZA; KLINK, 2005). Os estudos tem demonstrado o quão é importante a manutenção das coberturas de solo; porém, há que ser ter planejamento na rotação de culturas, com cultivo de espécies de elevado potencial de acúmulo de biomassa, associado ao uso adequado de herbicidas (VARGAS et al., 2013).

#### **2.3.4 Dessecação de coberturas vegetais**

A dessecação vegetal, em sentido amplo, consiste na eliminação da vegetação que se encontra sobre o solo. No caso específico de plantas daninhas, a dessecação ocorre mediante uso de herbicidas, geralmente, de ação total, no período que antecede a semeadura da cultura. No caso da soja, a dessecação requer especial atenção sobre como e quando será realizada, para que se obtenha o máximo rendimento da cultura (TIMOSSI; DURIGON; LEITE, 2006). Quando o manejo químico das coberturas vegetais é bem sucedido, com formação de camada em quantidade e distribuição uniforme sobre o solo, a densidade populacional de plantas daninhas emergidas tende a ser menor (NUNES et al., 2010).

O controle das plantas de cobertura e da infestação por plantas daninhas antes da semeadura permite que a cultura tenha desenvolvimento inicial livre de interferência e impede que ocorra rebrote e reinfestação, facilitando a ação de herbicidas pós-emergentes complementares após a emergência da cultura (ALMEIDA, 1991a). Contudo, a utilização de herbicidas + coberturas vegetais é ponto-chave para manter herbicidas distintos no sistema e evitar, assim, casos de seleção de resistência de plantas daninhas (CONCENÇO; GRIGOLLI, 2014).

Outro aspecto importante é a escolha dos herbicidas, especialmente no que diz respeito aos mecanismos de ação, pois isso tem relação direta com o manejo de dessecação. Herbicidas sistêmicos, como o glifosato, tem ação mais lenta e, conseqüentemente, a velocidade de decomposição das plantas é mais demorada. Já, os herbicidas de contato, como o paraquate, promovem dessecação mais rápida e aceleram a decomposição das plantas (JAREMTCHUK et al., 2008). No entanto, o sucesso do

manejo químico depende da correta identificação da espécie a ser controlada, e em que cultura, e da tecnologia de aplicação (SILVA, A. A. et al., 2007).

Normalmente, apenas um herbicida não possui espectro suficiente para controlar todas as espécies de plantas existentes no local. Em situações nas quais a densidade de plantas daninhas é elevada ou em que há predominância de espécies de difícil controle recomenda-se aplicações sequenciais de herbicidas, de quinze a vinte dias antes da semeadura (CONSTANTIN; OLIVEIRA JÚNIOR, 2005). Nessa perspectiva, uma opção que tem demonstrado bons resultados é a aplicação sequencial de herbicidas, ou seja, após uma primeira aplicação, no momento da semeadura se efetua uma segunda aplicação visando complementar o controle das plantas daninhas. Essa segunda aplicação, usualmente, é feita com herbicidas com ação de contato e em mistura com gramínicida, com o intuito de aumentar o espectro de controle das plantas presentes nas áreas (FERREIRA et al., 2010). A dessecação antecipada, além de melhorar as condições de plantio da cultura, atua na dinâmica de disponibilidade de nutrientes, em razão da decomposição da palhada (CORRÊA et al., 2008).

A alternativa que se colocou acima parece ser uma opção à maior efetividade no controle de plantas daninhas para evitar a competição inicial com a cultura. Com efeito, se a dessecação for próxima da semeadura, ou no mesmo dia, as plantas daninhas presentes na área permanecerão competindo com a cultura nos estádios iniciais, o que pode culminar na redução do rendimento de grãos; por outro lado, se realizada em período muito antecipado, favorece o surgimento de um novo fluxo de emergência de plantas daninhas, as quais competem com a cultura (CONSTANTIN; OLIVEIRA JÚNIOR, 2005; CONSTANTIN et al., 2009). Por certo, houve relato de diminuição do rendimento da soja em até 14% quando a semeadura aconteceu imediatamente após a dessecação, em comparação com a aplicação do herbicida aos dez dias antes da semeadura (PEIXOTO; SOUZA, 2002). Calegari et al. (1998) observaram que logo após a dessecação de aveia, a germinação do milho foi desuniforme e apresentou estiolamento, o que pode estar relacionado à alelopatia da planta de cobertura e/ou ao herbicida. Por isso, há que se ter informação a respeito de manejos de dessecação em distintas culturas de cobertura, tanto sobre plantas daninhas como na cultura em

sucessão. Alia-se a essa questão a observação de fatores relativos ao maquinário que será utilizado na semeadura da cultura, espécie de cobertura e quantidade de palhada presente na área (RICCE; ALVES; PRETE, 2011).

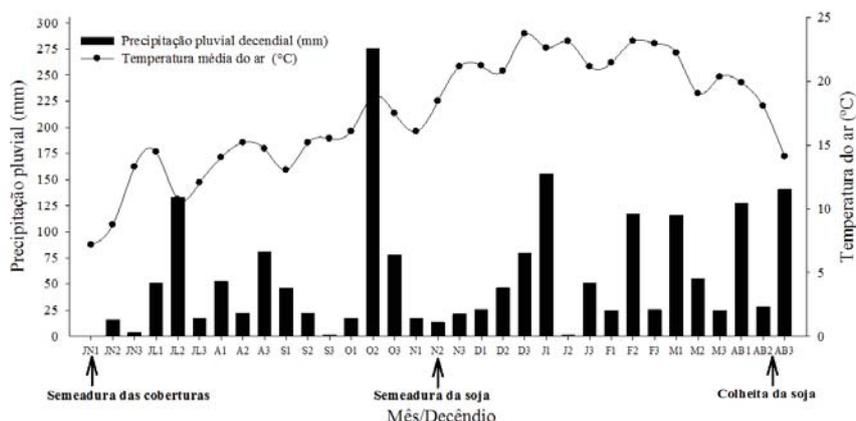
Diante do exposto, o manejo integrado de plantas daninhas é de fundamental importância para a manutenção de lavouras de alto potencial produtivo. A associação de SPD, rotação de culturas e uso de cobertura vegetal são práticas conservacionistas para o aumento e sustentabilidade da produção de soja. Além de melhorar a qualidade do solo, a adoção desse conjunto de medidas facilita o controle e/ou a supressão de plantas indesejadas na lavoura, reduzindo os custos com tratamentos culturais, produtos químicos, tornando o sistema mais sustentável e eficiente, além de minimizar a resistência de plantas daninhas a herbicidas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local do experimento

O trabalho foi conduzido em área com o seguinte histórico de uso: em 2013: soja (verão), aveia-preta (inverno); em 2014: milho (verão), aveia-preta (inverno); em 2015: soja (verão), aveia-preta (inverno). A área se localiza na Estação Experimental da Monsanto do Brasil, no município de Coxilha (28° 07' 38" S, 52° 17' 46" O; 721 m de altitude), Rio Grande do Sul. O solo, classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (SANTOS et al., 2018), apresentou as seguintes características: argila: 38,5%; pH em água: 5,4; Ca: 6,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Mg: 3,0 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; H+Al: 5,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; CTC: 15,6 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; SMP: 5,8; saturação de Al: 0%; saturação de bases: 57%; P: 11,5 mg/dm<sup>3</sup>; K: 260 mg/dm<sup>3</sup> e M.O.: 4,2%. O clima da região é subtropical úmido com verão quente (Cfa), conforme classificação de Köppen (KUINCHTNER; BURIAL, 2001). No período experimental, de junho de 2016 a abril de 2017, a precipitação pluviométrica (Figura 1), de 1.949 mm, foi 260 mm inferior à média histórica regional (EMBRAPA, 2018).

Figura 1 - Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar durante o período experimental. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016-2017



### 3.2 Delineamento da pesquisa

O experimento avaliou oito coberturas vegetais (Fator A) submetidas a três programas de dessecação (Fator B), resultando em 24 tratamentos, que foram arranjados em delineamento de parcela subdividida, com quatro repetições. As coberturas vegetais foram alocadas na parcela principal (4 m x 15 m), em delineamento de blocos casualizados; os programas de dessecação foram distribuídos ao acaso nas subparcelas (4 m x 5 m) (Figura 2). O fator primário foi constituído por oito níveis: a) pousio (emergência de plantas espontâneas); b) aveia-branca; c) aveia-preta; d) centeio; e) ervilhaca-miúda (*Vicia angustifolia* L.); f) nabo-forrageiro; g) aveia-preta + ervilhaca-miúda e h) aveia-preta + nabo-forrageiro.

Figura 2 - Aspecto geral das coberturas vegetais de inverno no 91º dia após a semeadura. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016



Fonte: acervo do autor.

O fator secundário foi composto por três programas de dessecação, referidos por sigla deste ponto em diante e caracterizados conforme segue.

A) PD 30d<sub>G+C</sub> + 2d<sub>P</sub>: glifosato (960 g e.a./ha) + cletodim (84 g i.a./ha), aplicados aos trinta dias antes da semeadura da soja (DAnS) e, em sequência, aplicação de paraquate (200 g i.a./ha), aos 2 DAnS; configura-se como um programa de dessecação sequencial.

B) PD 20d<sub>G+C</sub>: glifosato (960 g e.a./ha) + cletodim (84 g i.a./ha) aplicados aos 20 DAnS.

C) PD 10d<sub>G+C</sub>: glifosato (960 g e.a./ha) + cletodim (84 g i.a./ha) aplicados aos 10 DAnS.

### 3.3 Estabelecimento e condução do experimento

Previamente à semeadura das coberturas vegetais de inverno foi realizada a dessecação da área com glifosato (1.440 g e.a./ha). A semeadura das culturas de cobertura foi realizada com trator John Deere 6125J, equipado com piloto automático Trimble e base RTK, em 4/6/2016, sobre resteva de soja. Para isso, foi usada uma semeadora Stara Prima equipada com caixa de sementes graúdas e de sementes miúdas.

As coberturas vegetais foram estabelecidas em linhas distanciadas de 0,17 m, totalizando 23 linhas por parcela, nas quais foram distribuídas as seguintes quantidades de sementes (em kg/ha): a) aveia-branca: 145; b) aveia-preta (AP): 90; c) centeio: 80; d) ervilhaca-miúda (EM): 50; e) nabo-forageiro (NF): 35; f) AP (75) + EM (20) e g) AP (75) + NF (20). Na cobertura vegetal “pousio” não foi realizada semeadura de quaisquer espécies; a vegetação que recobriu as parcelas desse tratamento foi oriunda de plantas espontâneas de azevém e, em menor presença, de aveia-preta.

A dessecação das coberturas vegetais (Figura 3) foi realizada em 1/12/2016, com pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub> equipado com barra de quatro pontas de pulverização Tebet TT110015 e volume de calda de 200 L/ha e 200 kPa de pressão. Às misturas de herbicidas foi adicionado óleo mineral Assist (0,5% v/v).

A semeadura da soja foi realizada no dia 25/11/2016, para todos os tratamentos, com semeadora Semeato PAR 3600, equipada com disco de corte, sulcador para abertura de sulco e aplicação de adubo e roda compactadora em “V”. A cultivar

utilizada foi BMX Elite, semeada em espaçamento de 50 cm entre linhas, população de 24 plantas/m<sup>2</sup> e adubação de 250 kg/ha da formulação 5-25-25 (NPK).

Figura 3 - Aspecto do experimento após a dessecação das coberturas vegetais. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016



Aos 28 dias após a semeadura da soja foi realizado o controle de plantas daninhas, mediante aplicação de glifosato (960 g e.a/ha), com pulverizador autopropelido Stara Imperador. Durante o desenvolvimento da cultura até a colheita seguiu-se o manejo fitossanitário da Estação Experimental da Monsanto do Brasil, no município de Coxilha, RS. A colheita da soja foi realizada em 22/4/2017 com colhedora de parcelas Almaco SPC 40. Os grãos foram levados ao secador de sementes onde foram padronizados a 13% de umidade.

### **3.4 Amostragem e avaliação**

#### **3.4.1 Coberturas vegetais de inverno**

No período entre a semeadura e a dessecação das coberturas vegetais de inverno foram realizadas avaliações nas parcelas principais para verificar densidade de plantas daninhas e acúmulo de massa seca das coberturas vegetais, conforme segue.

### *Densidade de plantas daninhas*

Aos trinta dias após a semeadura das culturas de cobertura avaliou-se a densidade de plantas daninhas, mediante contagem. A metodologia de amostragem (OLIVEIRA; FREITAS, 2008) constou do arremesso aleatório de uma moldura com área interna de 0,25 m<sup>2</sup> nas quatro linhas laterais das parcelas, por quatro vezes, totalizando 1 m<sup>2</sup> por parcela (Figura 4).

### *Acúmulo de biomassa de coberturas vegetais de inverno*

A estimativa da quantidade de MS acumulada pelas coberturas vegetais ocorreu em 15/11/2016, aos dez dias antes de sua dessecação e da semeadura da soja. A amostragem seguiu o mesmo procedimento do item anterior quanto à dimensão, alocação dos quadrantes e número de repetições. No entanto, após a demarcação dos quadrantes fez-se a remoção da cobertura vegetal mediante corte rente ao solo. As amostras foram levadas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C, durante 72 h, e, então, pesadas.

Figura 4 - Amostragem para avaliação de biomassa de coberturas de inverno e plantas infestantes (plantas daninhas + plantas voluntárias). Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016



### 3.4.2 Programas de dessecação em coberturas vegetais de inverno

No período entre semeadura e colheita da soja foram realizadas avaliações nas subparcelas, a fim de quantificar densidade e acúmulo de biomassa de plantas daninhas.

#### *Densidade de plantas daninhas e plantas voluntárias*

A densidade de plantas daninhas e de plantas voluntárias foi avaliada, separadamente, aos 7, 14, 21 e 28 dias após a semeadura da soja (DApS). Para isso foram demarcados quatro pontos fixos nas subparcelas mediante o arremesso de uma moldura de 0,50 m x 0,50 m em duas linhas laterais de cada subparcela, o que totalizou 1 m<sup>2</sup>/subparcela. Em cada quadrante foi feita a remoção total das plantas daninhas e plantas voluntárias (Figura 4).

#### *Biomassa de plantas infestantes (plantas daninhas + plantas voluntárias)*

Aos 28 DApS foram coletadas duas amostras em 0,25 m<sup>2</sup>, nas duas linhas laterais das subparcelas, para determinação da biomassa de plantas infestantes. O material vegetal presente em cada quadrante foi removido mediante corte rente ao solo. Em seguida foi feita a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C, por 72h, e pesagem.

#### *Emergência da soja*

Aos 15 DApS foi feita a avaliação do estande, com atribuição de código numérico, em que: 1 = 90-100%; 3 = 70-89%; 5 = 50-69%; 7 = 30-49% e 9 = 0-29% de emergência. Essa variável foi considerada quantitativa para fins de análise estatística, devido à escala ser ordinal; isso permite sua análise como variável quantitativa discreta (SNEATH; SOKAL, 1973).

### *Estatutura de planta de soja*

Aos 14 e 28 DApS e na pré-colheita foram tomadas medidas da estatura de dez plantas, escolhidas aleatoriamente, nas quatro linhas centrais das subparcelas.

### *Caracteres morfológicos e componentes do rendimento da soja*

Imediatamente antes da colheita foram coletadas dez plantas da área útil da parcela (10 m<sup>2</sup>) a fim de avaliar os seguintes atributos: a) número de grãos/legume; b) número de grãos/planta; c) número de legumes com dois grãos/planta; d) número de legumes com três grãos/planta; e) comprimento de ramos; f) número de ramos/planta; g) números de nós férteis/planta; h) número de nós abortados/planta; i) número total de nós/planta e j) massa de mil grãos (MMG). Para determinar a MMG foram separadas, ao acaso, oito amostras de cem grãos cada uma, seguido de pesagem e correção de umidade para 13% (BRASIL, 2009, p. 346).

### *Rendimento de grãos de soja*

Para a estimativa do rendimento de grãos, foi colhida uma área de 10 m<sup>2</sup>/subparcela.

## **3.5 Análise estatística**

Os dados relativos à biomassa das coberturas de inverno foram submetidos à análise de variância em modelo unifatorial e, para demais dados, em modelo de parcela subdividida. As médias foram, posteriormente, comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As análises foram executadas com o programa Assistat® (SILVA; AZEVEDO, 2002).

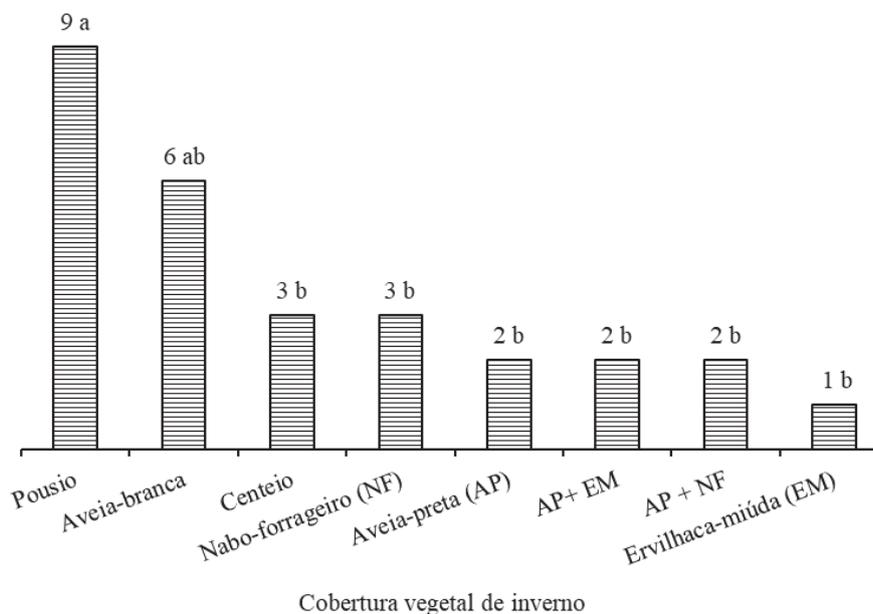
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Coberturas vegetais de inverno

#### 4.1.1 Densidade de plantas daninhas

A ANOVA mostrou diferença entre as coberturas vegetais de inverno quanto à densidade de plantas daninhas. As coberturas de centeio, nabo-forageiro, aveia-preta, aveia-preta + ervilhaca-miúda (AP + EM) e aveia-preta + nabo-forageiro (AP + EM) foram mais competitivas frente às plantas daninhas (Figura 5). Em oposto, nas parcelas de pousio e de aveia-branca, a densidade de plantas daninhas foi, respectivamente, 309 e 172% superior à média da densidade verificada nas demais coberturas.

Figura 5 - Densidade de plantas daninhas aos trinta dias após a semeadura das coberturas vegetais de inverno. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016



Fonte: dados do autor.

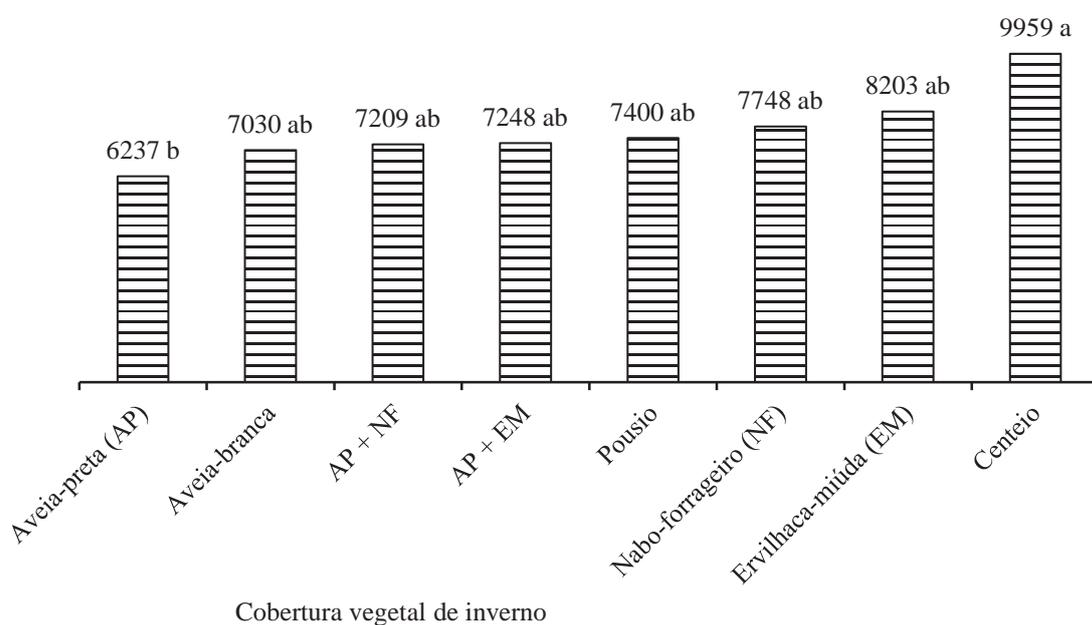
Notas: Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).  
CV = 65,9%.

(1) Em nº de plantas/m<sup>2</sup>.

#### 4.1.2 Acúmulo de biomassa de coberturas vegetais de inverno

As coberturas vegetais de inverno mostraram variabilidade quanto ao acúmulo de biomassa, com superioridade do centeio em relação à aveia-preta em cerca de 60% (Figura 6). Os demais tratamentos não diferiram significativamente entre si, apresentando resultados intermediários entre essas duas gramíneas de inverno.

Figura 6 - Acúmulo de biomassa (1) de coberturas vegetais de inverno aos dez dias antes da semeadura da soja. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016



Notas: Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). CV = 17,3%.

(1) Em kg de massa seca/ha.

O crescimento inicial das coberturas vegetais de inverno foi prejudicado em virtude das baixas temperaturas (média de 10 °C) e da pouca precipitação (19 mm) ocorridas nos primeiros trinta dias após a semeadura (Figura 1). Na primeira semana após o plantio houve quatro dias com temperaturas negativas, o que atrasou a germinação e o estabelecimento das culturas. Em adição, durante os 165 dias de

crescimento (entre semeadura e dessecação) houve 26 dias em que as temperaturas mínimas foram inferiores a 5 °C, o que é, em geral, limitante para espécies hibernais.

Mesmo com a menor precipitação pluviométrica em relação às normais regionais, os acúmulos de biomassa obtido neste estudo estiverem dentro da faixa esperada para essas culturas e, em alguma medida, com resultados obtidos por outros pesquisadores (BALBINOTI JÚNIOR; MORAES; BACKES, 2007; BORTOLY et al., 2010; MEINERZ et al., 2012). A título de comparação, Rizzardi e Silva (2006) conseguiram produções similares de aveia-preta (6.300 kg de MS/ha), mas obtiveram maior produção de biomassa (8.700 kg de MS/ha) para nabo-forageiro, na mesma região climática desta pesquisa.

A elevada quantidade de biomassa do pousio (7.400 kg MS/ha) deveu-se às espécies espontâneas nessas parcelas: azevém e aveia-preta. Essas duas espécies são extensivamente cultivadas na região em que o experimento foi conduzido e devido seu potencial de ressemeadura natural (ULGUIM et al., 2019), sua presença em áreas adjacentes é comumente observada.

De fato, apesar da aveia-preta ser a principal planta de cobertura nessa região, pela rusticidade, facilidade de aquisição de sementes e de implantação, decomposição lenta e elevada produção de biomassa (SILVA et al., 2006), as sementes possuem dormência, o que culmina em sérios riscos de contaminação de áreas agrícolas. Já, as espécies de *Lolium* spp. tem mostrado resistência a vários herbicidas, em diversos países (KHAMMASSI; CHAABANE; SOUISSI, 2018), inclusive o Brasil (ULGUIM et al., 2019), culminando em sério problema para seu controle em sistemas de produção de cereais de inverno.

#### **4.2 Programas de dessecação em coberturas vegetais de inverno**

O efeito, simples ou conjunto, dos fatores testados neste estudo (cobertura vegetal de inverno e programa de dessecação) sobre plantas daninhas, plantas

voluntárias e na cultura da soja está apresentado, a seguir, separadamente para essas classes de plantas e cultura.

#### 4.2.1 Densidade de plantas voluntárias na cultura da soja

A presença de plantas voluntárias (PV) foi afetada simultaneamente pelos fatores testados: aos 7, 14, 21 e 28 dias após a semeadura da soja (DApS) verificou-se efeito distinto dos programas de dessecação conforme a cobertura vegetal (Tabela 1).

Aos 7 DApS, somente nas parcelas em que houve o cultivo isolado de centeio e ervilhaca-miúda (EM) não foi constatada a presença de PVs, nos três programas de dessecação. Por outro lado, no consórcio aveia-preta (AP) + nabo-forrageiro (NF), os programas de dessecação variaram entre si: houve superioridade de 278% com a aplicação sequencial (PD 30d<sub>G+C</sub> + 2p) e de 158% com aplicação aos 20 DANs (PD 20d<sub>G+C</sub>) em relação à dessecação mais tardia (PD 10d<sub>G+C</sub>). Já, na cobertura do nabo-forrageiro, a aplicação sequencial foi superior em 210% em relação aos demais programas, que não diferiram entre si.

Figura 7 - Cobertura vegetal formada pelo consórcio de aveia-preta e ervilhaca-miúda. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016



Tabela 1 - Densidade de plantas voluntárias (1), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a semeadura da soja (DApS), de acordo com o programa de dessecação (2) aplicado a distintas coberturas vegetais de inverno. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017

Cobertura vegetal de inverno	Programa de dessecação		
	PD 30d <sub>G+C</sub> + 2d <sub>P</sub>	PD 20d <sub>G+C</sub>	PD 10d <sub>G+C</sub>
	7 DApS		
Pousio	..	..	..
Aveia-branca	38 abcA	86 bB	92 bB
Aveia-preta	27 abcA	31 abA	204 cB
Centeio	0 aA	0 aA	1 aA
Ervilhaca-miúda	0 aA	3 aA	12 aA
Nabo-forrageiro	75 bcA	271 cB	249 cdB
Aveia-preta + ervilhaca-miúda	10 abA	4 aA	18 aA
Aveia-preta + nabo-forrageiro	84 cA	217 cB	318 dC
CV (Cobertura vegetal)	34,8%		
CV (Programa de dessecação)	33,1%		
14 DApS			
Pousio	..	..	..
Aveia-branca	42 abA	87 bcA	114 bA
Aveia-preta	33 abA	38 abAB	92 bB
Centeio	1 aA	5 aA	11 aA
Ervilhaca-miúda	10 abA	12 abA	49 abA
Nabo-forrageiro	87 bA	206 dB	318 cC
Aveia-preta + ervilhaca-miúda	11 abA	24 abA	54 abA
Aveia-preta + nabo-forrageiro	78 bA	153 cdB	233 cC
CV (Cobertura vegetal)	63,3%		
CV (Programa de dessecação)	30,5%		
21 DApS			
Pousio	..	..	..
Aveia-branca	111 bA	232 cC	172 cB
Aveia-preta	45 abA	40 abA	44 abA
Centeio	2 aA	6 aA	1 aA
Ervilhaca-miúda	19 aA	20 aA	79 bB
Nabo-forrageiro	47 abA	102 bB	210 cC
Aveia-preta + ervilhaca-miúda	32 aA	43 abA	54 abA
Aveia-preta + nabo-forrageiro	26 aA	106 bB	175 cC
CV (Cobertura vegetal)	52,5%		
CV (Programa de dessecação)	37,3%		
28 DApS			
Pousio	..	..	..
Aveia-branca	207 bA	525 dB	499 dB
Aveia-preta	39 aA	106 abA	243 cB
Centeio	3 aA	16 aA	27 aA
Ervilhaca-miúda	19 aA	9 aA	59 aA
Nabo-forrageiro	48 aA	180 cB	173 bcB
Aveia-preta + ervilhaca-miúda	40 aA	84 abA	97 abA
Aveia-preta + nabo-forrageiro	48 aA	85 abA	114 abA
CV (Cobertura vegetal)	47,8%		
CV (Programa de dessecação)	30,9%		

Notas: Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey (p>0,05). .. Não se aplica dado numérico.

(1) Em nº de plantas/m<sup>2</sup>. (2) Programa de dessecação (PD): glifosato (G: 960 g e.a./ha) + cletodim (C: 84 i.a./ha) aos 30, 20 ou 10 dias antes da semeadura da soja (DAnS); paraquate (P: 200 g i.a./ha) aos 2 DAnS.

Similar ao que se observou aos 7 DApS, aos 14 DApS, as coberturas formadas por aveia preta + ervilhaca-miúda (AP + EM) (Figura 7), centeio e ervilhaca-miúda apresentaram as menores densidades de PVs, em qualquer programa de dessecação (Tabela 1). Em continuidade ao que foi constatado sete dias antes, a maior pressão de PVs ocorreu em AP + NF e nabo-forageiro, em cultivo isolado, e com a mesma resposta aos programas de dessecação.

Os 15 dias iniciais do estabelecimento da soja são especialmente importantes para a cultura, uma vez que é a época em que as plântulas emergem. De fato, neste estudo, a emergência ocorreu aos oito dias após a semeadura, o que demonstra a importância do controle de plantas infestantes. O nabo-forageiro foi a planta voluntária que mostrou a maior competição com a soja nesses primeiros 15 dias após a semeadura, indicando que, para controlar sua ressemeadura (Figura 8), é recomendável atrasar seu plantio, a fim de evitar que ele complete seu ciclo. Entretanto, se semeado no início do inverno, há que se observar o uso preferencial de dessecação sequencial, como a que foi usada neste estudo (Tabela 1).

Aos 21 DApS, novamente, nas parcelas que foram cultivadas com centeio na safra anterior, houve a menor incidência de PVs, sem diferença entre programas de dessecação (Tabela 1). Em direção oposta ao que havia ocorrido na quinzena anterior, verificou-se incremento na densidade de plantas voluntárias de ervilhaca-miúda, especialmente, nos programas de dessecação única. Por fim, aos 28 DApS, a menor densidade de PV foi, ainda, na área cultivada anteriormente com centeio; em inversão de tendência, a ervilhaca-miúda reduziu sua densidade. Os dois consórcios, juntamente com essas duas espécies, foram as coberturas que apresentaram as menores densidades de plantas voluntárias, principalmente, no programa de dessecação sequencial.

Comparando plantas voluntárias de nabo-forageiro e de aveia-branca, verificou-se comportamento distinto em nível temporal: a brassicácea teve seu pico de infestação aos 14 dias após a semeadura da soja, com posterior declínio; o oposto foi observado na gramínea, que teve o pico de infestação aos 28 DApS (Tabela 1). De fato, em relação ao que foi verificado no 21º DApS, a densidade de plantas voluntárias elevou, porém com

variação entre o manejo de dessecação: 87% de aumento no programa sequencial, 126% na dessecação única aos 20 DAnS e 190% na dessecação aos 10 DAnS (Tabela 1).

Figura 8 - Plantas voluntárias de nabo-forageiro aos 15 dias após a semeadura da soja. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017



Na média de cobertura vegetal, aos 28 DApS, obteve-se 58, 134 e 176 plantas voluntárias/m<sup>2</sup> com os programas de dessecação PD 30d<sub>G+C</sub> + 2d<sub>P</sub>, PD 20d<sub>G+C</sub> e PD 10d<sub>G+C</sub> (dados não mostrados). Portanto, a escolha do sistema de manejo que visa a dessecação da cobertura vegetal afeta a dinâmica populacional das plantas voluntárias. Em todas as avaliações, a dessecação aos 30 ou 20 DAnS foram mais eficientes em controlar a densidade de plantas voluntárias, em relação à dessecação aos 10 DAnS.

Considerando o total de plantas voluntárias, os dados também indicaram efeito interativo dos fatores testados (Tabela 2). Na resteva do centeio foi verificada a menor densidade total de PVs, nos três programas de dessecação. Para as coberturas de aveia-preta, ervilhaca-miúda e o consórcio dessas culturas, as menores densidades de plantas voluntárias foram verificadas com dessecação aos 30 + 2 ou aos 20 DAnS. Na aveia-branca, por outro lado, o programa sequencial foi isoladamente o melhor em controlar as plantas voluntárias.

As coberturas vegetais de inverno em que os programas de dessecação foram totalmente distintos entre si foram nabo-forrageiro e AP + NF (Tabela 2). Na média dessas coberturas, aplicações únicas de dessecante aos 20 ou aos 10 DAnS mostraram valores superiores na densidade de plantas voluntárias em relação à aplicação sequencial, em 167 e 262%, respectivamente. Portanto, houve vantagem da aplicação de glifosato + cletodim aos 30 DAnS, e, ainda, da adição de uma segunda aplicação aos 2 DAnS, porém, de paraquate. O aumento no período entre a dessecação e a semeadura evita a existência de massa verde quando do plantio direto, ao passo que a aplicação de paraquate suprime plantas infestantes que não foram eliminadas na primeira aplicação e/ou que não haviam emergido.

Tabela 2 - Densidade total de plantas voluntárias (1), entre o 7º e o 28º dia após semeadura da soja, de acordo com o programa de dessecação (2) aplicado a distintas coberturas vegetais de inverno. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017

Cobertura vegetal de inverno	Programa de dessecação		
	PD 30d <sub>G+C</sub> + 2d <sub>P</sub>	PD 20d <sub>G+C</sub>	PD 10d <sub>G+C</sub>
Pousio	..	..	..
Aveia-branca	398 cA	930 dB	877 cB
Aveia-preta	144 abA	215 bA	583 bB
Centeio	6 aA	27 aA	40 aA
Ervilhaca-miúda	48 aA	44 abA	199 abB
Nabo-forrageiro	257 bcA	759 cdB	950 cC
Aveia-preta + ervilhaca-miúda	93 abA	155 abA	223 bB
Aveia-preta + nabo-forrageiro	236 bcA	561 cB	840 cC
CV (Cobertura vegetal)		32,2%	
CV (Programa de dessecação)		16,6%	

Notas: Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

.. Não se aplica dado numérico.

(1) Em nº de plantas/m<sup>2</sup>, na somatória das densidades avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias antes da semeadura da soja (DAnS).

(2) Programa de dessecação (PD): glifosato (G: 960 g e.a./ha) + cletodim (C: 84 i.a./ha) aos 30, 20 ou 10 DAnS; paraquate (P : 200 g i.a./ha) aos 2 DAnS.

A prática de duas aplicações de herbicidas, em diferentes períodos que antecedem a semeadura das culturas, é considerada efetiva para obter-se esse efeito (FERREIRA et al., 2010; JAREMTCHUK et al., 2008). A dessecação antecipada de coberturas de inverno propicia melhor condição de germinação da soja em virtude da

redução de sombreamento (MATOS, 2012), que pode resultar em estiolamento da cultura (CALEGARI et al., 1998; CONSTANTIN et al., 2009). Assim, a intensidade da dessecação ou do tombamento da cobertura vegetal pode ter implicações posteriores no desenvolvimento das culturas e no rendimento de grãos.

#### **4.2.2 Densidade de plantas daninhas na cultura da soja**

A densidade de plantas daninhas (PD) foi avaliada aos 7, 14, 21 e 28 DApS, porém nas duas primeiras semanas a quantidade dessas plantas foi baixa; possivelmente, devido a tal fato, os fatores não afetaram esse atributo (dados não apresentados). Assim, as diferenças entre os tratamentos foram evidenciadas apenas aos 21 e 28 DApS. Entretanto, somente aos 21 DApS, e apenas para o nabo-forageiro, houve efeito dos programas de dessecação, com superioridade para a aplicação de herbicidas aos 10 DAnS (Tabela 3). Nesse programa, houve ausência de plantas daninhas na soja estabelecida sobre resteva de aveia-branca, nabo-forageiro e consórcio AP + NF. Ao contrário, a maior densidade de plantas daninhas ocorreu em parcelas anteriormente recobertas por centeio e ervilhaca-miúda.

Aos 28 DApS não houve diferença entre os programas de dessecação para quaisquer tipos de cobertura vegetal. Sob outra perspectiva, no intervalo de sete dias (21 a 28 DApS) houve incremento médio de 32% na densidade de plantas daninhas, considerando os três programas de dessecação. Em contrapartida, as coberturas vegetais afetaram a densidade de plantas daninhas na cultura da soja, com variação entre elas conforme a dessecação aplicada (Tabela 3).

No programa de dessecação sequencial a menor densidade de PDs ocorreu na soja cultivada sobre palhada de aveia-preta, aveia-branca, nabo-forageiro e AP + NF; na dessecação aos 20 DAnS, isso se repetiu com as aveias, AP + NF e, também, no centeio. Por fim, com dessecação aos 10 DAnS houve ausência de plantas daninhas na soja em sucessão de aveia-preta, nabo-forageiro e do consórcio dessas duas espécies. Portanto, o cultivo de plantas de cobertura no período hibernar mostrou ser altamente inibitório na infestação de plantas daninhas na soja.

Tabela 3 - Densidade de plantas daninhas (1), aos 21 e 28 dias após semeadura da soja, de acordo com o programa de dessecação (2) aplicado a distintas coberturas vegetais de inverno. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017

Cobertura vegetal de inverno	Programa de dessecação		
	PD 30d <sub>G+C</sub> + 2 <sub>P</sub>	PD 20d <sub>G+C</sub>	PD 10d <sub>G+C</sub>
	21 DApS		
Pousio	5 aA	9 bA	5 abA
Aveia-branca	3 aA	2 abA	0 aA
Aveia-preta	1 aA	0 aA	2 abA
Centeio	2 aA	2 abA	15 bA
Ervilhaca-miúda	5 aA	9 bA	9 bA
Nabo-forrageiro	4 aB	2 abAB	0 aA
Aveia-preta + ervilhaca-miúda	1 aA	2 abA	1 abA
Aveia-preta + nabo-forrageiro	3 aA	1 abA	0 aA
CV (Cobertura vegetal)	106,9%		
CV (Programa de dessecação)	62,4%		
	28 DApS		
Pousio	10 bA	16 dA	22 cA
Aveia-branca	1 aA	1 aA	2 abA
Aveia-preta	1 aA	0 aA	0 aA
Centeio	4 abA	2 abA	6 bcA
Ervilhaca-miúda	16 bA	13 cdA	5 abcA
Nabo-forrageiro	1 aA	3 abcA	0 aA
Aveia-preta + ervilhaca-miúda	3 abA	2 abA	1 abA
Aveia-preta + nabo-forrageiro	0 aA	0 aA	0 aA
CV (Cobertura vegetal)	80,9%		
CV (Programa de dessecação)	60,6%		

Nota: Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

(1) Em nº de plantas/m<sup>2</sup>.

(2) Programa de dessecação (PD): glifosato (G: 960 g e.a./ha) + cletodim (C: 84 i.a./ha) aos 30, 20 ou 10 dias antes da semeadura da soja (DAnS); paraquate (P: 200 g i.a./ha) aos 2 DAnS.

#### 4.2.3 Densidade de plantas infestantes na cultura da soja

A densidade de plantas infestantes é a somatória dos valores obtidos para plantas daninhas e plantas voluntárias (culturas de cobertura). Nesse atributo, em pousio e centeio foram observadas as menores densidades de plantas infestantes (Tabela 4). Os baixos valores obtidos para o pousio são devido ao fato de não ter sido feita semeadura de plantas de cobertura nesse tratamento e, por isso, não foi feita a contagem da classe “planta voluntária”. Nesse tratamento, a vegetação presente nas parcelas era composta

apenas por plantas que germinaram espontaneamente e, por isso, não houve ressemeadura das culturas de cobertura (Tabela 4).

Por outro lado, a infestação detectada nas parcelas que receberam aveia-preta, ervilhaca-miúda e o consórcio dessas culturas, as aplicações aos 30 e aos 20 DANs foram similares ( $p>0,05$ ), mas superiores ao outro programa de dessecação ( $p<0,05$ ) quanto ao efeito supressivo no total de plantas infestantes.

Tabela 4 - Densidade total de plantas daninhas + voluntárias (1) na cultura da soja, aos 28 dias após a semeadura da soja (DAPs), de acordo com o programa de dessecação (2) aplicado a distintas coberturas vegetais de inverno. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017

Cobertura vegetal de inverno	Programa de dessecação		
	PD 30d <sub>G+C</sub> + 2 <sub>P</sub>	PD 20d <sub>G+C</sub>	PD 10d <sub>G+C</sub>
Pousio	15 aA	26 aA	32 aA
Aveia-branca	410 cA	846 dB	945 dC
Aveia-preta	137 abA	190 bA	396 cB
Centeio	13 aA	31 aA	66 aA
Ervilhaca-miúda	70 aA	67 abA	220 bB
Nabo-forageiro	244 bA	705 dB	819 dC
Aveia-preta + ervilhaca-miúda	98 aA	138 abA	279 bcB
Aveia-preta + nabo-forageiro	240 bA	542 cB	870 dC
CV (Cobertura vegetal)		28,7%	
CV (Programa de dessecação)		14,5%	

Nota: Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

(1) Em nº de plantas/m<sup>2</sup>.

(2) Programa de dessecação (PD): glifosato (G: 960 g e.a./ha) + cletodim (C: 84 i.a./ha) aos 30, 20 ou 10 dias antes da semeadura da soja (DAnS); paraquate (P: 200 g i.a./ha) aos 2 DANs.

Em geral, a densidade de plantas infestantes na cultura soja foi 65% menor quando houve aplicação sequencial em relação à aplicação única do glifosato + cletodim aos 10 DANs. Como principal exemplo da vantagem da adoção da aplicação sequencial foi o que ocorreu na soja semeada sobre palhada de aveia-branca, nabo-forageiro e AP + NF. Essas coberturas foram, também, as mais responsivas aos programas de dessecação: na medida em que houve atraso nessa prática verificou-se aumento gradual e significativo no total de

plantas daninhas + plantas voluntárias (Tabela 4).

#### **4.2.4 Biomassa de plantas infestantes na cultura da soja**

Houve interação significativa dos fatores testados no acúmulo de biomassa de plantas infestantes (Tabela 5). Apesar da interação, destaca-se que, na média de programa de dessecação, a biomassa foi maior (>700 kg de MS/ha) em que houve cultivo de aveia-branca, nabo-forrageiro e AP + NF. Isso supõe que tais culturas exibiram maior taxa de ressemeadura e, portanto, maior quantidade de plantas voluntárias.

O centeio foi a cobertura com menor acúmulo de biomassa de plantas infestantes, provavelmente, em decorrência de seu ciclo curto, rápida decomposição de restos vegetais e ação alelopática sobre plantas daninhas (NAIR et al., 1990; SILVA, L.; 2012). Além disso, foi a cobertura com o maior acúmulo de biomassa, conforme avaliação feita aos dez dias antes da semeadura da soja (Figura 6); por isso, o centeio é comumente utilizado para reduzir ou suprimir as plantas daninhas na cultura da soja (HAYDEN et al., 2012; LIEBL; ZEHR; TEYKER, 1992).

Exceto no pousio, as menores quantidades de biomassa de plantas infestantes foram observadas com aplicação sequencial nas coberturas de aveia-preta, centeio, ervilhaca-miúda e AP + EM (Tabela 5). Considerando a aplicação aos 20 ou aos 10 DAnS, isso ocorreu somente em centeio e ervilhaca-miúda. Destaca-se o aumento significativo na biomassa de plantas infestantes em soja que sucedeu aveia-preta e AP + EM, com as aplicações únicas em relação à aplicação sequencial.

O nabo-forrageiro foi a cobertura de inverno que culminou nas maiores quantidades de massa seca de plantas infestantes, especialmente, nas dessecações únicas. No Paraná, Martins, Gonçalves e Silva Júnior (2016) verificaram resultados divergentes a esses, pois com cobertura morta de aveia-preta ou de nabo-forrageiro os autores constataram maior controle de picão-preto, independentemente do manejo químico.

A dessecação antecipada favorece o estabelecimento de uma camada vegetal morta no solo, já que a ação do glifosato não é imediata sobre as plantas suscetíveis. A presença dessa camada de palha na superfície do solo exerce efeitos físicos relacionados às variações nas amplitudes térmicas e hídricas do solo e à quantidade de luz que é filtrada pela palha, com efeito sobre a dormência e, conseqüentemente, sobre a germinação das plantas infestantes (MATOS, 2012; TAYLORSON; BORTHWICK, 1969). Além disso, a camada de palha serve como barreira natural, o que dificulta ou impede a emergência de plântulas (BORGES et al., 2014) e, ainda, reduz a sobrevivência daquelas oriundas de sementes com poucas reservas (GOMES JUNIOR; CHRISTOFFOLETI, 2008).

Tabela 5 - Biomassa de plantas daninhas + plantas voluntárias (1), aos 28 dias após semeadura da soja, de acordo com o programa de dessecação (2) aplicado a distintas coberturas vegetais de inverno. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017

Cobertura vegetal de inverno	Programa de dessecação		
	PD 30d <sub>G+C</sub> + 2 <sub>P</sub>	PD 20d <sub>G+C</sub>	PD 10d <sub>G+C</sub>
Pousio	50 aA	52 aA	101 aA
Aveia-branca	734 bA	879 bA	728 cA
Aveia-preta	153 aA	216 aAB	313 bB
Centeio	20 aA	36 aA	33 aA
Ervilhaca-miúda	83 aA	76 aA	132 abA
Nabo-forrageiro	660 bA	1119 cB	1141 dB
Aveia-preta + ervilhaca-miúda	80 aA	239 aB	233 abB
Aveia-preta + nabo-forrageiro	583 bA	937 bcB	867 cB
CV (Cobertura vegetal)		25,2%	
CV (Programa de dessecação)		22,6%	

Nota: Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

(1) Em kg de massa seca/ha.

(2) Programa de dessecação (PD): glifosato (G: 960 g e.a./ha) + cletodim (C: 84 i.a./ha) aos 30, 20 ou 10 dias antes da semeadura da soja (DAnS); paraquate (P: 200 g i.a./ha) aos 2 DAnS.

A vantagem de se fazer a dessecação antecipada também foi observada por Constantin et al. (2007), na cultura do milho: em relação à aplicação no dia da semeadura, a aplicação do glifosato aos 10 ou 24 DAnS propiciou controle similar de plantas daninhas, de 63 e 67%, respectivamente. Os autores destacaram que a melhoria do controle com dessecações anteriores ao dia da semeadura foi devido ao tempo necessário para o glifosato dessecar a biomassa presente na área. Na cultura da soja, Monquero et al. (2010) verificaram,

igualmente, vantagem na antecipação progressiva da dessecação, que além de exercer maior controle de plantas infestantes evitou a semeadura sobre grande quantidade de biomassa. Ao compararem o efeito da dessecação aos 2, 7, 14, 21 ou 28 DAnS, os autores constataram que as aplicações antecipadas aos 21 ou 28 DAnS proporcionaram melhor estande da cultura, em virtude da biomassa de plantas daninhas já estar dessecada e tombada sobre o solo. Com isso, não houve sombreamento e a emergência foi favorecida; o contrário ocorreu com aplicação aos 2 ou 7 DAnS, pois na semeadura ainda havia grande quantidade de biomassa de plantas daninhas, prejudicando o estabelecimento da soja. Osipe et al. (2011) também observaram benefícios do manejo antecipado (20 DAnS) de plantas daninhas na cultura da soja, em consequência de se obter adequado efeito residual de herbicidas junto ao solo, impedindo a germinação e a emergência de plantas daninhas. Além disso, os autores sustentam que haveria menor possibilidade de danos diretos do herbicida sobre a cultura.

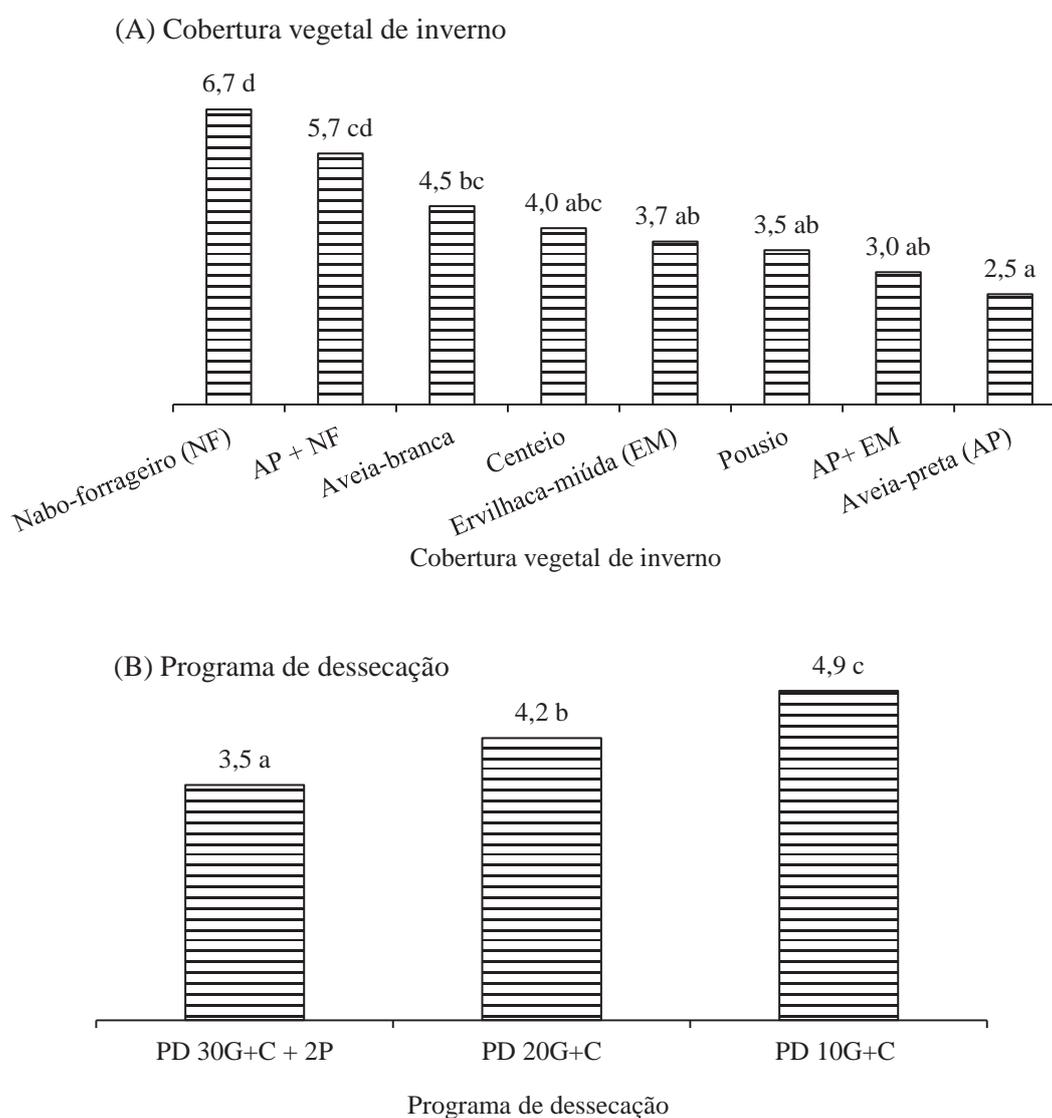
No manejo de dessecação sequencial, em que se utiliza, primeiramente, herbicida sistêmico e de ação total, como o glifosato, seguido de uma aplicação de herbicida de contato, como o paraquate, após dez ou vinte dias, ou na data da semeadura, pode se obter maior eficiência no controle das plantas daninhas (PROCÓPIO et al., 2006). A aplicação do herbicida de contato tem como objetivo eliminar plantas daninhas que tenham germinado após a dessecação com o herbicida sistêmico e, eventualmente, alguma rebrota de plantas perenes.

#### **4.2.5 Emergência de plântulas de soja**

Para a emergência da soja, houve apenas efeito simples dos fatores testados (Figura 9). A emergência foi avaliada por método visual, sendo que parcelas com nota acima de 5 indicaram situações onde o estande inicial de soja estava comprometido. A melhor cobertura para a emergência de soja foi em sucessão de aveia-preta, AP + EM, pousio e ervilhaca-miúda. Nesses tratamentos não foram observadas falhas ou atraso de emergência. Por outro lado, os piores estandes de soja ocorreram em coberturas de inverno com nabo-forrageiro ou no seu consórcio com aveia-preta (Figura 9A), resultando em  $\frac{1}{4}$  de emergência em relação à aveia-preta. O estande da soja refletiu, em certa medida, o que foi constatado na densidade

total de plantas voluntárias (Tabela 2). Provavelmente, as falhas de estande da soja cultivada sobre resteva de nabo-forageiro decorreram da competição exercida pelas plantas voluntárias da espécie com a cultura (BIANCHI et al., 2011; OLIVEIRA, 2009).

Figura 9 - Emergência de plântulas de soja (1) de acordo com a cobertura vegetal de inverno (A) e programas de dessecação (B) (2). Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017



Notas: Letras diferentes sobre colunas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).  
CV (A) = 31,2%; CV (B) = 23,0%.

(1) Em notas, conforme o percentual de emergência: 1 = 90-100%; 3 = 70-89%; 5 = 50-69%; 7 = 30-49% e 9 = 0-29%.

(2) Programa de dessecação (PD): glifosato (G: 960 g e.a./ha) + cletodim (C: 84 i.a./ha) aos 30, 20 ou 10 dias antes da semeadura da soja (DAnS); paraquate (P: 200 g i.a./ha) aos 2 DAnS.

Quanto ao centeio (Figura 9A), seu efeito deletério sobre a emergência da soja, em relação à aveia-preta, pode estar vinculado à alelopatia, pois durante a decomposição da palhada há disponibilização de BOA e DIBOA (BARNES et al., 1987; REBERG-HORTON et al., 2005). Em estudos com hortaliças foi verificado que extratos aquosos de centeio reduziram o crescimento de alface (VENTURELLI et al., 2015) e a taxa de germinação de beterraba (MARTINELLI; SILVA, 2018). Isso reforça a hipótese de que o mecanismo inibitório da palhada do centeio esteja vinculado aos aleloquímicos, em adição à elevada quantidade de palhada (Figura 6).

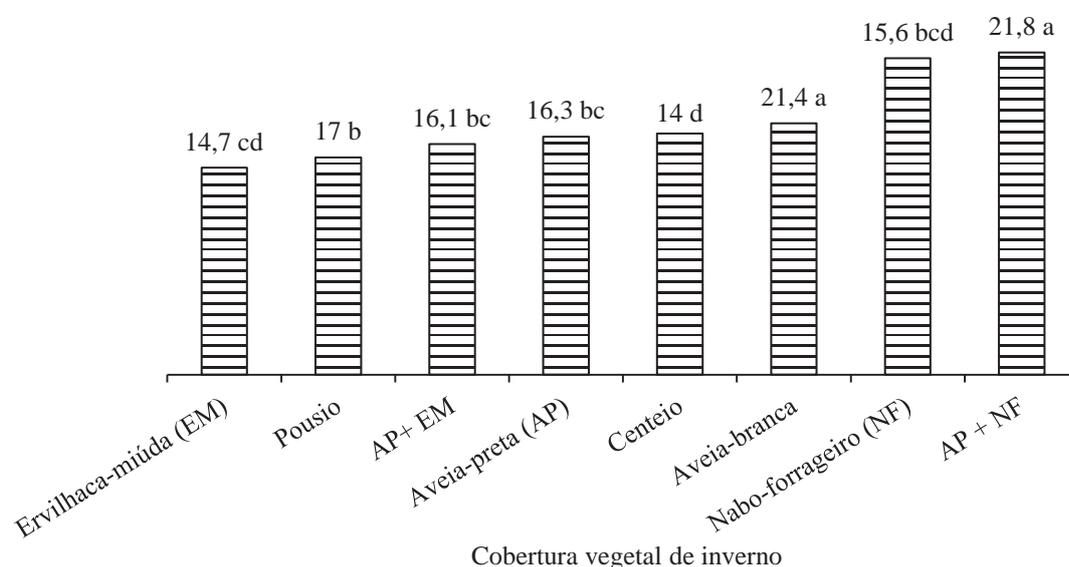
Nas parcelas de soja que sucederam o pousio (Figura 9A), a emergência da soja foi semelhante àquela verificada sob cultivo antecedente de ervilhaca e de AP + EM. No pousio não foi realizada semeadura de quaisquer espécies e a vegetação que recobriu as parcelas desse tratamento foi oriunda de plantas espontâneas de azevém e, em menor presença, de aveia-preta. Isso não significa que a adoção de pousio seja uma prática recomendada, mesmo que as plantas espontâneas sejam espécies de elevado valor forrageiro e de formação de palhada, como foi o caso deste estudo (azevém e aveia-preta). O azevém é uma planta daninha para culturas graníferas dada sua ressemeadura natural, elevado afilhamento e vigor. Além disso, sua resistência ao glifosato (PEREZ; KOGAN, 2003) merece elevado cuidado, a fim de evitar-se o risco de infestação dessa gramínea em campos de produção de sementes.

Para os programas de dessecação, na média de cobertura vegetal, quanto mais antecipada foi a aplicação do glifosato + cletodim, melhor foi o estande da soja (Figura 9B). Noutra perspectiva, com o atraso em 20 e 10 DANs, em relação à aplicação aos 30 DANs, a redução foi de 17 e 29%, respectivamente. Apesar dos resultados aqui obtidos, não é possível afirmar a existência de um padrão de interação entre cobertura vegetal e programa de dessecação quanto ao efeito sobre a emergência da soja. Contudo, parece ser consenso que a aplicação antecipada de herbicidas à semeadura apresenta bons resultados no controle das plantas daninhas e, mesmo, das plantas voluntárias, abrindo espaço suficiente para que a soja tenha adequada emergência e crescimento inicial.

#### 4.2.6 Estatura de plantas de soja

A estatura da soja foi mensurada aos 14 e 28 dias após a semeadura e, posteriormente, na pré-colheita. Somente para os valores obtidos aos 14 DApS e na pré-colheita houve interação significativa de cobertura vegetal de inverno e programa de dessecação, pois aos 28 DApS houve efeito isolado de cobertura vegetal de inverno. Aos 28 DApS, a estatura da soja variou de 14 a 22 cm, o que evidenciou marcante efeito da cobertura vegetal neste atributo (Figura 10).

Figura 10 - Estatura de plantas de soja (1), aos 28 dias após a semeadura, de acordo com a cobertura vegetal de inverno, na média de programa de dessecação (2). Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017



Notas: Letras diferentes sobre colunas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). CV= 8,1%.

(1) Em centímetro.

(2) Programa de dessecação (PD): glifosato (G: 960 g e.a./ha) + cletodim (C: 84 i.a./ha) aos 30, 20 ou 10 dias antes da semeadura da soja (DAnS); paraquate (P: 200 g i.a./ha) aos 2 DAnS.

Sobre a resteva de nabo-forrageiro, ou de sua mistura com aveia-preta, a soja exibiu o maior crescimento vertical; em relação às plantas de soja cultivadas sobre resíduo de ervilhaca-miúda ou pousio, essa diferença representou cerca de 55%, ao passo que em relação às demais coberturas, a diferença foi de, aproximadamente, 33%. Considerando o

efeito interativo de cobertura vegetal e programa de dessecação, aos 14 DApS as maiores estaturas foram verificadas em soja estabelecida sobre palhada de centeio, aveia-branca e aveia-preta sob dessecação sequencial (Tabela 6). Com o programa de dessecação intermediário (20 DAnS), esse comportamento se manteve, mas acrescido de nabo-forageiro e de AP + EM; isso ocorreu também na dessecação aos 10 DAnS, exceto para as aveias. Em contrapartida, o alongamento da soja foi inferior (estatura média = 7 cm) quando seu cultivo foi sobre resíduo de ervilhaca-miúda, em relação às demais coberturas, nos três programas de dessecação.

Tabela 6 - Estatura de planta de soja (1), aos 14 dias após a semeadura e na pré-colheita, de acordo com o programa de dessecação (2) aplicado a distintas coberturas vegetais de inverno. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017

Cobertura vegetal de inverno	Programa de dessecação		
	PD 30d <sub>G+C</sub> + 2 <sub>P</sub>	PD 20d <sub>G+C</sub>	PD 10d <sub>G+C</sub>
	14 dias após a semeadura		
Pousio	8,2 bcA	7,8 bcA	7,8 cdA
Aveia-branca	9,2 abA	9,6 aA	9,7 abA
Aveia-preta	9,1 abA	8,9 abA	9,0 bcA
Centeio	9,7 aA	9,8 aA	9,8 abA
Ervilhaca-miúda	7,6 cA	6,9 cA	7,3 dA
Nabo-forageiro	8,4 abcB	10,0 aA	10,5 aA
Aveia-preta + ervilhaca-miúda	8,9 abcA	9,2 aA	9,1 bcA
Aveia-preta + nabo-forageiro	8,4 abcC	9,6 aB	10,6 aA
CV (Cobertura vegetal)	7,0		
CV (Programa de dessecação)	6,3		
	Pré-colheita		
Pousio	90,5 abA	89,5 abA	91,2 aA
Aveia-branca	83,8 bA	84,8 bcA	87,0 aA
Aveia-preta	91,5 abA	88,5 abA	86,0 aA
Centeio	94,0 aA	88,8 abA	88,2 aA
Ervilhaca-miúda	93,8 aA	89,5 abA	90,2 aA
Nabo-forageiro	84,2 bA	78,5 cAB	73,2 bB
Aveia-preta + ervilhaca-miúda	94,0 aA	94,5 aA	88,8 aA
Aveia-preta + nabo-forageiro	86,5 abA	85,2 bcA	77,2 bB
CV (Cobertura vegetal)	4,8%		
CV (Programa de dessecação)	4,1%		

Notas: Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

(1) Em centímetro.

(2) Programa de dessecação (PD): glifosato (G: 960 g e.a./ha) + cletodim (C: 84 i.a./ha) aos 30, 20 ou 10 dias antes da semeadura da soja (DAnS); paraquate (P: 200 g i.a./ha) aos 2 DAnS.

No estágio de pré-colheita, somente para a soja semeada sobre resteva de nabo-forrageiro e de AP + NF houve diferença entre os programas de dessecação; em ambos os casos, a aplicação aos 10 DANs promoveu menor estatura da cultura (Tabela 6). Considerando apenas o tipo de cobertura, a menor estatura da soja ocorreu quando do seu cultivo sobre resíduo de nabo-forrageiro, o que sugere possível correlação negativa com a biomassa de plantas infestantes ocorrida nessa cultura (Tabela 5).

De maneira geral, sob competição, as plantas da soja tendem a incrementar sua estatura, como forma de maximizar a captação da radiação e sombrear as plantas daninhas (SILVA et al., 2009). A presença de palha em elevada quantidade pode provocar o alongamento do caule e, até, o estiolamento da soja (DEBIASI et al., 2010; FRANCHINI et al., 2014). Na pré-colheita, as menores estatura de plantas de soja foram observadas nas áreas previamente cultivadas por nabo-forrageiro e seu consórcio com aveia-preta, principalmente, no manejo químico realizado aos 10 DANs (Tabela 6). O oposto ocorreu com centeio, ervilhaca-miúda, AP + EM nos três programas de dessecação.

#### **4.2.7 Rendimento de grãos de soja**

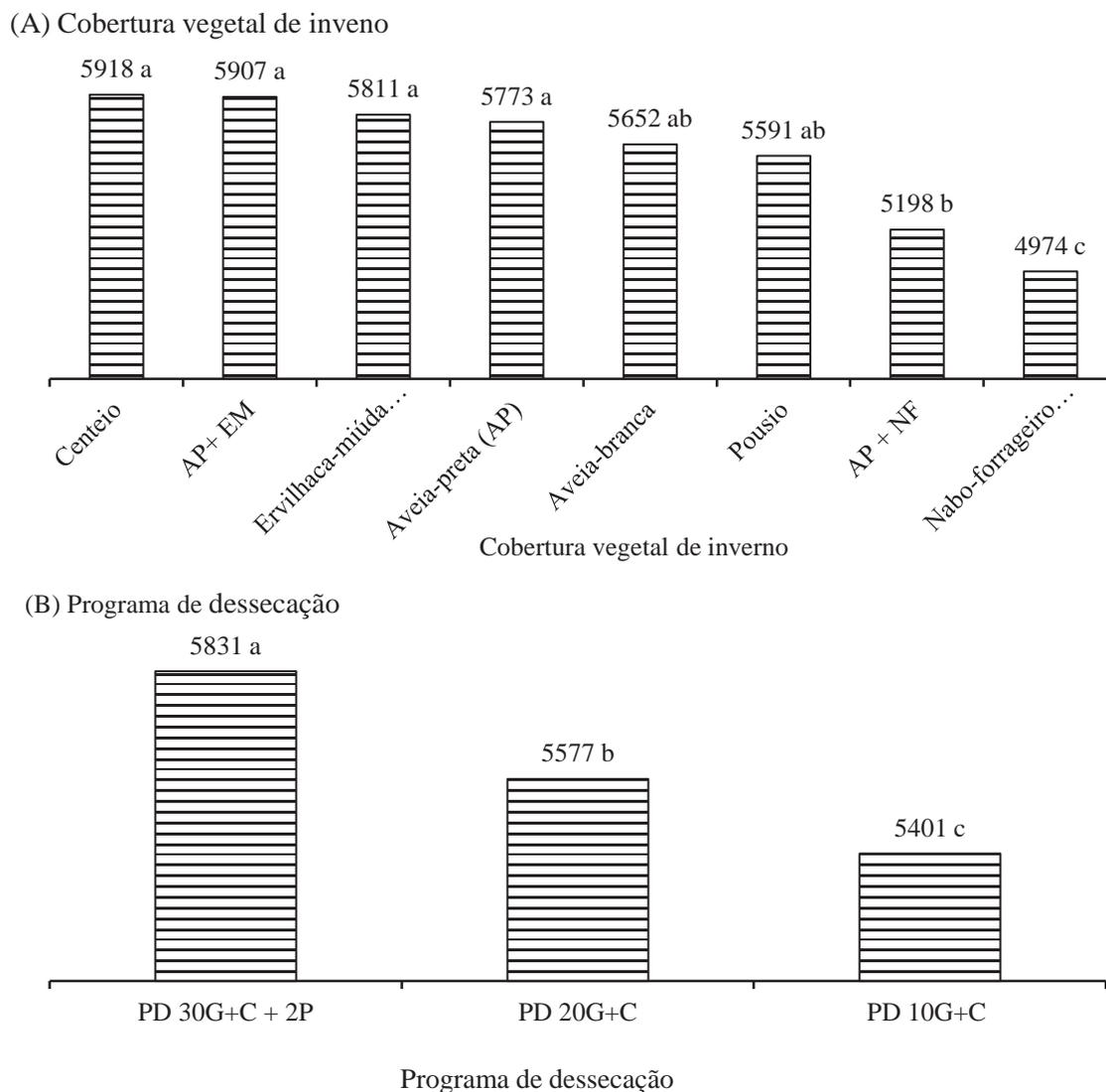
O rendimento de grãos foi afetado por cobertura vegetal e programa de dessecação, sob efeito isolado de ambos os fatores (Figura 11). Na média de programa de dessecação, o menor rendimento de grãos ocorreu nas áreas cultivadas anteriormente com nabo-forrageiro e AP + NF (Figura 11A); em contrapartida, os maiores rendimentos foram após sucessão de centeio, ervilhaca-miúda, aveia-preta e AP + EM.

Na sucessão dessas quatro coberturas de inverno, o rendimento médio da soja (98 sacos/ha) foi 15% superior ao rendimento médio conseguido nas áreas cobertas com nabo-forrageiro e seu consórcio com aveia-preta (85 sacos/ha). Tais constatações vêm ao encontro dos resultados já apresentados e discutidos quanto à infestação de plantas daninhas + plantas voluntárias nas áreas que receberam as diferentes coberturas vegetais (Tabelas 4 e 5).

Na média de cobertura vegetal de inverno, a antecipação da dessecação + aplicação de paraquate, elevou em entre 5 (20 DANs) e 8% (10 DANs) a produtividade da soja,

concordando com resultados de outros estudos sobre a vantagem da antecipação da dessecação (CONSTANTIN et al., 2009; HENZ; ROSA, 2017).

Figura 11 - Rendimento de grãos (1) de soja de acordo com a cobertura vegetal de inverno (A) e programa de dessecação (B) (1). Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017



Notas: Letras diferentes sobre colunas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).  
CV (A) = 7,2%; CV (B) = 9,3%.

(1) Em kg/ha.

#### 4.2.8 Características agronômicas e componentes do rendimento de soja

O rendimento da soja é uma característica complexa e que pode ser decomposta em

seus componentes: número de plantas por unidade de área, número de legumes por planta, número de grãos por legume e massa de mil grãos (PEIXOTO et al., 2000). Neste trabalho, os fatores testados afetaram simultaneamente apenas a massa de mil grãos (Tabela 7), com efeito simples para os demais atributos agronômicos.

A iniciar pelo caractere (MMG) em que os fatores afetaram simultaneamente os resultados, os valores mais elevados foram conseguidos sob combinação aveia-preta-aplicação sequencial, ervilhaca-miúda-dessecação aos 20 DAnS e pousio-dessecação aos 10 DAnS. Por outro lado, os menores valores foram ocasionados pela combinação de aveia-branca-dessecação aos 20 ou 10 DAnS.

Tabela 7 - Massa de mil grãos de soja de acordo com o programa de dessecação (2) aplicado a distintas coberturas vegetais de inverno. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017

Cobertura vegetal de inverno	Programa de dessecação		
	PD 30d <sub>G+C</sub> + 2 P	PD 20d <sub>G+C</sub>	PD 10d <sub>G+C</sub>
Pousio	188 abA	182 abA	183 aA
Aveia-branca	180 bcA	174 bB	172 bB
Aveia-preta	189 aA	182 abB	183 aB
Centeio	182 abcA	182 abA	177 abA
Ervilhaca-miúda	187 abA	189 aA	180 abB
Nabo-forrageiro	176 cA	174 bA	174 bA
Aveia-preta +ervilhaca-miúda	188 abA	181 abB	180 abB
Aveia-preta + nabo-forrageiro	180 bcA	180 bA	178 abA
CV (Cobertura vegetal)	2,8		
CV (Programa de dessecação)	1,8		

Nota: Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

(1) Em g/1000 grãos.

(2) Programa de dessecação (PD): glifosato (G: 960 g e.a./ha) + cletodim (C: 84 i.a./ha) aos 30, 20 e 10 dias antes da semeadura da soja (DAnS); paraquate (P: 200 g i.a./ha) aos 2 DAnS.

A significância do efeito de programa de dessecação nas coberturas formadas por aveia-branca, aveia-preta, ervilhaca-miúda e AP + EM sugere que o efeito positivo da dessecação sobre a MMG só se manifestou sob aplicação sequencial; na ervilhaca-miúda, isso ocorreu, também, com aplicação única aos 20 DAnS. Na soja cultivada em resteva de aveia-branca, aveia-preta, ervilhaca-miúda e AP + EM, na medida em que houve maior proximidade da dessecação com a semeadura, a massa de mil grãos declinou. Já, naquelas coberturas em que não houve efeito de dessecação, o nabo-forrageiro foi, isoladamente, a

cobertura em que a soja mostrou a menor massa de mil grãos.

A literatura aponta alguns resultados divergentes aos obtidos neste trabalho (DEBIASI et al., 2010; HENZ; ROSA; 2017; VALICHESKI et al., 2012), em que as coberturas vegetais de inverno não interferiram na MMG; porém, os pesquisadores não testaram tratamentos de dessecação e, ainda, não informaram qual o dessecante usado. A exemplo, Debiasi et al. (2010) não evidenciaram diferença entre as coberturas de nabo-forrageiro e aveia-preta sobre o MMG da soja; contudo, eles não testaram programas de dessecação, o que restringe a discussão sobre prováveis motivos de divergências com resultados do presente trabalho. De qualquer forma, a interação cobertura vegetal-programa de dessecação atestada neste estudo acrescenta novidades relativas do efeito desses fatores na massa de mil grãos da soja.

Para o comprimento de ramos, observou-se que a soja cultivada sobre resíduo de ervilhaca-miúda mostrou maior valor para esse atributo, na média de programa de dessecação (Figura 12A). Ao contrário, com nabo-forrageiro e AP + NF as plantas exibiram os menores comprimentos de ramos, o que equivaleu, em média, a 80% do que foi conseguido nas parcelas com resíduo de ervilhaca-miúda.

Quanto ao número total de ramos, observou-se comportamento, em parte, inverso ao que ocorreu no comprimento de ramos: com as coberturas vegetais de aveia-branca e nabo-forrageiro conseguiu-se maior número de ramos/planta, e o oposto foi observado na soja cultivada sobre palhada de AP + EM (Figura 12B).

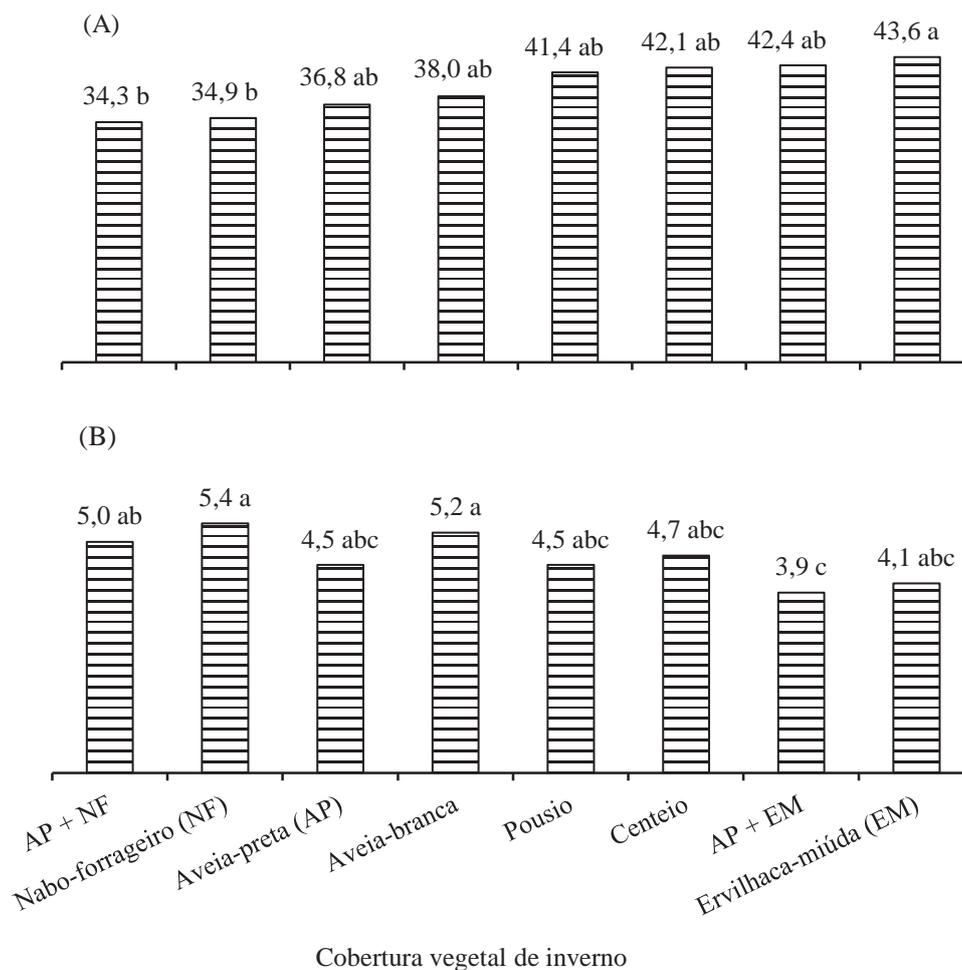
Os demais caracteres morfológicos, incluindo componentes de rendimento, também variaram quanto à cobertura de inverno que antecedeu a cultura da soja (Tabela 8). Assim, plantas de soja em sucessão ao centeio produziram maior número de nós férteis e nós totais, o que parece estar associado ao maior comprimento de ramos verificado com essa cobertura (Figura 12A). Embora não tenha sido feita avaliação de comprimento de entrenó e de número de nó/ramo, é provável que ramos mais longos tenham apresentado maior número de nós.

Por outro lado, plantas de soja cultivadas em área anteriormente cultivada com nabo-forrageiro apresentaram maior número de legumes (Tabela 8), sugerindo correlação negativa com o número de ramos (Figura 12B). Peixoto et al. (2000) constataram que, pelo menos, 50% do rendimento em grãos de soja esteve correlacionado positiva e significativamente com

número total de legumes, número total de grãos e massa de mil grãos.

Em geral, o cultivo de soja sobre palhada de aveia-preta e AP + EM culminou em plantas de soja com menores valores de nós férteis e totais, de legumes com dois grãos, três grãos e legumes totais (Tabela 8).

Figura 12 - Comprimento médio (A) (1) e número de ramos totais (B) (2) de plantas de soja conforme a cobertura vegetal de inverno, na média de programa de dessecação. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017



Notas: Letras diferentes sobre colunas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

C.V (A) = 15,2%; C. V (B) = 15,4%.

(1) Em centímetro.

(2) Em nº/planta.

Ao contrário, verificou-se que o número total de grãos foi 35% menor em plantas de soja semeadas sobre palhada de aveia-preta em relação àquelas cultivadas sobre resíduo de

nabo-forrageiro. Na comparação desses resultados com o efeito de cobertura vegetal sobre a emergência da cultura (Figura 9), a menor densidade de plantas de soja sobre resíduo de nabo-forrageiro levou à formação de maior número de ramos, legumes e grãos.

Sabe-se que um dos componentes do rendimento que contribui para a maior tolerância à variação na população de plantas é o número de legumes por planta, que varia inversamente ao aumento ou redução da população (GOMES JUNIOR; CHRISTOFFOLETI, 2008; THOMAS; COSTA, 2010).

Tabela 8 - Caracteres morfológicos e componentes do rendimento de soja (1) de acordo com cobertura vegetal de inverno (2), na média de programa de dessecação. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017

Componentes do rendimento	Cobertura vegetal de inverno							
	Pousio	AB	AP	Centeio	EM	NF	AP+EM	AP+NF
Nós férteis (NF) CV (A) = 8,5%	15,6ab	15,2ab	14,4b	16,8a	15,8ab	15,4ab	14,6b	15,5ab
Nós totais (NF + NA) CV = 7,9%	18,2ab	17,3ab	17,0 b	19,1 a	18,5 ab	17,3ab	17,1 b	17,4ab
Legumes de dois grãos (L2G) CV (A) = 24,4%	30bc	36ab	25c	32abc	29bc	40a	27 bc	32 abc
Legumes de três grãos (L3G) CV (A) = 25,8%	35b	42 ab	31 b	38ab	36ab	49a	34 b	39ab
Legumes totais (L2G + L3G) CV (A) = 21,8%	71 bc	85ab	62 c	77abc	72 bc	96a	67 bc	77 abc
Grãos totais CV (A) = 21,4%	175bc	209ab	153c	191 abc	76bc	237a	167bc	193 abc

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ .)

(1) Em nº/planta.

(2) AB = aveia-branca; AP = aveia-preta; EM = ervilhaca-miúda; NF = nabo-forrageiro.

Os componentes do rendimento aqui avaliados foram afetados, também, pelo programa de dessecação (Tabela 9). Verificou-se que a aplicação sequencial aumentou o número de nós abortados, o que pode ser uma resposta fisiológica da soja, provavelmente, à maior disponibilidade nutricional, em virtude da palhada estar em processo de decomposição

mais adiantada. Sugere-se que, na continuidade de estudos deste tipo, essas questões sejam avaliadas, já que as coberturas vegetais podem alterar a fertilidade superficial do solo, além de interferir em outros aspectos bióticos e abióticos.

Nos demais componentes do rendimento, foi com os programas de aplicação única dos herbicidas, aos 20 ou 10 DAnS, que obteve-se incremento significativo, em relação à aplicação sequencial. Em específico, no número total de grãos, em que houve incremento de 16 e 20% para o manejo glifosato + cletodim (20 DAnS) e glifosato + cletodim (10 DAnS), respectivamente, em relação à aplicação sequencial.

Tabela 9 - Componentes do rendimento (1) de soja conforme o programa de dessecação (2) aplicado às coberturas vegetais de inverno. Coxilha, Rio Grande do Sul, 2016/2017

Componentes de rendimento	Programa de dessecação		
	PD 30d <sub>G+C</sub> + 2P	PD 20d <sub>G+C</sub>	PD 10d <sub>G+C</sub>
Ramos totais CV= 19,6%	4,3 B	4,9 A	4,8 AB
Nós abortados CV= 29,2%	2,7 A	2,2 B	2,0 B
Nós férteis CV= 8,0%	14,9 B	16,5 AB	15,8 A
Legumes de dois grãos (L2G) CV= 19,1%	28,4 B	32,9 A	33,2 A
Legumes de três grãos (L3G) CV= 18,0%	33,8 B	39,4 A	41,0 A
Legumes totais (L2G + L3G) CV= 15,4%	68,2 B	78,9 A	80,3 A
Grãos totais CV= 15,0%	168,3 B	194,1 A	200,6 A

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

(1) Em nº/planta.

(2) Programa de dessecação (PD): glifosato (G: 960 g e.a./ha) + cletodim (C: 84 i.a./ha) aos 30, 20 ou 10 dias antes da semeadura da soja (DAnS); paraquate (P: 200 g i.a./ha) aos 2 DAnS.

## 5 CONCLUSÃO

A eficiência de programas de dessecação depende da cobertura vegetal para suprimir as plantas infestantes na cultura da soja. Assim, o centeio, espécie com elevado acúmulo de biomassa e baixo potencial de infestação, expressa elevada capacidade de controle de plantas daninhas e é versátil quanto ao manejo de dessecação. Por outro lado, nabo-forrageiro, aveia-preta e consórcios dessa gramínea com ervilhaca-miúda ou nabo-forrageiro, compõem coberturas vegetais cujo potencial supressivo de plantas daninhas é especialmente revelado com dessecação sequencial.

Na soja cultivada sobre resteva de aveia-branca, aveia-preta, ervilhaca-miúda e do consórcio dessa leguminosa com aveia-preta, o efeito positivo da dessecação na massa de mil grãos só se manifesta com o programa de dessecação sequencial. Essa interação não se expressa para emergência, rendimento e componentes do rendimento da soja. Contudo, o programa de dessecação sequencial resulta em maior emergência da e, consequentemente, no rendimento da cultura, em resposta ao elevado controle de plantas infestantes obtido com tal prática. Em soja cultivada sobre palhada de centeio, ervilhaca-miúda e aveia-preta, cultivadas isoladamente, e de consórcio de aveia-preta com ervilhaca-miúda, há possibilidade de obter-se produtividade média próxima de 98 sacos/ha.

O estudo mostra a importância de se realizar a dessecação conforme as culturas de cobertura e, preferencialmente, com herbicidas de distintos mecanismos de ação e aplicados sequencialmente. Em aplicações únicas, há vantagens em antecipar a dessecação em, no mínimo, vinte dias antes da semeadura da soja.

Ainda que benefícios sejam observados com a utilização de plantas de cobertura, precauções devem ser tomadas ao utilizar o nabo-forrageiro, isoladamente ou em consórcio com a aveia-preta, pois apresenta elevada infestação na cultura da soja. Para evitar esse efeito, negativo, sugere-se atrasar o seu plantio para evitar a ressemeadura.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle químico é ainda a maneira mais utilizada pela agricultura contemporânea para o manejo de plantas daninhas. Todavia, a utilização de herbicidas em uma conjuntura diferente da recomendada, como doses inferiores ou modo impróprio de aplicação, refletirá no desempenho negativo desses produtos, podendo causar resistência e prejuízos ao meio ambiente. Por outro lado, o Brasil apresenta elevada diversidade de agroecossistemas produtivos, com peculiaridades edáficas e climáticas nas quais se percebe grande biodiversidade e potencial para o aparecimento de espécies consideradas como pragas, especialmente as plantas daninhas. Portanto, com possibilidade de grande utilização de produtos químicos.

O uso de herbicidas sem critérios técnicos e análise ambiental pode agravar a competição com culturas tradicionais como soja, milho e trigo (*Triticum aestivum* L.), fazendo com que sejam selecionados indivíduos resistentes aos princípios ativos aplicados, reduzindo as possibilidades de controle e gerando severos prejuízos aos produtores. Diante desse cenário, o desenvolvimento de estratégias integradas de controle se faz necessário, sobremaneira, nos sistemas produtivos agroexportadores, nos quais os agricultores não tem ingerência no preço de venda das *commodities* e nem no custo dos insumos, cada vez mais onerosos; principalmente, os agroquímicos. Nesse contexto, um dos temas deste trabalho foi o manejo integrado de plantas daninhas, numa abordagem preventiva ao invés de prescritiva. Para tanto, utilizou-se o manejo cultural com coberturas vegetais de inverno, uma vez que é parte do sistema de plantio direto na Região Sul do Brasil.

A importância das coberturas vegetais se deve à formação de palhada sobre a superfície do solo e, com isso, há redução da infestação de plantas daninhas, além de incorporar matéria orgânica ao sistema, reduzir a erosão, controlar nematoides e doenças de raízes, entre outros benefícios. Contudo, é necessário se adotar um programa

de dessecação adequado, a fim de promover o controle das plantas daninhas e, ainda, proporcionar boas condições para a semeadura da cultura em sucessão. Essa questão é parte da problemática desta pesquisa, já que a prática de dessecação é imprescindível para o manejo das coberturas vegetais no sistema de plantio direto.

Estratégias que integram o controle de plantas daninhas, como o uso combinado de herbicidas e coberturas vegetais, tem ganhado representatividade no cenário produtivo e acadêmico, visto o crescente número de pesquisas sobre o assunto. Tais pesquisas apontam para o sucesso na semeadura da soja sobre resteva de aveia, nabo, ervilhaca e centeio, e suas combinações com o manejo químico antecipado. A dessecação objetiva o controle das próprias culturas de cobertura e é feita de modo a se ter um intervalo de vários dias, até mesmo semanas, até a semeadura da cultura; neste caso, a soja.

Por conseguinte, a questão elaborada neste trabalho, relativa à problemática, foi: o tipo de cobertura vegetal de inverno interfere na eficácia de programas de dessecação no controle de plantas daninhas e no desempenho da cultura da soja? A resposta a essa pergunta foi o que norteou este trabalho. Os resultados do estudo indicam que a resposta é “sim”: à variação no tipo de cobertura vegetal, os efeitos dos programas de dessecação também variam, mesmo que não ocorra alteração para todos os atributos da cultura da soja.

Portanto, o uso de plantas de cobertura e dessecação adequada faz parte do manejo integrado de plantas daninhas, que é cada vez mais técnica e ambientalmente necessária, evitando a dependência exclusiva de herbicidas. A redução da dependência desses produtos minora o impacto ambiental e contribui para a sustentabilidade dos herbicidas, evitando uma alta pressão seletiva à resistência de plantas daninhas.

Certamente, este estudo se apresenta como mais uma contribuição ao uso racional de insumos e recursos ambientais para ampliar a sustentabilidade do agronegócio da soja, fazendo-se necessárias pesquisas semelhantes em diferentes agroecossistemas para uma compreensão mais completa sobre esta temática.

## REFERÊNCIAS

ADEGAS, F. S.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P.; KARAM, D.; SILVA, A. F. da; AGOSTINETTO, D. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. (Circular, 132).

ALMEIDA, F. S. **Controle de plantas daninhas em plantio direto**. Londrina: IAPAR, 1991a. 34p. (Circular, 67).

\_\_\_\_\_. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, p. 221-236, 1991b.

ALMEIDA, M. O.; MATOS, C. da C. de; SILVA, B. V.; BRAGA, R. R.; FERREIRA, E. A.; SANTOS, J. B. dos S. Interação entre volume de vaso e competição com plantas daninhas sobre o crescimento da soja. **Revista Ceres**, v. 62, n. 6, p. 524-530, 2015.

AMIM, R. T.; FREITAS, S. de P.; FREITAS, I. L de J.; SCARSO, M. F. Banco de sementes do solo após a aplicação de herbicidas pré-emergentes durante quatro safras de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 10, p. 1710-1719, 2016.

AMOSSÉ, C.; JEUFFROY, M. H.; DAVID, C. Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: effects on performance and resource availability. **Field Crops Research**, v. 145, n. 1, p. 78-87, 2013.

BAIER, A. C.; FLOSS, E. L.; AUDE, M. I. S. **As lavouras de inverno 1: aveia, centeio, triticale, colza, alpiste**. 2. ed. Rio de Janeiro: Globo, 1989.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; MORAES, A.; BACKES, R. L. Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 473-480, 2007.

BARAIBAR, B.; HUNTER, M.; SCHIPANSKI, M.; HAMILTON, A.; MORTENSEN, D. Weed suppression in cover crop monocultures and mixtures. **Weed Science**, v. 66, n. 1, p. 121-133, 2017.

BARNES J. P.; PUTNAM, A. R.; BURKE, B. A.; AASEN, A. J. Isolation and characterization of allelochemicals in rye herbage. **Phytochemistry**, v. 26, n. 5, p. 1385–1390, 1987.

BATTISTUS, A. G.; VORPAGEL, J.; OLIVEIRA, T. L.; EGEWARTH, V. A.; BULEGON, L. G. Utilização de extrato de aveia preta (*Avena strigosa*) no desenvolvimento inicial de alface (*Lactuca sativa*) visando melhor qualidade das plantas. **Cadernos de Agroecologia - Anais do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011. Ref. 11670.

BAUER, P. J.; REEVES, D. W. A comparison of winter cereal species and planting dates as residue cover for cotton grown with conservation tillage. **Crop Science**, v. 39, p. 1824-1830, 1999.

BERTOLDI, C.; DE LEO, M.; BRACA, A.; ERCOLI, L. Bioassay-guided isolation of allelochemicals from *Avena sativa* L.: allelopathic potential of flavone C-glycosides. **Chemoecology**, v. 19, n. 3, p. 169–176, 2009.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D.; RIZZARDI, M. A. Interferência de *Raphanus sativus* na produtividade de cultivares de soja. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 783-792, 2011.

BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S.; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E.; ALVES, M. C. Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 755-763, 2014.

BORTOLINI, M. F., FORTES, A. M. T. Efeitos alelopáticos sobre a germinação de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 1, p. 5-10, 2005.

BORTOLY, E. D.; MACHADO, S. L. O.; OLIVEIRA, M. A.; KARLEC, F.; PICCININI, F. Manejo de plantas daninhas em sistemas de rotação de plantas de cobertura sob plantio direto da soja no RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 720-724.

BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. 1. ed. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

BRIGHENTI, A. M. Biologia de plantas daninhas In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; CONSTANTIN, J. (Coord.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 103-121.

CALEGARI, A.; HECKLER, J. C.; SANTOS, H. P. dos; PITOL, C.; FERNANDES, F. M.; HERNANI, L. C.; GAUDÊNCIO, C. de A. Culturas, sucessões e rotações. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema Plantio Direto**. O produtor pergunta a Embrapa responde. Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. p. 59-80.

CASTAGNARA, D. D.; MEINERZ, C. C.; MULLER, S. S.; SCHMIDT, M. A. H.; PORTZ, T. N.; OBICI, L. V.; GUIMARÃES, V. F. Potencial alelopático de aveia, feijão guandu, azevém e braquiária na germinação de sementes e na atividade enzimática do pepino. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 2, p. 31-42, 2012.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; OVEJERO, R. F. L. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas aos Herbicidas - HRAC-BR, 2008. p. 9-34.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos: safra 2017/18, quarto levantamento. Brasília: Conab, v. 5, n. 4/jan. 2018, 2018. (Monitoramento agrícola).

CONCENÇO, G.; GRIGOLLI, J. F. J. Plantas daninhas em sistemas de produção de soja. In: LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; PITOL, C.; GITTI, D. de C.; ROSCOE, R. (Org.). **Tecnologia e Produção**: Soja 2013/2014. 1 ed. Curitiba: Midiograf, 2014. p. 98-107.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. **Informações Agronômicas**, v. 109, p. 14-15, 2005.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; CAVALIERI, S. D.; ARANTES, J. G. Z.; ALONSO, D. G.; ROSO, A. C.; COSTA, J. M. Interação entre sistemas de manejo e controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade do milho. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 513-520, 2007.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; INOUE, M. H.; CAVALIERI, S. D.; ARANTES J. G. Z. Sistemas de manejo de plantas daninhas no desenvolvimento e na produtividade da soja. **Bragantia**, v. 68, n. 1, p. 125-135, 2009.

CORRÊA, J. C.; HOFFMANN, H. P.; MONQUERO, P.; CASAGRANDE, J. C.; PULGA, A. P. Efeito do intervalo de dessecação antecedendo a semeadura do milho e do uso de diferentes espécies de plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 739-746, 2008.

CORREIA, N. M. **Influência do tipo e quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas e na eficiência de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da soja**. 2005. 180f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

\_\_\_\_\_. **Biologia e manejo de plantas daninhas no sistema de plantio direto de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2018. (Documentos, 161).

CORREIA, N. M.; REZENDE, P. M. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja**. Lavras: Editora UFLA, 2002.

CORREIA, N. M.; SOUZA, I. F.; KLINK, U. P. Palha de sorgo associada ao herbicida imazamox no controle de plantas daninhas na cultura da soja em sucessão. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 483-489, 2005.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 603-612, 2010.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R.. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1714-1723, 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.  
**Informações Meteorológicas. Laboratório de Agrometeorologia/Embrapa Trigo**. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/>>. Acesso em 7 jul. 2018.

FAVARETTO, A.; CANTRELL, C. C.; FRANK R. FRONCZEK; DUKE, S. O.; WEDGE, D. E.; ABBAS, A.; SCHEFFER-BASSO, S. M. New phytotoxic cassane-like diterpenoids from *Eragrostis plana*. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 67, n. 7, p. 1973-1981, 2019.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 175-204, 2000. Edição especial.

FERREIRA, C.; OSIPE, J. B.; ALVES, K. A.; SORACE, M. A.; OSIPE, R.; BRITO NETO, A. J. Avaliação da eficiência do herbicida Finale (amônio-flufosinato) aplicado na modalidade sequencial, no controle químico de buva, na operação de manejo em plantio direto, da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: Funep, 2010. p. 1435-1439.

FERREIRA, M. C. **Manejo das coberturas vegetais de inverno e de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura da soja em plantio direto**. 2009. 102f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 999-1005, 2014.

GAZZIERO, D. Resistência é a questão. **Cultivar**, v. 4, n. 1, p. 16-18, 2005. Disponível em: <[www.cultivar.inf.br](http://www.cultivar.inf.br)>. Acesso em: 25 jun. 2019.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; M. CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.

GOMES JUNIOR, F. G; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 789-798, 2008.

GREEN-TRACEWICZ, E.; PAGE, E. R.; SWANTON, C. J. Shade avoidance in soybean reduces branching and increases plant-to-plant variability in biomass and yield per plant. **Weed Science**, v. 59, n. 1, p. 43-49, 2011.

HAGEMANN, T. R.; BENIN, G.; LEMES, C.; MARCHESI, J. A.; MARTIN, T. N.; PAGLIOSA, E. S.; BECHE, E. Potencial alelopático de extratos aquosos foliares de aveia sobre azevém e amendoim-bravo. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 509-518, 2010.

HAMMER, D. J.; STOLTENBERG, D. E.; COLQUHOUN, J. B.; CONLEY, S. P. Has breeding improved soybean competitiveness with weeds? **Weed Science**, v. 66, n. 1, p. 57-61, 2018.

HAYDEN Z. D.; BRAINARD, D. C.; HENSHAW, B.; NGOUAJIO, M. Winter annual weed suppression in rye-vetch cover crop mixtures. **Weed Technology**, v. 26, n. 4, p. 818-825, 2012.

HEAP, I. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds - 2019**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

\_\_\_\_\_. Global perspective of herbicide-resistant weeds. **Pest Management Science**, v. 70, n. 9, p. 13-6-1315, 2014. Volume especial.

HECKLER, J. C.; HERNANI, L. C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema Plantio Direto**. O produtor pergunta a Embrapa responde. Dourados: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. p. 37-49.

HENZ, F. M.; ROSA, H. A. Produtividade da soja após cultivo de plantas de cobertura de inverno. **Revista Cultivando o Saber**, v. 1, p. 204-212, 2017.

IAS – INTERNATIONAL ALLELOPATHY SOCIETY. **Constitution and Bylaw of IAS**. Cádiz - Spain: IAS Newsletter, 1996.

JACOBI, U. S.; FLECK, N. G. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 11-19, 2000.

JAREMTCHUK, C. C.; CONSTANTIN, J. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; BIFFE, D. F.; ALONSO, D. G.; ARANTES, J. G. Z. de. Efeito de sistemas de manejo sobre a velocidade de dessecação, infestação inicial de plantas daninhas e desenvolvimento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 4, p. 449-455, 2008.

KANCHAN, S. D.; JAYACHANDRAN, K. S. Alleopathic effects of *Parthenium hysterophorus* L. I. Exudation of inhibitors through roots. **Plant Soil**, v. 53, n. 1-2, p. 27-35, 1979.

- KUPLICH, T. M.; CAPOANE, V.; COSTA, L. F. F. O avanço da soja no Bioma Pampa. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 31, p. 83-100, 2018.
- KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Exatas**, v. 2, n. 1, p. 171-182, 2001.
- LAMEGO, F. P.; KASPARY, T. E.; RUCHEL, Q.; GALLON, M.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 433-442, 2013.
- LAMEGO, F. P.; REINEHR, M.; CUTTI, L.; AGUIAR, A. C. M.; RIGON, C. A. G.; PAGLIARINI, I. B. Alterações morfológicas de plântulas de trigo, azevém e nabo quando em competição nos estádios iniciais de crescimento. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 13-22, 2015.
- LEMES, C. F. C. **Avena spp.: reação a nematoides-das-galhas, atividade nematocida e alelopática**. 2018. 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.
- LIEBL, R. A.; ZEHR, U. B.; TEYKER, R. H. Influence of nitrogen form on extracellular pH and bentazon uptake by cultured soybean (*Glycine max*) cells. **Weed Science**, v. 40, n. 3, p. 418-423, 1992.
- LÓPEZ-OVEJERO, R. F. I.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade comparativa a herbicidas pós-emergentes de biótipos de *Digitaria ciliaris* resistente e suscetível aos inibidores da ACCase. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 789-796, 2006.
- MARTINS, D.; GONÇALVES, C. G.; SILVA JÚNIOR, A. C. Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 649-657, 2016.
- MARTINELLI, V. A.; SILVA, V. N. Efeito alelopático de centeio na germinação e crescimento de plântulas de beterraba. **Agrarian Academy**, v. 5, n. 9, p. 1-19, 2018.
- MATOS, E. H. da S. F. **Plantas Daninhas**. 1 ed. Brasília: CDT/UNB, 2012. (Dossiê técnico).

MEINERZ, G. R.; OLIVO, C. J.; FONTANELI, R. S.; AGNOLIN, C. A.; HORST, T.; BEM, C. M. de. Produtividade de cereais de inverno de duplo propósito na Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 4, p. 873-882, 2012.

MEROTTO JÚNIOR, A.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G.; ALMEIDA, M. L. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 9-16, 2002.

MONQUERO, P. A.; AMARAL, L. R.; INÁCIO, E. M.; BRUNHARA, J. P.; BINHA, D. P.; SILVA, T. V.; SILVA, A. C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 85-95, 2009.

MONQUERO, P. A.; CRISTOFFOLETI, P. J.; MATAS, J. A.; HEREDIA, A. Caracterização da superfície foliar e das ceras epicuticulares em *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus*. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 203-210, 2004.

MONQUERO, P. A.; MILAN, B.; SILVA, P. V.; HIRATA, A. C. S. Intervalo de dessecação de espécies de cobertura do solo antecedendo a semeadura de soja. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 561-573, 2010.

MOURÃO JÚNIOR, M.; SOUZA FILHO, A. P. S. Diferenças no padrão da atividade alelopática em espécies da família Leguminosae. **Planta Daninha**, v. 28, p. 939-951, 2010. Número Especial.

NAIR, M. G.; WHITENACK, C. J.; PUTNAM, A. R. 2,2'-oxo-1,1'-azobenzene a microbially transformed allelochemical from 2,3-benzoxazolinone. **Journal of Chemical Ecology**, v. 16, n. 2, p. 353-364, 1990.

NERY, M. C.; CARVALHO, C. L. M. de; NERY, F. C. N.; PIRES, R. M. de O. Potencial alelopático de *Raphanus sativus* L. var. *oleiferus*. **Informativo Abrates**, v. 23, n. 1, p. 15-20, 2013.

NUNES, J. V. D.; MELO, D. de; NÓBREGA, L. H. P.; LOURES, N. T. P.; SOSA, D. E. F. Atividade alelopática de extratos de plantas de cobertura sobre soja, pepino e alface. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 122-130, 2014.

NUNES, A. S.; TIMOSSI, P. C.; PAVANI, M. C. M. D.; COSTA ALVES, A. P. L. Formação de cobertura vegetal e manejo de plantas daninhas na cultura da soja em sistema plantio direto. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 727-733, 2010.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 33-46, 2008.

OLIVEIRA, A. S. **Características Agronômicas e qualidade de sementes de nabo forrageiro em função da densidade de semeadura e do espaçamento**. 2009. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 1 ed. São Paulo: OMNIPAX, 2011.

OSIPE, J. B.; ZENY, E. P.; CUNHA, B. A.; OSIPE, R.; RIOS, F. A.; FRANCHINI, L. H.; BRAZ, G. B. P.; TEIXEIRA, E. S. Eficiência de misturas de herbicidas no controle de buva em diferentes alturas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GLYPHOSATE, 3., 2011, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: Fepaf, 2011. p. 199- 202.

PAULINO, R. A.; SCHOENHERR, B.; LUZ, P. da; LAJÚS, C. R.; KLEIN, C.; JUNGES, M.; TREMEA, G. Potencial alelopático de extratos de ervilhaca (*Vicia villosa*) aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) na germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de milho. **Revista Thema**, v. 14, n. 4, p. 33-43, 2017.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. de S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 1, 89-96, 2000.

PEIXOTO, M. F.; SOUZA, I. F. Efeitos de doses de imazamox e densidades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em soja (*Glycine max* (L.) Merr.) sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 2, p. 252-258, 2002.

PELÁ, A. **Uso de plantas de cobertura em pré-safra e seus efeitos nas propriedades físicas do solo e na cultura do milho em plantio direto na região de Jaboticabal-SP**. 2002. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PEREIRA, E. S.; EDIVALDO D.; VELINI, E. D.; CARVALHO, L. T. de; MAIMONI-RODELLA, R. C. S. Avaliações qualitativas e quantitativas de plantas daninhas na cultura da soja submetida aos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 207-216, 2000.

PEREIRA, G. R.; COSTA, N. V.; MORATELLI, G.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P. Growth and development of *Digitaria insularis* biotypes susceptible and resistant to glyphosate. **Planta Daninha**, v. 35, n. 1, p. 1-6, 2017.

PEREZ, A.; KOGAN, M. Glyphosate-resistant *Lolium multiflorum* in Chilean orchards. **Weed Research**, v. 43, p. 12-19, 2003.

PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PROCÓPIO, S. O.; LAMEGO, F. P. Manejo cultural e físico de infestantes em canaviais. In: RIBAS, A. V. (Org.). **Teoria e prática do manejo de infestantes na cultura da cana-de-açúcar no Brasil**. Porto Alegre: Evangraf, 2011. p. 41-60.

PROCÓPIO, S. O.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; BARROSO, A. L. L.; MORAES, R. V.; SILVA, M. V. V.; QUEIROZ, R. G.; CARMO, M. L. Efeitos de desseccantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 193-197, 2006.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. M. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. 3 ed. New York: Willey, 2007.

REBERG-HORTON, S. C.; BURTON, J. D.; DANEHOWER, D. A.; MA, G.; MONKS, D. W.; MURPHY, J. P.; RANELLS, N. N.; WILLIAMSON, J. D.; CREAMER, N. G. Changes over time in the allelochemical content of ten cultivars of rye (*Secale cereale* L.). **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 1, p.179-193, 2005.

RIBEIRO, J. A.; CAMPOS, A. D. O efeito alelopático da aveia em relação a plantas daninhas: revisão bibliográfica. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA EM AVEIA, 33., 2013, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2013. 1 CD-Rom.

RICCE, W. S.; ALVES, S. J.; PRETE, C. E. C. Época de dessecação de pastagem de inverno e produtividade de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1220-1225, 2011.

RIPARDO FILHO, H. S.; PACHECO, L. C.; SOUZA FILHO, A. P. S.; GUILHON, G. M. S. P.; ARRUDA, M. S. P.; SANTOS, L. S. Bioensaios de atividade alelopática dos esteroides espinasterol, espinasterona e glicopiranosil espinasterol. **Planta Daninha**, v. 30, n. 4, p. 705-712, 2012.

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

ROCKENBACH, A. P.; RIZZARDI, M. A.; NUNES, A. L.; BIANCHI, M. A.; CAVERZAN, A.; SCHNEIDER, T. Interferência entre plantas daninhas e a cultura: alterações no metabolismo secundário. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 59-70, 2018.

ROSSI, C. V. S.; VELINI, E. D.; LUCHINI, L. C.; NEGRISOLI, E.; CORREA, M. R.; PIVETTA, J. P.; COSTA, A. G. F.; SILVA, F. M. L. Dinâmica do herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 223-230, 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINI, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERA, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SARAIVA, A. S.; ERASMO, E. A. L.; MATA, J. F. I; DORNELAS, B. F.; DORNELAS, D. F.; SILVA, J. I. C. Density and sowing season of two *Brachiaria* species on the soybean culture. **Planta Daninha**, v. 31, n. p. 569-576, 2013.

SARE – SUSTAINABLE AGRICULTURE RESEARCH AND EDUCATION. 2015. **Annual Report Cover Crops Survey**: a synopsis of the information collected during the 2014-2015 coper crop survey. Disponível em: <<http://www.sare.org/covercropsurvey>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

SCHUMACHER, W. J.; THILL, D. C.; LEE, G. A. Allelopathic potencial of wild oat (*Avena fatua*) on spring wheat (*Triticum aestivum*) growth. **Journal of Chemical Ecology**, v. 9, n. 8, p. 1235-1245, 1983.

SILVA, A. A. da.; SILVA, P. R. F. da.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 928-935, 2007.

SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; GALON, L.; COELHO, A. T. C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 75-84, 2009.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, p. 71-78, 2002.

SILVA, L. **Manejo de plantas daninhas dicotiledôneas na cultura da soja (*Glycine max* L., Merr.)**. 2012. 106f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

SILVA, M. P. da.; ARG, O.; SÁ, M. E. de.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L.; SOUZA, L. C. D. de. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 60-67, 2017.

SILVA, P. R. da.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. da. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1011-1020, 2006.

SILVA, P. S. S. Atuação dos aleloquímicos no organismo vegetal e formas de utilização da alelopatia na agronomia. **Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 65-74, 2012.

SKORA NETO, F.; PASSINI, T.; RODRIGUES, B. N. Manejo de plantas daninhas. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. (Ed.). **Sistema de plantio direto com qualidade**. Londrina: Iapar/Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2006. p. 143-155.

SNAPP, S. S.; SWINTON, S. M.; LABARTA, R.; MUTCH, D.; BLACK, J. R.; LEEP, R.; NYIRANEZA, J.; O' NEIL, K. Evaluation cover crops for benefits, costs and performance within cropping system. **Agronomy Journal**, v. 97, p. 322-332, 2005.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. 1. ed. San Francisco: W. H. Freeman, 1973.

SOUZA, I. F. de; FURTADO, D. A. da S. Caracterização de aleloquímicos do centeio (*Secale cereale*) e seu potencial alelopático sobre plantas de alface. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 1097-1099, 2002.

SPIASSI, A.; FORTES, A. M. T.; PEREIRA, D. C.; SENEM, J.; TOMAZONI, D. Alelopatia de palhadas de coberturas de inverno sobre o crescimento inicial de milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 577 - 582, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAYLORSON, R. B.; BORTHWIC, H. A. A. Light filtration by foliar canopies: significance for light-controlled weed seed germination. **Weed Science**, v. 7, n. 1, p. 148-151, 1969.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010.

TIMOSSI, P. C. **Manejo de plantas de cobertura e controle integrado de plantas daninhas no plantio direto da soja**. 2005. 100f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

TIMOSSI, P. C.; DURIGON, J. C.; LEITE, G. J. Eficácia de glyphosate em plantas de cobertura. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 475-480, 2006.

TOKURA, L. K.; NOBREGA, L. H. P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 379-384, 2006.

ULGUIM, A. de R.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; SILVA, J. D. G. da.; SCHNEIDER, T.; SILVA, B. M. da. Mixture of glufosinate and atrazine for ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) control and its effect on seeds' quality. **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v. 72, p. 8655-8661, 2019.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A. L.; BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 969-977, 2012.

VARGAS, L.; BIANCHI, M. A.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na Região Sul do Brasil. **Planta Daninha**, v. 5, n. 3, p. 573-578, 2007.

VARGAS, L.; NOHATTO, M. A.; AGOSTINETTO, D.; BIANCHI, M. A.; PAULA, J. M.; POLIDORO, E.; TOLEDO, R. E. Práticas de manejo e a resistência de *Euphorbia heterophylla* aos inibidores da ALS e tolerância ao glyphosate no Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 427-432, 2013.

VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2012.

VENTURELLI, S.; BELZ R. G.; KÄMPEL A.; BERGER, A.; VON HORN, K.; WEGNER, A.; BÖCKER, A.; ZABULON, G.; LANGENECKER, T.; KOHLBACHER, O.; BARNECHE, F.; WEIGEL, D.; LAUER, U. M.; BITZER, M.; BECKER, C. Plants release precursors of histone deacetylase inhibitors to suppress growth of competitors. **Plant Cell**, v. 27, n. 11, p. 3175-3189, 2015.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Potencial da utilização de coberturas vegetais de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: I - Plantas em desenvolvimento vegetativo. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 217-223, 2004.

VITORINO, H. S. **Influência da comunidade de plantas daninhas na cultura da soja em função do espaçamento de semeadura**. 2013. 41f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

VIVIAN, R.; REIS, A.; KÁLNAY, P. A.; VARGAS, L.; FERREIRA, A. C.; MARIANI, F. Weed management in soybean - issues and practices. In: EL-SHEMY, H. A. (Org.). **Soybean - Pest Resistance**. 1. ed. Rijeka, Croatia: InTech, 2013. p. 46-84. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/soybean-pest-resistance/weed-management-in-soybean-issues-and-practices>>.

VOLLMANN, J.; WAGENTRISTL, H.; HARTL, W. The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. **European Journal of Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 243-248, 2010.

WALLACE, J. M.; CURRAN, W. S.; MORTENSEN, D. A. Cover crop effects on horseweed (*Erigeron canadensis*) density and size inequality at the time of herbicide exposure. **Weed Science**, v. 67, p. 327-338, 2019.

WANDESCHEER, A. C. D.; RIZZARDI, M. A.; REICHERT, M. Habilidade competitiva de milho em convivência com capim-pé-de-galinha. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 281-289, 2013.

WSSA – WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Herbicide resistance and herbicide tolerance definitions. **Weed Technology**, v. 12, n. 4, p. 789, 1998.

\_\_\_\_\_. **WSSA glossary**. Disponível em: < <http://wssa.net/wssa/wssa-glossary/http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 11. Mar. 2019.

WIGGINS, M.; HAYES, R.; NICHOLS, R.; STECKEL, L. Cover crop and postemergence herbicide integration for palmer amaranth control in cotton. **Weed Technology**, v. 31, n. 3, p. 348-355, 2017.

WIGGINS, M. S.; HAYES, R. M.; STECKEL, L. E. Evaluating cover crops and herbicides for glyphosate resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control in cotton. **Weed Technology**, v. 30, n. 2, p. 415–422, 2016.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. **Efeitos do glifosato nas plantas**: implicações fisiológicas e agronômicas. Piracicaba: IPNI, 2007. (Informações Agronômicas, 119).

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Revista Vara Scientia Agrárias**, v. 3, n. 1, p. 189-215, 2013.

ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of weed science**. 3 ed. Colorado: Academic Press, 2007.



## **PPGAgro**

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

**Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV**