

Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho¹

Winter mulches and chemical control on weeds in maize

Dagoberto Martins², Clebson Gomes Gonçalves^{2*} e Antonio Carlos da Silva Junior²

RESUMO - A escolha correta das culturas para cobertura do solo melhora a sustentabilidade do sistema de cultivo, pois pode potencializar o uso dos herbicidas, reduzir a infestação de plantas daninhas e melhorar o desempenho das culturas. Com o objetivo de estudar o efeito de coberturas mortas de inverno e do uso de herbicidas sobre comunidade de plantas daninhas na cultura do milho, foi realizado um estudo no delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas, em número de seis, foram compostas pelas seguintes culturas de inverno: *Lupinus albus*, *Lathyrus sativos*, *Triticum aestivum*, *Avena strigosa*, *Raphanus sativus*, mais uma testemunha mantida em pousio. As subparcelas em número de três, foram compostas por: 1 - pulverização apenas de herbicida de manejo antes da semeadura do milho; 2 - herbicida de manejo após a semeadura do milho + herbicida residual, e 3 - testemunha sem aplicação de herbicidas. As coberturas mortas de aveia-preta e nabo-forrageiro proporcionam as menores densidades de plantas daninhas e acúmulos de massa seca da comunidade infestante, independente da aplicação ou não de herbicidas. Houve uma maior germinação de *B. pilosa* nas parcelas mantidas com a cobertura de tremoço, com exceção das subparcelas onde se aplicou herbicida em pré-emergência, o que evidencia um efeito estimulante da cobertura morta. O emprego de algumas espécies na formação da cobertura morta para o plantio direto pode dispensar ou reduzir a quantidade de herbicidas necessária para o controle das plantas daninhas.

Palavras-chave: Herbicida. Plantio direto. Resíduo vegetal. Rotação de culturas. *Zea mays* L..

ABSTRACT - The correct choice of cover crops improves the sustainability of a farming system, as it can enhance the use of herbicides, reduce weed infestation and improve crop performance. With the aim of studying the effect of winter mulches and the use of herbicides on a community of weeds in maize, a study was carried out in a completely randomised design where the treatments were arranged in a scheme of split lots with four replications. The lots, six in number, comprised the following winter crops: *Lupinus albus*, *sativos Lathyrus*, *Triticum aestivum*, *Avena strigosa*, *Raphanus sativus*, and a control kept fallow. The three sub-lots comprised, 1 - spraying the management herbicide before sowing the maize, 2 - management herbicide after sowing the maize + residual herbicide, and 3 - control without the application of herbicide. Mulches of black oat and forage turnip gave the lowest weed densities and accumulations of dry weight in the weed community, irrespective of the application of herbicide. There was greater germination of *B. pilosa* in the lots maintained with a cover of lupins, with the exception of those sub-lots where herbicide was applied pre-emergence, demonstrating the stimulating effect of mulch. The use of certain species in the formation of mulch under direct planting can dispense with or reduce the amount of herbicides needed for weed control.

Key words: Herbicide. No-tillage. Plant residue. Alternate cropping. *Zea mays* L..

*Autor para correspondência

DOI: 10.5935/1806-6690.20160078

¹Recebido publicação em 13/10/2015; aprovado em 20/01/2016

Trabalho concebido e desenvolvido com recursos dos autores

²Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n - Vila Industrial, Jaboticabal-SP, Brasil, 14.884-900, dmartins@fcav.unesp.br, gonalvescg.agro@hotmail.com, acsjr_agro@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O emprego de coberturas mortas ou a manutenção dos resíduos de culturas de inverno na superfície do solo é uma prática necessária para o estabelecimento do sistema de plantio direto. Estes procedimentos protegem o solo contra a erosão, trazem benefícios à fertilidade e estrutura do solo devido à elevação do teor de matéria orgânica, e melhora a amplitude térmica do solo mantendo sua umidade, o que possibilita um melhor desempenho das culturas (AMOSSE; JEUFFROY; DAVID, 2013; CAMPIGLIA *et al.*, 2010; NAKHONE; TABATABAI, 2008; SALMERÓN; ISLA; CAVERO, 2011; TEODORO *et al.*, 2011).

O uso de plantas como cobertura desempenha um papel importante no controle de plantas daninhas. Na presença de resíduos vegetais sobre o solo, a emergência de plantas daninhas pode ser afetada pela diminuição da interceptação de luz o que limita o seu surgimento ou a competição por água, oxigênio e nutrientes (HILTBRUNNER *et al.*, 2007; KRUIDHOF; BASTIAANS; KROPFF, 2008; TEODORO *et al.*, 2011).

Além disso, algumas espécies de coberturas mortas quando em decomposição pode liberar aleloquímicos, que, por sua vez, exercem influência sobre a germinação e desenvolvimento das plantas daninhas (FAROOQ *et al.*, 2011; JABRAN *et al.*, 2015; MORAES *et al.*, 2013; SADEGHPOUR *et al.*, 2014; ZANUNCIO *et al.*, 2013; ZHANG *et al.*, 2016). Tais efeitos foram encontrados, por exemplo, em mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) que apresentou o maior efeito alelopático sobre a biomassa seca, número e porcentagem de germinação de tubérculos de tiririca (ZANUNCIO *et al.*, 2013). Moraes *et al.* (2013) também relataram redução no número de plantas daninhas emergidas com o uso de cobertura de azevém, além de favorecer o desempenho produtivo do milho.

Zhang *et al.* (2016) inferem que as atividades alelopáticas são determinadas pela especificidade entre as plantas daninhas, e envolvem um amplo espectro de espécies de forma independente, ou em sinergia com fatores competitivos. Ressalta-se que o contato e a liberação dos aleloquímicos também podem ser facilitados por microrganismos de modo que os aleloquímicos promoveriam as atividades dos microrganismos do solo favorecendo as plantas cultivadas (JABRAN *et al.*, 2015).

Sabe-se que o tipo de material utilizado como cobertura morta influencia a densidade e a composição específica da comunidade infestante das culturas agrícolas. (CAMPIGLIA *et al.*, 2010; FAVARATO *et al.*, 2014; KRUIDHOF; BASTIAANS; KROPFF,

2008; KRUIDHOF; BASTIAANS; KROPFF, 2009; RADICETTI; MANCINELLI; CAMPIGLIA, 2013). Portanto, a estratégia de controle destas espécies em áreas agrícolas depende das plantas de coberturas utilizadas e das plantas daninhas alvo (KRUIDHOF; BASTIAANS; KROPFF, 2009).

Contudo, o uso isolado das coberturas mortas nem sempre é suficiente para um controle satisfatório das plantas daninhas, havendo a necessidade de uma intervenção química para um efetivo controle dessas espécies alvo (DORN *et al.*, 2013; MORAES *et al.*, 2013; SADEGHPOUR *et al.*, 2014).

Devido à importância em melhor elucidar como as espécies de culturas de cobertura morta podem afetar as comunidades infestantes e o comportamento dos herbicidas no sistema de plantio direto, em função da melhoria e da sustentabilidade do sistema de cultivo, o presente estudo teve como objetivo estudar o efeito de coberturas mortas de inverno e de herbicidas sobre plantas daninhas na cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em Palotina/PR, com coordenadas geográficas 53°50' WGr e 24°18' S, em um Latossolo Roxo eutroférico, no ano agrícola de 2012/13. A análise química e física do solo apresentou: pH (CaCl₂) = 5,2; 1,66% de C; 7,8 ppm de P; 3,4 e 89,9 mmolc dm⁻³ de K e Ca + Mg, respectivamente e 27,8 mmolc dm⁻³ de H + Al, 76% Argila, 13% silte, 11% areia. A precipitação pluvial acumulada no período de cultivo das culturas de inverno foi de 418 mm, com temperatura média do ar de 20,4 °C, e a precipitação pluvial acumulada no período da cultura do milho foi de 704 mm, com temperatura média do ar de 25,3 °C.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas experimentais continham 180 m² (6 x 30 m) e as subparcelas 60 m² (6 x 10 m). As parcelas foram compostas pelas seguintes culturas de inverno: trevo-branco (*Lupinus albus* L.), chícharo (*Lathyrus sativus* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) além de uma parcela mantida em pousio.

O preparo do solo para implantação das culturas de inverno foi efetuado no sistema convencional, com uma aração e duas gradagens. Com exceção da cultura do trigo que foi adubada com 200 kg ha⁻¹ da fórmula 10-20-10, as demais culturas de inverno não receberam adubação. As culturas de inverno foram semeadas no

outono (18/04/2012). Os espaçamentos utilizados foram de 30; 20; 17; 20 e 20 cm entrelinhas para *L. albus*, *L. sativus*, *T. aestivum*, *A. strigosa*, e *R. raphanistrum*, respectivamente.

As quantidades de sementes por metro de sulco de semeadura foram estabelecidas de acordo com a porcentagem de germinação de cada espécie, de modo a obter 10; 12; 90; 60 e 15 plantas por metro, respectivamente, de tremoço-branco, chícharo, trigo cv. OCEPAR 11 - Juriti, aveia-preta e nabo-forrageiro. Não foi feito controle de plantas daninhas nas parcelas com as culturas de inverno, exceto o trigo, que recebeu a aplicação de bentazon a 720 g ha⁻¹ no perfilhamento para controlar *Raphanus raphanistrum*.

Por meio de um rolo-facas efetuou-se a rolagem das culturas de inverno no início da primavera (24/09/2012), com exceção do trigo, que foi colhido mecanicamente dois dias após a rolagem das culturas de inverno. As quantidades de matéria seca produzidas pelas culturas de inverno foram de 5.136; 6.405; 2.520; 6.419 e 10.645 kg ha⁻¹ para *L. albus*, *L. sativus*, *T. aestivum*, *A. strigosa* e *R. sativus*, respectivamente. O rendimento de grãos do trigo foi de 1.530 kg ha⁻¹.

A aplicação do herbicida (paraquat + diuron) em manejo da comunidade infestante deu-se no dia seguinte à colheita do trigo e cinco dias antes do plantio do milho (variedade OCEPAR 202). O milho foi semeado no espaçamento de 1 m entrelinhas e o estande final foi de cinco plantas por metro. Cada subparcela foi composta por seis linhas de semeadura por 10 m de comprimento. A aplicação do herbicida (atrazine + metolachlor) deu-se no mesmo dia da semeadura do milho. A cultura do milho foi adubada na semeadura com 280 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 e recebeu uma adubação nitrogenada de cobertura de 150 kg ha⁻¹ de ureia, colocada ao lado das linhas de milho na superfície.

As subparcelas foram compostas pela aplicação dos herbicidas: 1 - GRAMOCIL (paraquat + diuron) a 400 + 200 g ha⁻¹, aplicado em pós-emergência no manejo das plantas daninhas antes da semeadura do milho; 2 - GRAMOCIL (paraquat + diuron) a 400 + 200 g ha⁻¹, aplicado em pós-emergência no manejo das plantas daninhas antes da semeadura do milho + PRIMESTRA (atrazine + metolachlor) a 1,4 + 2,1 kg ha⁻¹, aplicado em pré-emergência após a semeadura do milho e 3 - testemunha sem aplicação de herbicidas.

A aplicação dos herbicidas foi realizada através de um pulverizador costal, com pressão constante por CO₂ e calibrado para um consumo de calda de 310 L ha⁻¹. A barra de aplicação estava equipada com pontas tipo jato plano "Teejet" XR 11003VS, distanciadas 50 cm entre si.

A comunidade infestante da cultura do milho foi avaliada aos 70 dias após a sua semeadura, através de duas subamostragens de 0,25 m² em cada subparcela. As plantas daninhas foram identificadas e contadas e, para a obtenção do peso de massa seca, a parte aérea das plantas foi seca em estufa de circulação forçada a 65-70 °C, até o peso constante e, pesadas em balança de precisão.

A altura de plantas de milho foi mensurada aos 60 dias após a sua semeadura e por ocasião da colheita (178 dias após a semeadura do milho), através de 20 plantas escolhidas de forma aleatória nas subparcelas. O rendimento de grãos foi obtido por intermédio da colheita das duas linhas centrais de cada subparcela por 9 m de comprimento (18 m²), excluindo-se 0,5 m de cada uma de suas extremidades.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo a significância testada para as fontes de variação significativas pelo teste F, aplicando-se o teste de Tukey (5% de significância).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas daninhas que ocorreram na área experimental foram: *Bidens pilosa* L. (picão-preto), *Amaranthus hybridus* L. (caruru), *Raphanus raphanistrum* L. (nabiça), *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'don. (corda-de-viola), *Portulaca oleracea* L. (beldroega), *Commelina bengalensis* L. (trapoeraba) e *Digitaria horizontalis* Wild. (capim-colchão). As três primeiras espécies foram consideradas as mais importantes, por estarem em maior número e de maneira generalizada e uniforme. Portanto, *B. pilosa*, *A. hybridus* e *R. raphanistrum* tiveram seu número e peso de biomassa seca quantificados individualmente, assim como a totalidade da comunidade infestante (Tabelas 1; 2; 3 e 4).

Na Tabela 1, observa-se que a cobertura morta da aveia-preta e do nabo-forrageiro proporcionam as menores densidades de plantas e acúmulos de matéria seca de *B. pilosa*, independente do tipo de manejo de plantas daninhas, demonstrando não haver necessidade da utilização de herbicidas na cultura do milho para controlar esta espécie. Em um estudo realizado por Roman (2002) também verificou-se que a palha de aveia-preta proporcionou elevado potencial em suprimir a emergência de picão-preto.

Nas subparcelas sem aplicação de herbicidas (testemunha), a utilização de tremoço como cobertura morta ocasionou uma maior densidade de plantas e acúmulo de massa seca de *B. pilosa*, evidenciando um efeito estimulante da cobertura na germinação desta planta daninha (Tabela 1). Neste caso, foi necessária a utilização dos herbicidas de manejo (paraquat + diuron) e residual

Tabela 1 - Efeito de diferentes herbicidas, modos de aplicação e coberturas mortas de inverno sobre o número e peso de massa seca de *Bidens pilosa* L. (BIDPI)

Cobertura morta de inverno	Número de plantas ¹ de BIDPI			Massa seca de plantas ¹ (g) de BIDPI		
	TEST	HM	HM+HD	TEST	HM	HM+HD
Trigo	4,0 cd A	4,0 c A	0,3 a B	27,3 c A	16,6 a B	1,1 a C
Chícharo	4,3 c A	1,7 cd B	0,3 a B	10,1 d A	4,9 b AB	1,1 a B
Aveia-preta	0,3 e A	0,3 d A	0,0 a A	0,3 e A	0,9 b A	0,0 a A
Nabo-forageiro	1,3 de A	0,7 d A	0,0 a A	1,7 e A	1,2 b A	0,0 a A
Tremoço	16,3 a A	17,3 a A	0,7 a B	54,1 a A	13,9 a B	1,5 a C
Pousio	8,3 b A	8,0 b A	1,0 a B	5,8 b A	16,0 a B	1,2 a C
F Cobertura morta (C)		122,03**			114,70**	
Herbicida (H)		108,43**			213,78**	
C x H		24,98**			38,54**	
CV (%) - C		29,7			25,7	
CV (%) - H		31,3			29,9	

¹Número e massa seca de plantas em (0,5 m²); TEST= Testemunha; HM = Herbicida de Manejo; HD = Herbicida residual; **. Significativo ao nível de 1% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p<0,05)

(atrazine + metolachlor) para que se obtivesse um controle satisfatório das plantas de picão-preto.

Os tratamentos com cobertura morta de trigo, chícharo e o pousio também dependeram do uso de herbicidas para um controle satisfatório das plantas de picão-preto (Tabela 1). Correia, Durigan e Klink (2006) relataram que algumas coberturas mortas podem influenciar positivamente a germinação de sementes de algumas espécies de plantas daninhas, através da melhoria química, física e biológica do solo, além da possível disponibilização de substâncias alelopáticas, que poderia contribuir para a quebra da dormência de sementes em resposta a uma vantagem adaptativa.

Na Tabela 2, verifica-se que a cobertura morta de aveia-preta e de nabo-forageiro proporcionaram as menores densidades de plantas e acúmulos de massa seca em plantas de *A. hybridus*, independente do tipo de controle das plantas daninhas. Evidenciou-se que estas coberturas mortas proporcionaram elevada supressão das plantas de caruru, o que dispensou o uso de herbicidas.

Nas coberturas mortas de trigo e tremoço e no pousio registraram-se as maiores densidades e acúmulos de matéria seca nas plantas de *A. hybridus*, porém apenas o uso do herbicida de manejo (paraquat + diuron) já controlou eficientemente esta planta daninha (Tabela 2).

Campiglia *et al.* (2010) ao estudar diferentes culturas de cobertura de inverno: ervilhaca-peluda (*Vicia villosa* Roth.), trevo-subterrâneo (*Trifolium subterraneum* L.), aveia (*Avena sativa* L.), e uma mistura de (ervilhaca-peluda e aveia) e um tratamento convencional (pousio),

observaram que a *A. sativa* foi a melhor cobertura para controle de plantas daninhas de caruru (*Amaranthus retroflexus* L.). Radicetti, Mancinelli e Campiglia (2013) também relataram maior eficiência dos resíduos de aveia na supressão de *A. retroflexus* em comparação às coberturas com *V. villosa* e *Brassica napus* L..

Nota-se que as coberturas mortas de aveia-preta e nabo-forageiro proporcionaram o melhor controle de *R. raphanistrum*, tendo levado à reduções do número e do acúmulo da biomassa seca de suas plantas, o que demonstrou não ser necessário o uso de herbicidas (Tabela 3).

As áreas com a cobertura morta de trigo e chícharo e a área em pousio dependeram do uso de herbicida de manejo (paraquat + diuron) e residual (atrazine + metolachlor) para que se obtivesse um controle satisfatório das plantas de *R. raphanistrum* (Tabela 3). Segundo Lamego *et al.* (2015) culturas de cobertura de verão como: *Zea mays* (milho), *Euchlaena mexicana* Schreb. (dente-de-burro), *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (sesbânia) e *Mucuna pruriens* (L.) DC (mucuna-verde) são eficientes na supressão da germinação, emergência e estabelecimento de *Raphanus* spp. Já, para a cobertura com *Stizolobim deeringianum* Bort. (mucuna-anã) foi observada uma alta infestação desta planta daninha.

Na Tabela 4 estão apresentados a densidade de plantas da totalidade da comunidade infestante e seu acúmulo de massa seca. Dentre as coberturas mortas analisadas, pode-se observar que a de aveia-preta foi a que proporcionou melhor controle da comunidade infestante,

pois ocasionou a menor densidade de plantas e acúmulos de massa seca. Acredita-se que, esta ocorrência esteja relacionada, à barreira física como também pela liberação de compostos aleloquímicos por esta cultura. Tal fato, demonstra a possibilidade de não se utilizar herbicidas na cultura do milho quando esta cobertura morta for empregada.

De modo semelhante ao verificado neste trabalho, estudos com diferentes culturas de cobertura de inverno relataram que embora todas tenham apresentado boa supressão das plantas daninhas, a *A. sativa* foi a melhor cobertura para controle de plantas daninhas tanto de monocotiledôneas como também de eudicotiledôneas (CAMPIGLIA *et al.*, 2010; RADICETTI; MANCINELLI;

Tabela 2 - Efeito de diferentes herbicidas, modos de aplicação e coberturas mortas de inverno sobre o número e peso de massa seca de *Amaranthus hybridus* L. (AMACH)

Cobertura morta de inverno	Número de plantas ¹ de AMACH			Massa seca de plantas ¹ (g) de AMACH		
	TEST	HM	HM+HD	TEST	HM	HM+HD
Trigo	3,3 ab A	0,7 b B	0,0 a B	46,0 a A	3,2 a B	0,0 a B
Chícharo	2,7 b A	1,7 b AB	0,3 a B	9,4 bc A	5,6 a A	0,9 a A
Aveia-preta	0,3 c A	0,0 b A	0,0 a A	0,0 c A	0,8 a A	0,0 a A
Nabo-forrageiro	1,7 bc A	0,7 b AB	0,0 a B	4,3 c A	1,2 a A	0,0 a A
Tremoço	5,0 a A	1,7 b B	0,3 a B	52,9 a A	4,2 a B	1,0 a B
Pousio	3,3 ab A	4,7 a A	0,0 a B	18,4 b A	3,6 a B	0,0 a B
F Cobertura morta (C)		15,39**			16,51**	
Herbicida (H)		66,79**			80,51**	
C x H		9,29**			15,72**	
CV (%) - C		49,7			68,5	
CV (%) - H		45,6			65,8	

¹Número e massa seca de plantas em (0,5 m²); TEST= Testemunha; HM = Herbicida de Manejo; HD = Herbicida residual; **- Significativo ao nível de 1% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p<0,05)

Tabela 3 - Efeito de diferentes herbicidas, modos de aplicação e coberturas mortas de inverno sobre o número e peso de massa seca de *Raphanus raphanistrum* L. (RAPRA)

Cobertura Morta de Inverno	Número de plantas ¹ de RAPRA			Massa seca de plantas ¹ (g) de RAPRA		
	TEST	HM	HM+HD	TEST	HM	HM+HD
Trigo	6,0 a A	6,0 a A	1,0 a B	22,7 b A	13,9 a B	2,8 a C
Chícharo	5,0 ab A	4,7 a A	0,3 a B	31,2 a A	9,2 ab B	0,2 a C
Aveia-preta	0,3 c A	0,3 b A	0,3 a A	0,1 c A	0,1 c A	0,0 a A
Nabo-forrageiro	2,7 bc A	0,3 b B	0,0 a B	2,1 c A	0,2 c A	0,0 a A
Tremoço	4,7 ab A	4,0 a A	1,0 a B	3,0 c A	3,0 bc A	0,3 a A
Pousio	5,0 ab A	4,3 a A	0,3 a B	20,0 b A	9,1 ab B	0,1 a C
F Cobertura morta (C)		8,78**			29,77**	
Herbicida (H)		57,38**			68,90**	
C x H		3,72**			12,40**	
CV (%) - C		62,7			52,7	
CV (%) - H		40,7			49,4	

¹Número e massa seca de plantas em (0,5 m²); TEST= Testemunha; HM = Herbicida de Manejo; HD = Herbicida residual; **- Significativo ao nível de 1% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p<0,05)

Tabela 4 - Efeito de diferentes herbicidas, modos de aplicação e coberturas mortas de inverno sobre o número e peso de massa seca da totalidade das plantas daninhas monocotiledôneas (MON) e eudicotiledôneas (EUDIC)

Cobertura Morta de Inverno	Número de plantas ¹			Massa seca de plantas ¹ (g)		
	MON+EUDIC			MON+EUDIC		
	TEST	HM	HM+HD	TEST	HM	HM+HD
Trigo	14,7 b A	10,7 c A	1,7 a B	100,7 a A	36,3 a B	3,9 a C
Chícharo	13,7 b A	8,0 c B	1,0 a C	51,8 c A	19,7 b B	2,2 a C
Aveia-preta	1,7 d A	1,0 d A	0,0 a A	1,8 d A	0,6 c A	0,0 a A
Nabo-forageiro	7,0 c A	1,7 d B	0,0 a B	8,3 d A	2,6 c A	0,0 a A
Tremoço	26,3 a A	23,0 a A	2,0 a B	111,8 a A	20,9 b B	2,8 a C
Pousio	18,0 b A	17,7 b A	1,0 a B	85,9 b A	28,7 ab B	1,2 a C
F Cobertura morta (C)		123,41**			151,17**	
Herbicida (H)		176,81**			530,67**	
C x H		15,05**			58,59**	
CV (%) - C		19,5			18,9	
CV (%) - H		25,2			20,7	

¹Número e massa seca de plantas em (0,5 m²); TEST= Testemunha; HM = Herbicida de Manejo; HD = Herbicida residual; **. Significativo ao nível de 1% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p<0,05)

CAMPIGLIA, 2013). Este resultado também foi relatado para *A. strigosa* (FLOWER *et al.*, 2012).

Nota-se na literatura que *A. sativa* apresenta elevada capacidade supressiva das plantas daninhas, tanto por atributos físicos como também pela liberação de aleloquímicos que reduzem a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas de plantas daninhas, causados pela decomposição da cobertura morta (CAMPIGLIA *et al.*, 2010; PUTNAM; DEFRANK; BARNES, 1983; ZERNER; GILL; VANDELEUR, 2008). As plantas de *Avena* spp. apresentam a capacidade de exsudar ácidos fenólicos e escopoletina, produto secundário da classe das coumarinas e que tem efeito inibidor no crescimento radicular das plantas (DUCCA; ZONETTI, 2008; JACOBI; FLECK, 2000; WESTON, 1996).

A cobertura morta de nabo-forageiro também determinou densidades e acúmulos de massa seca bastante baixa das plantas daninhas, semelhantes ao da aveia-preta (Tabela 4). Este fato pode ter ocorrido principalmente devido à barreira física proporcionada pela grande quantidade de cobertura morta de nabo-forageiro na superfície do solo que foi superior a 10 t ha⁻¹ uma vez que, são escassos estudos que comprovem possíveis efeitos alelopáticos de plantas de nabo-forageiro sobre a supressão de plantas daninhas.

Já, para as coberturas de trigo, chícharo, tremoço e o pousio houve uma alta infestação de plantas daninhas,

quando avaliada apenas o efeito da cobertura morta. Havendo assim, a necessidade da aplicação de herbicidas para controlar de forma satisfatória a comunidade infestante. Esses resultados corroboram os de Kruidhof, Bastiaans e Kropff (2008) ao relatarem que a biomassa de plantas daninhas foi severamente reduzida pela cobertura de nabo-forageiro no outono, diferente da cobertura morta de tremoço-branco que apresentou uma menor eficiência na supressão de plantas daninhas no mesmo período.

Aos 60 dias após a semeadura do milho, verificou-se um efeito depressivo das coberturas mortas sobre a altura de plantas, sendo mais drástico na cobertura de aveia-preta, embora estes efeitos deletérios na altura de plantas da cultura não tenham sido mais observados por ocasião da colheita (Tabela 5). Este fato, pode ter ocorrido devido à baixa ciclagem dos resíduos vegetais das plantas de aveia-preta por ocasião da primeira avaliação, o que limitou o crescimento das plantas de milho.

Por ocasião da colheita, observa-se que no pousio e na cobertura com trigo foi necessário o uso de herbicida residual para que a altura de plantas fosse maximizada, uma vez que, nos tratamentos sem a pulverização de herbicida houve uma alta infestação de plantas daninhas. Enquanto nas coberturas mortas do tremoço e chícharo, apenas o uso de herbicida de manejo foi suficiente para ter-se uma população uniforme de plantas. Nas coberturas de aveia-preta e de nabo-forageiro não foi necessário nenhum herbicida para que a altura maximizasse, devido a baixa infestação das plantas daninhas. Lázaro *et al.* (2013)

Tabela 5 - Efeito de diferentes herbicidas, modos de aplicação e coberturas mortas de inverno sobre a altura de plantas de milho

Cobertura morta de inverno	Altura de plantas de milho aos 60 dias (cm)			Altura de plantas de milho na colheita (cm)		
	TEST	HM	HM+HD	TEST	HM	HM+HD
Trigo	68,4 c B	85,2 b A	68,4 b B	188,7 c C	200,9 c B	215,9 ab A
Chícharo	77,8 b B	86,0 b A	81,5 b AB	201,7 b B	211,8 ab A	205,2 c AB
Aveia-preta	49,1 d A	52,1 d A	51,9 d A	213,8 a A	215,7 a A	217,6 a A
Nabo-forrageiro	70,0 bc A	73,9 c A	72,1 c A	202,1 b A	201,7 bc A	202,2 c A
Tremoço	62,1 c B	79,9 bc A	78,3 bc A	188,8 c B	213,0 a A	206,4 b A
Pousio	95,4 a B	103,5 a A	105,2 a A	193,5 bc B	193,9 c B	206,8 b A
F Cobertura morta (C)		155,77**			15,47**	
Herbicida (H)		65,51**			38,44**	
C x H		5,65**			9,45**	
CV (%) - C		5,1			5,3	
CV (%) - H		3,6			4,9	

TEST = Testemunha; HM = Herbicida de Manejo; HD = Herbicida residual; ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p<0,05)

e Torres *et al.* (2014) também relataram um estande uniforme de plantas na cultura do milho quando cultivado em sucessão de diferentes coberturas mortas.

Observa-se, na Tabela 6 que nas subparcelas sem aplicação de herbicidas, a cobertura morta de tremoço proporcionou o menor rendimento de grãos de milho, diferente do tratamento com cobertura morta de aveia-preta que obteve a maior produtividade. Tais resultados estão relacionados com a densidade e o acúmulo de massa seca da comunidade infestante das parcelas com

estas coberturas (Tabela 4). Já, o rendimento de grãos foi superior nas parcelas com cobertura morta de tremoço, quando da aplicação do herbicida de manejo ou residual.

Salmerón, Isla e Cavero (2011) também obtiveram elevado rendimento na produtividade de grãos de milho, quando do plantio sobre coberturas mortas de *B. napus*, *B. rapa* e *V. sativa*. No entanto, os pesquisadores relataram diminuição da produção de milho, quando da semeadura do milho sobre coberturas mortas de *Hordeum vulgare* L., o que foi atribuído a uma deficiência de N nas plantas

Tabela 6 - Efeito de diferentes herbicidas, modos de aplicação e coberturas mortas de inverno sobre o rendimento de grãos de milho

Cobertura morta de inverno	Rendimento de grãos de milho (kg ha ⁻¹)		
	TEST	HM	HM+HD
Trigo	3.492 cd B	4.485 b A	4.385 b A
Chícharo	3.847 bc B	4.074 b AB	4.354 b A
Aveia-preta	4.436 a A	4.240 b A	4.382 b A
Nabo-forrageiro	4.085 ab A	4.258 b A	4.123 b A
Tremoço	3.183 d B	5.392 a A	5.269 a A
Pousio	3.800 bc B	4.015 b AB	4.361 b A
F Cobertura morta (C)		11,85**	
Herbicida (H)		56,97**	
C x H		16,62**	
CV (%) - C		4,4	
CV (%) - H		4,9	

TEST = Testemunha; HM = Herbicida de Manejo; HD = Herbicida residual; ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p<0,05)

de milho, provavelmente devido à alta relação C/N da biomassa dessa espécie, que causou uma imobilização do N e, portanto, uma baixa disponibilidade deste nutriente durante o estágio de desenvolvimento de milho. Maiores produtividades do milho estão diretamente relacionadas ao maior acúmulo de massa seca e ao menor tempo de ciclagem dos resíduos vegetais das plantas de cobertura (CARVALHO *et al.*, 2015).

Para as coberturas de aveia-preta e nabo-forrageiro não foi necessário o uso de herbicidas para que a produtividade da cultura do milho maximizasse, porém para coberturas mortas de trigo, chícharo, tremoço e no pousio foi necessária uma pulverização dos herbicidas (paraquat + diuron) em pós-emergência para que se obtivesse elevado rendimento na produtividade de grãos de milho.

Estes resultados assemelham-se aos obtidos por Balbinot Júnior, Moraes e Backes (2007), que também observaram redução na produtividade do milho cultivado sobre palha de nabo-forrageiro, aveia-preta e centeio, devido a infestação pelas plantas daninhas, sendo necessária a intervenção com herbicidas. De modo oposto, Moraes *et al.* (2013) relataram que somente uma pulverização do herbicida nicosulfuron em pós-emergência, independente da espécie de cobertura morta utilizada foi capaz de aumentar a produtividade do milho.

As práticas adotadas no sistema de plantio direto podem contribuir para a redução da infestação de plantas daninhas nas culturas agrícolas. No entanto, o uso também do controle químico pode ser necessário dependendo do tipo de cobertura morta ou até mesmo da estação do ano em que a cultura for implantada. Segundo Kruidhof, Bastiaans e Kropff (2008) o nabo-forrageiro não foi eficaz na primavera, mas reduziu severamente as plantas daninhas no outono, diferente do tremoço-branco que obteve boa perspectiva na supressão das plantas daninhas na primavera, mas baixa eficiência no outono, demonstrando, assim, a necessidade de um amplo conhecimento da cultura de cobertura, a ser utilizada para que esta expresse o seu máximo potencial.

Embora o plantio direto do milho de verão seja feito sobre os resíduos de trigo, que é a principal cultura de inverno da Região Sul do Brasil; o presente estudo demonstra que existem outros cultivos de inverno como *R. sativus* e *A. strigosa*, que apresentam qualidade e produção de massa seca superiores ao trigo, e que trazem maiores benefícios ao solo e às culturas subsequentes em rotação. Além da possibilidade de uma menor utilização do controle químico visando o manejo das plantas daninhas.

CONCLUSÕES

- 1.O emprego de algumas espécies na formação da cobertura morta para o plantio direto pode dispensar ou reduzir a quantidade de herbicidas necessária para o controle das plantas daninhas;
- 2.A cobertura morta de *L. albus* provoca efeitos estimulantes na germinação de sementes de *B. pilosa*;
- 3.A cobertura morta de *A. strigosa* é eficiente na supressão das plantas daninhas monocotiledôneas e eudicotiledôneas no sistema de plantio direto, o que pode dispensar o uso de herbicidas para o controle das plantas daninhas;
- 4.O emprego das espécies para a formação da cobertura morta, utilizada no presente estudo, não afetou o rendimento produtivo da cultura do milho.

REFERÊNCIAS

- 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, p. 78-87, 2013.
- 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.
- CAMPIGLIA, E. *et al.* Effect of cover crops and mulches on weed control and nitrogen fertilization in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Crop Protection**, v. 29, n. 4, p. 354-363, 2010.
- CARVALHO, A. M. *et al.* Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015.
- CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; KLINK, U. P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 245-253, 2006.
- DORN, B. *et al.* Regulation of cover crops and weeds using a roll-chopper for herbicide reduction in no-tillage winter wheat. **Soil and Tillage Research**, v. 134, p. 121-132, 2013.
- DUCCA, F.; ZONETTI, P. C. Efeito alelopático do extrato aquoso de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) na germinação e desenvolvimento de soja (*Glycine max* L. Merrill). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 101-110, 2008.
- FAROOQ, M. *et al.* The role of allelopathy in agricultural pest management. **Pest Management Science**, v. 67, n. 5, p. 493-506, 2011.
- FAVARATO, L. F. *et al.* Population density and weed infestation in organic no-tillage corn cropping system under different soil covers. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 739-746, 2014.

- FLOWER, K. C. *et al.* Nitrogen, weed management and economics with cover crops in conservation agriculture in a Mediterranean climate. **Field Crops Research**, v. 132, p. 63-75, 2012.
- HILTBRUNNER, J. *et al.* Legume cover crops as living mulches for winter wheat: components of biomass and the control of weeds. **European Journal of Agronomy**, v. 26, n. 1, p. 21-29, 2007.
- JABRAN, K. *et al.* Allelopathy for weed control in agricultural systems. **Crop Protection**, v. 72, p. 57-65, 2015.
- 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.
- KRUIDHOF, H. M.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M. J. Cover crop residue management for optimizing weed control. **Plant and soil**, v. 318, n. 1/2, p. 169-184, 2009.
- KRUIDHOF, H. M.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M. J. Ecological weed management by cover cropping: effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring. **Weed Research**, v. 48, n. 6, p. 492-502, 2008.
- LAMEGO, F. P. *et al.* Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 97-105, 2015.
- LÁZARO, R. L. *et al.* Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 10-17, 2013.
- MORAES, P. V. D. *et al.* Manejo de plantas de cobertura no controle de plantas daninhas e desempenho produtivo da cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 497-508, 2013.
- NAKHONE, L. N.; TABATABAI, M. A. Nitrogen mineralization of leguminous crops in soils. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 171, n. 2, p. 231-241, 2008.
- PUTNAM, A. R.; DEFRANK, J.; BARNES, J. P. Exploitation of allelopathy for weed control in annual and perennial cropping systems. **Journal of Chemical Ecology**, v. 9, n. 8, p. 1001-1010, 1983.
- RADICETTI, E.; MANCINELLI, R.; CAMPIGLIA, E. Impact of managing cover crop residues on the floristic composition and species diversity of the weed community of pepper crop (*Capsicum annuum* L.). **Crop Protection**, v. 44, p. 109-119, 2013.
- ROMAN, E. S. Plantas daninhas: manejo integrado na cultura do milho e de feijão. **Revista Plantio Direto**, v. 72, p. 218-230, 2002.
- SADEGHPOUR, A. *et al.* Assessing winter cereals as cover crops for weed control in reduced-tillage switchgrass establishment. **Industrial Crops and Products**, v. 62, p. 522-525, 2014.
- SALMERÓN, M.; ISLA, R.; CAVERO, J. Effect of winter cover crop species and planting methods on maize yield and N availability under irrigated Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, v. 123, n. 2, p. 89-99, 2011.
- TEODORO, R. B. *et al.* Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, p. 292-300, 2011.
- TORRES, F. E. *et al.* Influência da cobertura do solo e doses de nitrogênio na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 36-41, 2014.
- WESTON, L. A. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 6, p. 860-866, 1996.
- ZANUNCIO, A. *et al.* Alelopatia de adubos verdes sobre *Cyperus rotundus*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 441-446, 2013.
- ZERNER, M. C.; GILL, G. S.; VANDELEUR, R. K. Effect of height on the competitive ability of wheat with oats. **Agronomy journal**, v. 100, n. 6, p. 1729-1734, 2008.
- ZHANG, S. Z. *et al.* Interference of allelopathic wheat with different weeds. **Pest Management Science**, v. 72, n. 1, p. 172-178, 2016.