



Compactação do solo: interações na seletividade de herbicidas para a cultura da soja

Gabriel Henrique Vian¹, Guilherme Braga Pereira Braz², Bruno César Pereira Silva³,
Camila Jorge Bernabé Ferreira⁴, Matheus de Freitas Souza⁴, Ana Paula Souza Silva⁵

¹ Estudante do programa de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) – Universidade de Rio Verde – GO. viangabriel30@gmail.com

² Orientador – Universidade de Rio Verde - GO.

³ Estudante do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal – Universidade de Rio Verde - GO.

⁴ Professor(a) da Universidade de Rio Verde – GO.

⁵ Estudante de Graduação em Agronomia – Universidade de Rio Verde – GO.

Reitor:

Prof. Me. Alberto Barella Netto

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:

Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

Editor Geral:

Prof. Dr. Fábio Henrique Baia

Editor de Seção:

Profa. Dra. Andrea Sayuri
Silveira Dias Terada
Prof. Dr. Hidelberto Matos Silva

Correspondência:

Profa. Dra. Lidiane Bernardes
Faria Vilela

Fomento:

Programa PIBIC/PIVIC UniRV/
CNPq 2021-2022

Resumo: A compactação do solo tem sido relatada como um dos maiores gargalos para a produção de soja, visto que este fator limita o crescimento do sistema radicular das plantas, além de afetar a dinâmica de água no solo. Devido à esta restrição, a seletividade de herbicidas pré-emergentes pode ser alterada em função do comportamento da água no solo. Diante deste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da soja cultivada em solo com diferentes condições físicas. O experimento foi conduzido a campo em Rio Verde (GO) no delineamento experimental de blocos casualizados, estando os tratamentos dispostos em esquema de parcela subdivididas, com 6 repetições. Na parcela principal, foi alocada a condição física do solo: solo compactado e não compactado. Nas subparcelas, foram alocados os seguintes herbicidas aplicados em pré-emergência: S-metolachlor (1.440 g ha⁻¹), flumioxazin (60 g ha⁻¹), clomazone (800 g ha⁻¹), diclosulam (29,4 g ha⁻¹), [pyroxasulfone + flumioxazin] (90 + 60 g ha⁻¹), [sulfentrazone + diuron] (210 + 420 g ha⁻¹), [imazethapyr + flumioxazin] (106 + 50 g ha⁻¹), além de uma testemunha sem aplicação. Com base nos resultados do presente trabalho, pode se concluir que a compactação do solo impacta negativamente no estande de plantas e acúmulo de massa nos grãos de soja. Não foi visualizada interação significativa entre os fatores condição física do solo e herbicida aplicado em pré-emergência. Todos os tratamentos herbicidas aplicados em pré-emergência da soja foram seletivos para a cultura nas doses em que foram utilizados.

Palavras-chave: Dinâmica de pesticidas, controle químico, *Glycine max*, herbicidas em pré-emergência.

Soil compaction: interactions in the selectivity of herbicides for the soybean crop

Abstract: Soil compaction has been reported as one of the biggest issues for soybean production, since this factor limits the growth of the root system of plants, in addition to affecting the water dynamics in the edaphic

environment. Due to this restriction, the selectivity of pre-emergent herbicides can be altered depending on the behavior of water in the soil. Given this context, the objective of the present work was to evaluate the selectivity of herbicides applied in pre-emergence of soybean cultivated in soil with different physical conditions. The experiment was carried out in the field in Rio Verde (GO) in a randomized completely block design, with the treatments arranged in a split-plot scheme, with 6 replications. In the main plot, the physical condition of the soil was allocated: compacted and uncompacted soil. In the subplots, the following herbicides applied in pre-emergence were allocated: S-metolachlor ($1,440 \text{ g ha}^{-1}$), flumioxazin (60 g ha^{-1}), clomazone (800 g ha^{-1}), diclosulam (29.4 g ha^{-1}), [pyroxasulfone + flumioxazin] ($90 + 60 \text{ g ha}^{-1}$), [sulfentrazone + diuron] ($210 + 420 \text{ g ha}^{-1}$), [imazethapyr + flumioxazin] ($106 + 50 \text{ g ha}^{-1}$), in addition of a check without application. Based on the results of the present work, it can be concluded that soil compaction negatively impacts the plant stand and mass accumulation in soybean. No significant interaction was observed between the factors soil physical condition and herbicide applied in pre-emergence. All herbicide treatments applied in pre-emergence of soybean were selective for the crop at the doses in which they were used.

Key words: Pesticide behavior, chemical control, *Glycine max*, preemergence herbicides

Introdução

A agricultura brasileira apresenta papel de destaque na sustentabilidade econômica nacional, estando o país listado entre os maiores produtores de alimentos do mundo e sendo rotineiramente apontado como o celeiro mundial da produção de alimentos para as próximas gerações. Apesar disso, nas últimas safras de soja alguns fatores têm sido comumente apontados como limitantes para a obtenção de maiores produtividades desta cultura, destacando-se a ocorrência de solos compactados e a interferência de plantas daninhas nesta cultura.

A compactação é resultado da diminuição do volume de sólidos do solo quando uma pressão externa é aplicada, fato que causa redução na porosidade total e aeração do solo, além de aumento na densidade do solo (FERREIRA et al., 2020). Como consequências deste processo, ocorre a limitação física do crescimento do sistema radi-

cular, diminuição da taxa de infiltração de água no solo, menor disponibilidade de oxigênio para as raízes e redução na acessibilidade de água e nutrientes para as plantas que desencadeiam restrições fisiológicas ao seu crescimento (YADAV et al., 2019). Trabalhos na literatura indicam que as perdas de produtividade de grãos oriundas do cultivo de soja em solos compactados podem variar de 12 a 37% (BEUTLER et al., 2006; FERREIRA et al., 2020).

De maneira análoga aos prejuízos provocados pela compactação do solo, as plantas daninhas vêm causando uma série de prejuízos nos sistemas de produção de soja, especialmente quando apresentam biótipos com resistência a herbicidas. Diante de toda a problemática relacionada a interferência das plantas daninhas na soja, torna-se evidente a necessidade de se adotar ao manejo integrado da comunidade infestante com o intuito de assegurar o potencial produtivo da cultura (PETER et al., 2015). Neste sentido, o método químico consiste no mais amplamente utilizado para o controle de plantas daninhas na soja, onde os herbicidas podem ser utilizados em três modalidades de aplicação em relação ao ciclo da cultura, sendo estas a dessecação pré-semeadura (manejo), pré-emergência e pós-emergência.

Nos últimos anos, devido à problemática da resistência das plantas daninhas, o uso de herbicidas em pré-emergência na cultura da soja voltou a ser amplamente disseminado, visto que nesta modalidade, as plantas apresentam maior suscetibilidade a ação tóxica dos ingredientes ativos. Os herbicidas aplicados em pré-emergência se caracterizam por apresentar atividade residual no solo, sendo este comportamento influenciado pelas propriedades físico-químicas tanto das moléculas herbicidas como pelas do solo (INOUE et al., 2003). Ademais, a dinâmica dos herbicidas utilizados em pré-emergência pode variar também em função da condição física do solo, uma vez que o comportamento dos processos hídricos irá influenciar de maneira direta na persistência da molécula no ambiente edáfico (ZOBIOLE et al., 2007). Para soja já foi visualizado que a combinação entre compactação do solo e utilização de herbicidas afetou a seletividade destes para a cultura, havendo elevadas reduções de produtividade (BIFFE, 2012), pois a presença da compactação do solo faz com que aumente o tempo de permanência dos herbicidas na solução do solo. Diante deste contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a seletividade de herbicidas

aplicados em pré-emergência na soja cultivada em solo com diferentes condições físicas (compactado e não compactado).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo em área localizada no município de Rio Verde (GO). O experimento foi realizado no período correspondente à safra de verão de 2021/2022. Na Figura 1 estão apresentados os dados climatológicos durante o período de condução do experimento.

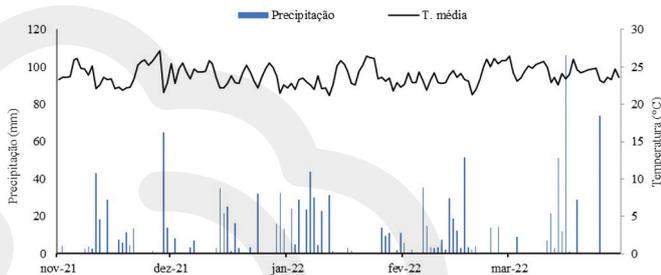
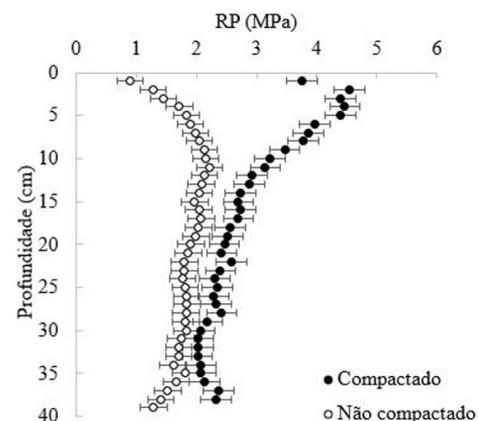


Figura 1 - Valores médios quinzenais para pluviometria, temperatura máxima, média e mínima durante o período experimental. Rio Verde (GO), 2021/2022.

O delineamento experimental a ser utilizado foi o de blocos casualizados, estando os tratamentos dispostos em esquema de parcela subdivididas (2x8) com 6 repetições. Na parcela principal, foi alocada a condição física do solo, consistindo em solo compactado e não compactado. Nas subparcelas, foram alocados os herbicidas aplicados em pré-emergência da soja, sendo estes: S-metolachlor (1.440 g ha^{-1}), flumioxazin (60 g ha^{-1}), clomazone (800 g ha^{-1}), diclosulam ($29,4 \text{ g ha}^{-1}$), [pyroxasulfone + flumioxazin] ($90 + 60 \text{ g ha}^{-1}$), [sulfentrazone + diuron] ($210 + 420 \text{ g ha}^{-1}$), [imazethapyr + flumioxazin] ($106 + 50 \text{ g ha}^{-1}$), além de uma testemunha sem herbicida. As unidades experimentais foram compostas por 10 linhas de semeadura de soja, com 5 m de comprimento, totalizando área bruta de 25 m^2 . Para área útil, foi eliminado 0,5 m de cada bordadura da unidade experimental (área útil de 16 m^2).

Na escolha da área experimental, deu-se preferência para talhão com baixa infestação de plantas daninhas. O principal critério na seleção da área experimental esteve relacionado a textura do solo, dando-se preferência para solo com textura argilosa. A compactação do solo para obtenção do tratamento compactado foi realizada antes da semeadura da soja. Foi realizado o tráfego de

um trator de 8,5 t suficiente para compactação do solo cobrindo a área total das parcelas após chuva ou irrigação suficiente para saturar o perfil do solo. Para caracterização da condição física do solo, antes da semeadura da soja, foi realizada uma avaliação de resistência à penetração a campo utilizando penetrômetro da marca Falker® modelo PLG 1020, em que os dados de RP foram obtidos a cada 0,00 até 40,00 cm de profundidade. As medidas foram realizadas dois dias após a ocorrência de chuva de modo que o conteúdo de água do solo estivesse próximo a capacidade de campo. Na Figura 2 estão apresentados os resultados de resistência a penetração após as medições a campo.



Barras laterais indicam o desvio padrão dos dados coletados. Figura 2 - Valores de resistência a penetração após a realização do processo de compactação do solo. Rio Verde (GO), 2021/2022.

A cultivar de soja utilizada no experimento foi a CZ 36B86 I2X (grupo de maturação 6.9). A semeadura da soja foi realizada no dia 19/11/2021, adotando-se o espaçamento entrelinhas de 0,5 m, com densidade de 18 sementes por m^2 . Todas as práticas de adubação, manejo de pragas e doenças foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da soja. Além disso, para assegurar que as plantas de soja fossem expostas apenas ao efeito dos tratamentos foi realizada a capina das espécies que compunham a comunidade infestante de todas as unidades experimentais, sendo esta prática realizada durante todo o ciclo da cultura. A aplicação dos herbicidas em pré-emergência foi realizada imediatamente após a semeadura da soja, em modalidade plante e aplique. Para aplicação dos tratamentos foi utilizado um pulverizador costal com pressurização de CO_2 , munido com barra de 2 m, contendo 4 pontas de pulverização espaçadas a 0,5 m, com

regulagens que proporcione volume de aplicação de 200 L ha⁻¹.

Para mensurar o efeito dos tratamentos, na ocasião da colheita foram realizadas avaliações de altura de plantas, com auxílio de régua graduada, procedendo a medição da distância da superfície do solo até o ápice das plantas, sendo realizada a amostragem em 5 plantas por unidade experimental. Além disso, nesta ocasião foi realizada avaliação do estande, procedendo a contagem do número de plantas presentes em 3 m. Os dados desta variável foram apresentados em porcentagem de plantas emergidas em relação à densidade de semeadura adotada por metro.

Ainda na ocasião da colheita da soja, foi realizada avaliação de número de vagens por planta e peso de mil grãos. Para a avaliação do número de vagens por planta, foi realizada a contagem de vagens presentes por planta, realizando tal amostragem em 5 plantas por unidade experimental. Na avaliação de peso de mil grãos, procedeu-se a contagem de mil grãos, os quais foram posteriormente pesados em balança de precisão, realizando a correção de umidade para 13%. Para determinação da produtividade, foi realizada a colheita manual de todas as plantas presentes na área útil de cada unidade experimental, onde posteriormente este material foi submetido aos processos de trilha, embalagem, identificação e pesagem, e a umidade dos grãos foi corrigida para 13% em todos os tratamentos.

A análise estatística dos dados provenientes do experimento foi realizada com o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011). Após a tabulação dos dados foi realizada análise de variância pelo teste F (5% de probabilidade), e quando se constatou efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Na Tabela 3 está apresentado o resumo da análise de variância das variáveis-respostas analisadas no experimento. Em relação ao efeito da condição física do solo, verificou-se efeito significativo para estande de plantas e peso de mil grãos, ao passo que para o fator herbicidas, não foram constatadas diferenças para nenhuma das variáveis-respostas analisadas. Em relação ao efeito da interação entre os fatores condição física do solo e aplicação de herbicidas em pré-emergência da soja, nenhuma das variáveis analisadas apresentaram efeito significativo.

Tabela 3 - Resumo ANAVA (Quadrado médio + CV) e resultados médios dos fatores isolados para as avaliações de estande de plantas (EP), altura de plantas (AP), número de vagens por planta (NVG) peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) da soja em função da condição física do solo e aplicações de herbicidas em pré-emergência da cultura. Rio Verde (GO), 2021/2022.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio				
		EP	AP	NVG	PMG	PROD
Bloco	5	148,2 ^{ns}	1134,6 [*]	402,4 ^{ns}	94,1 ^{ns}	1.529.032,9 ^{ns}
Condição física (CF)	1	6799,8 [*]	155,6 ^{ns}	0,9 ^{ns}	4251,4 ^{**}	9.726.579,5 ^{ns}
Erro 1	5	650,1 ^{ns}	211,2 ^{ns}	190,3 ^{ns}	86,2 ^{ns}	1.979.990,4 ^{ns}
Herbicida (H)	7	256,1 ^{ns}	92,8 ^{ns}	48,9 ^{ns}	38,9 ^{ns}	298.208,3 ^{ns}
CF versus H	7	109,1 ^{ns}	124,2 ^{ns}	214,9 ^{ns}	15,2 ^{ns}	46.659,7 ^{ns}
Erro 2	70	130,6 ^{ns}	71,2 ^{ns}	144,2 ^{ns}	57,5 ^{ns}	280.340,1 ^{ns}
CV 1 (%)		30,5	16,9	37,9	6,0	39,5
CV 2 (%)		13,6	9,8	33,0	4,9	14,8

^{ns} Não significativo pelo teste F; * Significativo pelo teste F a nível de 5% de probabilidade; ** Significativo pelo teste F a nível de 1% de probabilidade.

Para o estande de plantas, verificou-se uma menor emergência da soja na condição de solo compactado em detrimento daquelas plântulas que se desenvolveram em ambiente edáfico sem restrições de ordem física (solo descompactado) (Tabela 4). De maneira geral, solos com restrições físicas (compactados) acabam por limitar o desenvolvimento adequado do sistema radicular das plantas, o que pode resultar em uma maior mortalidade da soja durante o período de estabelecimento e desenvolvimento da cultura (FERREIRA et al., 2020). A condição física do solo não compactado apresentou um percentual de estande de plantas cerca de 17% superior ao verificado no solo compactado.

Tabela 4 – Estande de plantas (EP), altura de plantas (AP), número de vagens por planta (NVG) peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) da soja em função da condição física do solo e aplicações de herbicidas em pré-emergência da cultura. Rio Verde (GO), 2021/2022.

Condição física do solo	EP (%)	AP (cm)	NVG (un.)	PMG (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
Não compactado	92,0 a	87,1 a	36,2 a	160,7 a	3876,9 a
Compactado	75,16 b	84,5 a	36,4 a	147,4 b	3240,2 a
Tratamentos (dose)					
Testemunha capinada	76,9 a	87,1 a	35,8 a	153,1 a	3775,4 a
S-metolachlor (1.440 g ha ⁻¹)	89,9 a	81,7 a	38,5 a	156,9 a	3653,8 a
Flumioxazin (60 g ha ⁻¹)	85,3 a	81,4 a	33,0 a	156,1 a	3377,9 a
Clomazone (800 g ha ⁻¹)	78,5 a	86,4 a	35,3 a	152,7 a	3732,7 a
Diclosulam (29,4 g ha ⁻¹)	84,8 a	88,9 a	37,2 a	153,8 a	3421,5 a
[Pyroxasulfone + flumioxazin] (90 + 60 g ha ⁻¹)	79,8 a	87,8 a	36,0 a	155,2 a	3573,2 a
[Sulfentrazone + diuron] (210 + 420 g ha ⁻¹)	86,1 a	85,7 a	35,2 a	152,7 a	3369,2 a
[Imazethapyr + flumioxazin] (106 + 50 g ha ⁻¹)	87,5 a	87,4 a	39,4 a	152,0 a	3564,6 a

Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância, dentro de cada fator avaliado.

Além do estande de plantas, outra variável-resposta que também apresentou efeito da condição física do solo foi o peso de mil grãos (Tabela 4). Na comparação entre solo compactado e não com-

pactado, observou-se uma diminuição de aproximadamente 8,1% no acúmulo de massa nos grãos de soja quando as plantas se desenvolveram em ambiente com restrições físicas ao crescimento das raízes. Conforme já abordado na Tabela 3, para todas as demais variáveis-respostas não foram observados efeitos dos tratamentos, independentemente se estes estiveram relacionados a condição física do solo ou aos herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura. Os resultados diferem dos observados por Biffe (2012), nos quais o autor verificou a menor seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência para a soja quando os mesmos foram utilizados em solo com problemas de compactação.

Um fato que pode justificar a não observância dos efeitos destes tratamentos sobre o desenvolvimento da soja está relacionado a boa pluviometria observada durante o período de condução do experimento (Figura 1), fato que pode ter contribuído para um melhor desenvolvimento da cultura em decorrência dos efeitos negativos proporcionados pela compactação e pelos herbicidas aplicados em pré-emergência. Ademais, a nutrição adequada da cultura, mediante as práticas de inoculação, visando suprimento de nitrogênio, e adubação, podem ter contribuído para uma maior tolerância da soja aos fatores avaliados no presente estudo.

Conclusão

Com base nos resultados do presente trabalho, pode se concluir que a compactação do solo impactou negativamente no estande de plantas e o peso de mil grãos da soja. Ademais, todos os tratamentos herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura foram seletivos à soja nas doses em que foram avaliados.

Agradecimentos

A Universidade de Rio Verde (UniRV) e ao Programa de Iniciação Científica (IC) da UniRV pela oportunidade de participar do mesmo, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de IC.

Referências Bibliográficas

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; SILVA, A. P. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em Latossolo

Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 787-794, 2006.

BIFFE, D. F. **Efeito da aplicação de herbicidas em pré-emergência e de glyphosate em pós-emergência, sobre a cultura da soja em solo compactado e não compactado**. Programa de Pós-graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Maringá (Tese de Doutorado). 88f. 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, C. J. B.; TORMENA, C. A.; SEVERIANO, E. C.; ZOTARELLI, L.; BETIOLI JUNIOR, E. Soil compaction influences soil physical quality and soybean yield under long-term no-tillage. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 66, n. 2, p. 1-14, 2020.

INOUE, M. H.; OLIVEIRA JR., R. S.; REGITANO, J. B.; TORMENA, C. A.; TORNISIELO, V. L.; CONSTANTIN, J. Critérios para avaliação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no Estado do Paraná. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 313-323, 2003.

PETTER, F. A.; SULZBACH, A. M.; SILVA, A. F.; FIORINI, I. V. A.; MORAIS, L. A.; PACHECO, L. P. Uso de plantas de cobertura como ferramenta na estratégia de manejo de capim-amargoso. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 3, p. 200-209, 2015.

YADAV, G. S.; LAL, R.; MEENA, R. S.; RIMAL, B. Long-term effects of different passages of vehicular traffic on soil properties and carbon storage of a Crosby silt loam in USA. **Pedosphere**, v. 29, n. 2, p. 150-160, 2019.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JR., R. S.; TORMENA, C. A.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S. D.; ALONSO, D. G.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. Efeito da compactação do solo e do sulfentrazone sobre a cultura da soja em duas condições de água no solo. **Planta Daninha**, v. 25, n.3, p. 537-545, 2007.