

EFEITO CARRYOVER DO SAFLUFENACIL NA CULTURA DO FEIJOEIRO EM DIFERENTES TEXTURAS DE SOLOS¹

Aurélio Carneiro Soares Moreira

Graduando do curso de Agronomia (UNIPAM).

E-mail: aureliocarneiro@unipam.edu.br

Gabriella Daier Oliveira Pessoa Carneiro

Professora do curso de Agronomia (UNIPAM).

E-mail: gabrielladopc@unipam.edu.br

Nathalia Alves Borges

Graduanda do curso de Agronomia (UNIPAM).

E-mail: nath.borges14@gmail.com

Henrique Dias Macedo França

Graduando do curso de Agronomia (UNIPAM).

E-mail: henriquedmf@gmail.com

Maria Tereza Barbosa da Silva

Graduada em Agronomia (UNIPAM).

E-mail: matiatbs@unipam.edu.br

RESUMO: Devido ao uso intensivo do solo, a aplicação de herbicidas vem crescendo no manejo do produtor. Porém, há relatos de carryover em culturas mais sensíveis, como a cultura do feijoeiro. Além disso, a textura do solo pode interferir diretamente no efeito do herbicida, devido ao grau de umidade e adsorção do ingrediente ativo nas partículas de argila. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do carryover do saflufenacil na cultura do feijão em diferentes texturas de solo.

PALAVRAS-CHAVE: Arenoso. Argiloso. Efeito residual. Herbicida.

ABSTRACT: Due to the intensive use of the soil, the application of herbicides has been increasing in the producer's management. However, there are reports of carryover in more sensitive crops, such as bean ones. In addition, soil texture may directly interfere with the herbicide effect, due to the degree of moisture and adsorption of the active ingredient in clay particles. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of Saflufenacil carryover on the bean crop in different soil textures.

KEYWORDS: Sandy. Clayish. Residual effect. Herbicide.

INTRODUÇÃO

O feijão é uma das culturas mais importantes do Brasil. Trata-se de leguminosa alimentícia, com mais de 23 milhões de hectares cultivados e uma produção nacional

estimada em oito mil toneladas no ano de 2017, indicando um aumento de 34,9% em relação à última safra (CONAB, 2017). No Brasil, o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos produtos agrícolas de grande significância socioeconômica, principalmente pelo fato de ser uma das fontes primordiais de proteína e energia na alimentação da maior parte da população (OLIVEIRA, 2005).

Em grande parte do território brasileiro, as condições climáticas favorecem o uso intensivo de terras, o que reduz o intervalo entre plantio das culturas e suas aplicações de herbicidas. Portanto, o uso de herbicidas no controle de plantas daninhas vem aumentando no manejo do produtor rural e, devido ao uso inadequado de alguns herbicidas, vêm surgindo problemas com a cultura sucessora (carryover).

O carryover é a intoxicação das plantas causadas por herbicidas utilizados durante o ciclo da cultura e, além disso, intoxicação em culturas sucessoras, devido ao efeito residual no solo, comprometendo, dessa forma, a produtividade. Tal fato pode estar ligado à adoção de controle químico, não considerando as condições locais, como solo, clima, cultivar e o sistema de rotação de culturas (MANCUSO *et al.*, 2011).

Esse efeito carryover pode variar de acordo com as propriedades físico-químicas do herbicida, como coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}), coeficiente de sorção (K_{oc}), capacidade de dissociação eletrolítica (pka). A molécula saflufenacil atua inibindo a enzima PROTOX, o que lhe confere maior translocação e maior espectro de controle quando comparado com outros herbicidas com mesmo mecanismo de ação (GROSSMAN *et al.*, 2010). De acordo com Silva & Silva (2013), a molécula saflufenacil pode ser absorvida pelas raízes, caule e folhas, e devido a isso a cultura pode apresentar danos significativos por causa do efeito residual dessa molécula nas partículas do solo. Essa molécula é utilizada para controle de plantas daninha em pré-semeadura e dessecação pré-colheita. Para que não haja redução no rendimento de grãos, deve ser respeitado o intervalo mínimo de tempo entre a última aplicação e a semeadura da cultura do feijão no mínimo de 20 dias (BASF, 2013).

Diante do exposto, a compreensão da dinâmica dos herbicidas no solo em função das características do clima, do solo e do próprio herbicida é fundamental para a adoção do manejo integrado de plantas daninhas no cultivo da safra e nas culturas em sucessão. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do carryover do saflufenacil na cultura do feijão em diferentes texturas de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na casa de vegetação no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), município de Patos de Minas (MG) (18° 34' 39" de latitude Sul, 46° 29' 15" de longitude Oeste e 890 m de altitude), entre os meses abril e junho de 2018. Patos de Minas, segundo a classificação de Köppen, apresenta um clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1400 mm (SOUZA *et al.*, 2005), sendo a temperatura média anual igual a 21,1°C, a máxima anual, 27,8°C, e a mínima anual, 16,3°C, conforme dados da Estação Meteorológica de Sertãozinho (EPAMIG) localizada no município de Patos de Minas (MG). As avaliações fenométricas foram realizadas no Laboratório Centro de Pesquisa em Sementes e Plantas Daninhas (CESPD) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

A cultura utilizada foi o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar utilizada foi a Pérola. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, constituído por fatorial 6x2=12, em que o primeiro fator corresponde às doses de saflufenacil e a segunda variável, à textura de solo, sendo elas arenoso (Tabela 1), coletado na região de Lagoa Grande (MG) e argiloso (Tabela 2), coletado na região de Patos de Minas (MG), ambos foram coletados a 20 cm de profundidade. Foram utilizadas 48 bandejas, furadas, com capacidade de 5 litros, em que foram dispostas quatro repetições, com 50 sementes por parcela.

Tabela 1 - Análise de solo (0-20 cm) do solo arenoso: “Efeito carryover com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos”. CESPD, UNIPAM. Patos de Minas, MG, 2018.

pH	P-Me1	P-Rem	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
Água		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		
5,37	45,14	21,51	281,04	12,00	3,60	0,003	3,30
SB	t	T	V	M	M.O.		
	cmol _c dm ⁻³			%		dag kg ⁻¹	
16,32	16,35	19,62	83,18	0,18		2,06	

SB = Soma de Bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 / V = Sat. de bases / m = Sat. de alumínio;

P, K = [Mehlich – 1, HCl 0,05mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125mol L⁻¹]

Ca, Mg, Al = [KCl 1 mol L⁻¹; H + Al = [Solução Tampão – SMP a pH 7,5];

M.O. = Método Titulométrico

Tabela 2 - Análise de solo (0-20 cm) do solo argiloso: “Efeito carryover com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos”. CESPD, UNIPAM. Patos de Minas, MG, 2018.

pH	P-Me1	P-Rem	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
Água		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		
5,87	21,70	5,66	103,39	1,80	0,40	0,11	7,20
SB	t	T	V	M	M.O.		
	cmol _c dm ⁻³			%		dag kg ⁻¹	
2,46	2,57	9,66	25,50	4,27		2,92	

SB = Soma de Bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 / V = Sat. de bases / m = Sat. de alumínio;

P, K = [Mehlich – 1, HCl 0,05mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125mol L⁻¹]

Ca, Mg, Al = [KCl 1 mol L⁻¹; H + Al = [Solução Tampão – SMP a Ph 7,5];

M.O. = Método Titulométrico

Após a semeadura, o solo foi irrigado e, em seguida, feita a aplicação do herbicida Heat[®] [Saflufenacil (700 g kg⁻¹)] nas concentrações de 0; 6,125; 12,25; 24,5; 49,0 e 98,0 g ha⁻¹ de ingrediente ativo (Tabela 3).

Tabela 3 - Descrição dos tratamentos que foram utilizados na cultura do feijoeiro no trabalho intitulado “*Efeito carryover com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos*”. CESPD, UNIPAM. Patos de Minas, MG, 2018.

Tratamentos	Solo argiloso	Solo arenoso
	Doses Saflufenacil g ha ⁻¹	
T ₁	0	0
T ₂	6,125	6,125
T ₃	12,25	12,25
T ₄	24,5	24,5
T ₅	49,0	49,0
T ₆	98,0	98,0

Heat[®] (Saflufenacil: 700g kg⁻¹)

As bandejas foram irrigadas diariamente, na quantidade de 300 mL, e a adubação foi realizada por meio da aplicação de solução nutritiva logo após emergência proposta por Johnson *et al.* (1957), conforme descrito na Tabela 4.

Tabela 4 - Descrição da solução nutritiva utilizada no experimento intitulado “*Efeito carryover com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos*”. Centro de Pesquisa em Sementes e Plantas Daninhas (CESPD) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2018.

Sais	g 1000 L ⁻¹
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	457,7
KNO ₃	251,3
KH ₂ PO ₄	142,9
MgSO ₄ .7H ₂ O	251,3
FeDTPA	23,8
H ₃ BO ₃	1,3
MnSO ₄	0,794
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,106
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,026
H ₂ MoO ₄ .H ₂ O	0,013

Fonte: Johnson *et al.* (1957)

Foram feitas avaliações aos sete dias após semeadura de percentagem de emergência e massa de matéria seca de raiz, caule e folha aos sete dias após a semeadura.

Foram contabilizadas as plântulas emergidas em cada unidade experimental amostrada. A transformação dos dados para porcentagem foi realizada conforme Equação 1.

$$PPE = \frac{NSE.100}{NSS} \quad [1]$$

em que: PPE (%) refere-se a porcentagem de plântulas emergidas, NSE é o número de sementes emergidas na unidade experimental amostrada e NSS é o número de sementes semeadas na unidade experimental amostrada.

As determinações de massa de matéria seca de folha, raiz e caule foram realizadas utilizando dez plantas para cada repetição. Cada órgão da planta foi acondicionado, separadamente, em sacos de papel, e a secagem das diferentes partes da planta foi realizada utilizando-se o método padrão de secagem em estufa com circulação de ar forçada e com temperatura de 65°C, até peso constante.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR[®] (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para massa de matéria seca de raiz, houve diferença significativa no tratamento que não recebeu aplicação do herbicida, em que o solo arenoso apresentou maior incremento de 19,89% quando comparado com solo argiloso. Isso pode ser explicado porque os solos de textura arenosa apresentaram, quando comparados com solo de textura argilosa, maior número de macroporos, o que promoveu o maior desenvolvimento do sistema radicular. Já os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa entre a textura do solo. Para o quesito doses de saflufenacil, nota-se que houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo que, quanto maior a dose, menor o incremento de massa seca de raiz (Figura 1 e Tabela 5).

Figura 1 - Massa de matéria seca de raiz (g planta^{-1}), do experimento intitulado “Efeito *carryover* com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos”. Centro de Pesquisa em Sementes e Plantas Daninhas (CESPD) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2018.

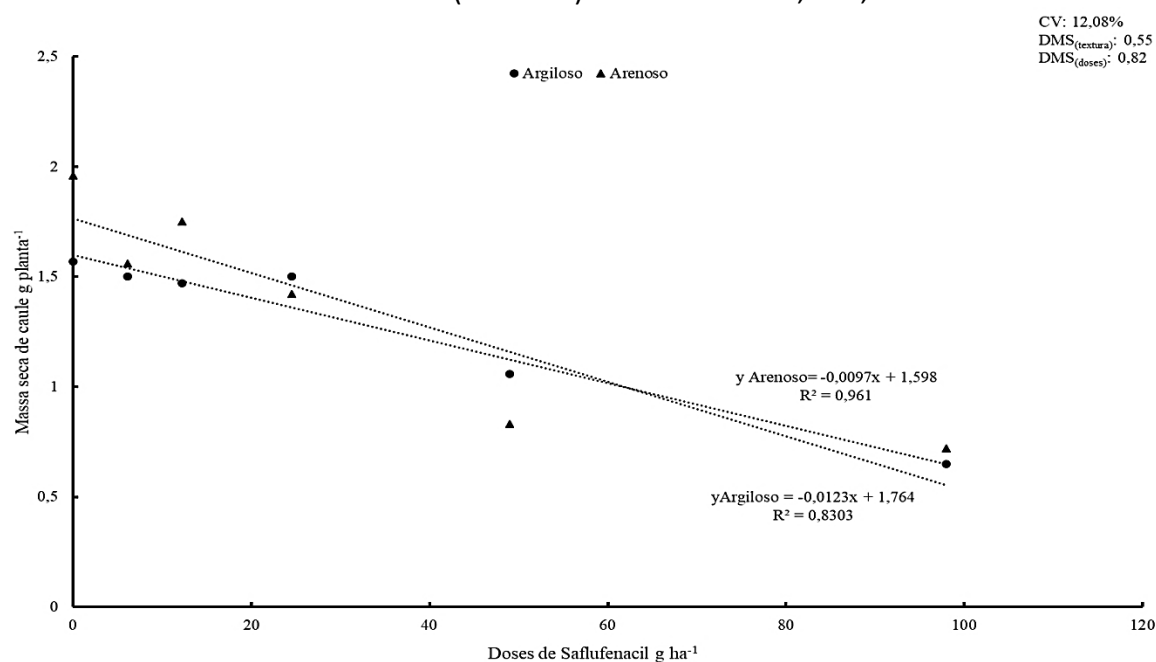


Tabela 5 - Massa de matéria seca de raiz (g planta^{-1}), do experimento intitulado “Efeito carryover com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos”. Centro de Pesquisa em Sementes e Plantas Daninhas (CESPD) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2018.

Doses Saflufenacil g ha^{-1}	Solo argiloso	Solo arenoso
0	1,57	1,96*
6,125	1,5	1,56
12,25	1,47	1,75
24,5	1,5	1,42
49,0	1,06	0,83
98,0	0,65	0,72
Médias	1,29	1,37
CV		16,57%
DMS _(doses)		0,472
DMS _(solo)		0,31

* As médias diferiram a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na variável massa de matéria seca de caule (Figura 2 e Tabela 6) e massa seca de folha (Figura 3 e Tabela 7), notou-se diferença significativa para tratamentos que receberam aplicação do herbicida, em que o solo arenoso apresentou uma tendência de menor intoxicação pelo efeito residual da molécula quando comparado com o solo argiloso. Para o quesito doses de saflufenacil, notou-se que, quanto maior a dose, menor o incremento de massa seca de caule e folha. Isso pode ser explicado, além das propriedades físico-químicas do herbicida, pelo efeito redução do sistema radicular.

Figura 2 - Massa de matéria seca de caule (g planta^{-1}), do experimento intitulado “Efeito carryover com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos”. Centro de Pesquisa em Sementes e Plantas Daninhas (CESPD) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2018.

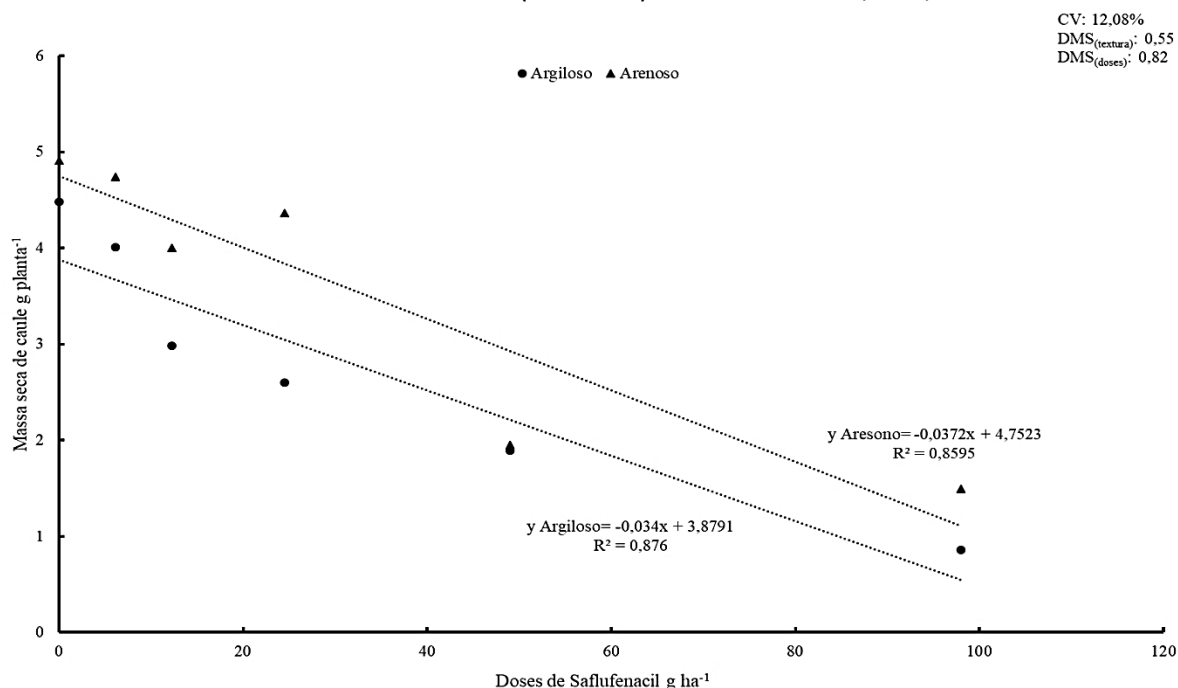


Tabela 6 - Massa de matéria seca de caule (g planta^{-1}), do experimento intitulado “Efeito carryover com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos”. Centro de Pesquisa em Sementes e Plantas Daninhas (CESPD) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2018.

Doses Saflufenacil g ha^{-1}	Solo argiloso	Solo arenoso
0	4,48	4,91 ^{ns}
6,125	4,01	4,74*
12,25	2,98	4a*
24,5	2,6	4,3*
49,0	1,89	1,95
98,0	1,95	1,49c
Médias	2,81	3,57
CV		12,08%
DMS _(doses)		0,82
DMS _(solo)		0,55

* as médias diferiram a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Figura 3 - Massa de matéria seca de folha (g planta^{-1}), do experimento intitulado “Efeito carryover com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos”. Centro de Pesquisa em Sementes e Plantas Daninhas (CESPD) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2018.

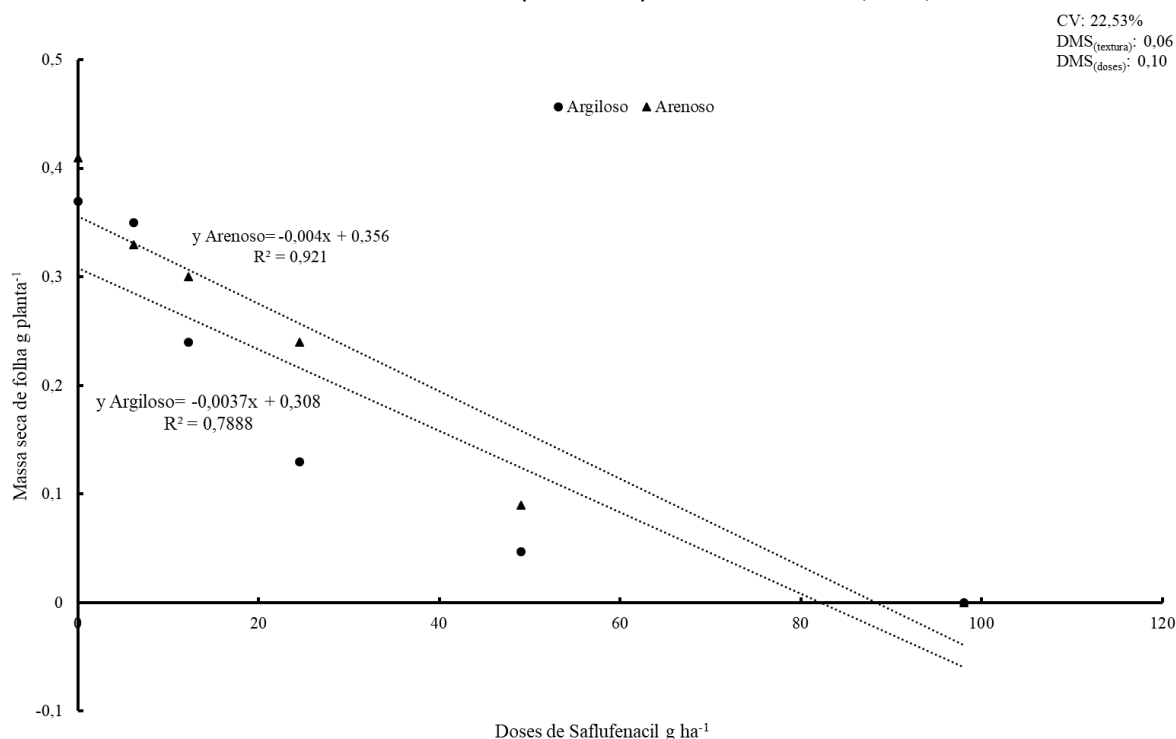


Tabela 7 – Massa de matéria seca de folha (g planta^{-1}), do experimento intitulado “Efeito carryover com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos”. Centro de Pesquisa em Sementes e Plantas Daninhas (CESPD) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2018.

Doses Saflufenacil g ha^{-1}	Solo argiloso	Solo arenoso
0	0,37	0,41 ^{ns}
6,125	0,35	0,33
12,25	0,24	0,3
24,5	0,13	0,24
49,0	0,047	0,09
98,0	0	0
Médias	0,189	0,228
CV		22,53%
DMS _(doses)		0,10
DMS _(solo)		0,06

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na variável percentagem de emergência, notou-se que não houve diferença significativa quando comparada à textura do solo (Figura 4 e Tabela 8). Para o quesito doses de saflufenacil, observou-se a mesma tendência das demais variáveis, em que não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém, quanto maior a dose,

menor a percentagem de emergência.

Figura 4 - Percentagem de germinação, do experimento intitulado “*Efeito carryover com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos*”. Centro de Pesquisa em Sementes e Plantas Daninhas (CESPD) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2018.

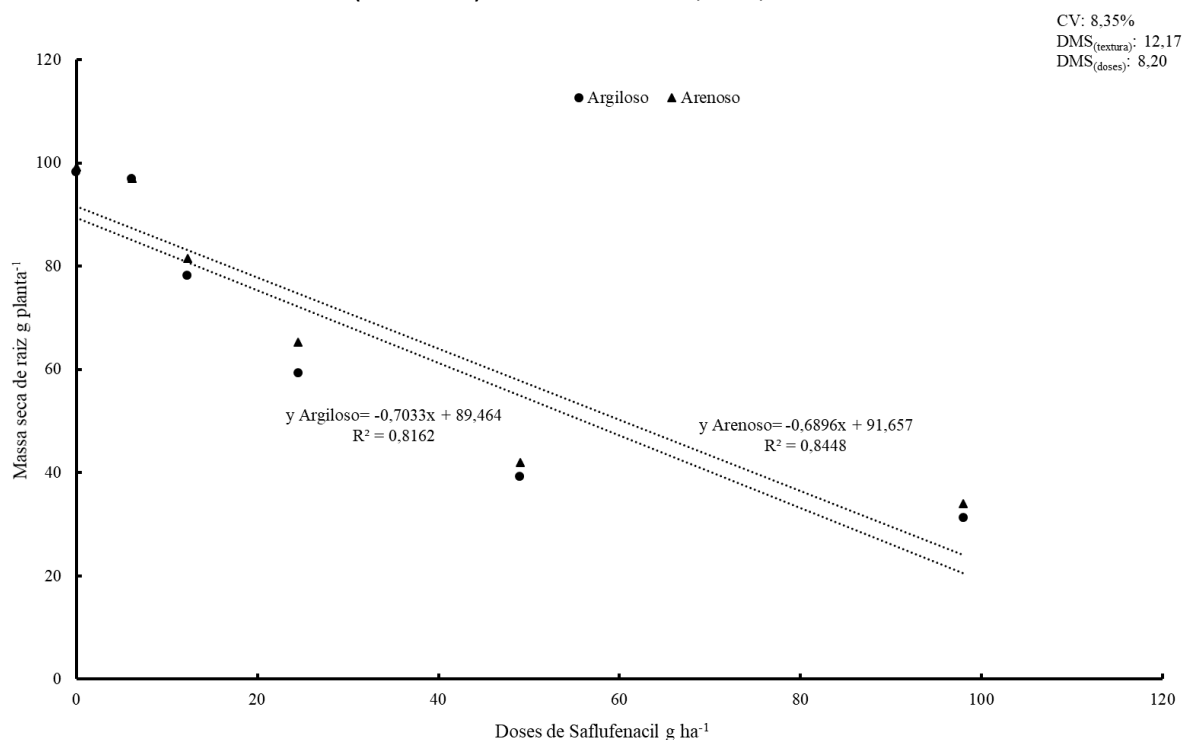


Tabela 8 - Percentagem de germinação, do experimento intitulado “*Efeito carryover com saflufenacil na cultura do feijoeiro em diferentes texturas de solos*”. Centro de Pesquisa em Sementes e Plantas Daninhas (CESPD) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2018.

Doses Saflufenacil g ha ⁻¹	Solo argiloso	Solo arenoso
0	98	99*
6,125	97	97 ^{ns}
12,25	78	82
24,5	59	65
49,0	39	42
98,0	31	34
Médias	67,20	69,83*
CV		8,35%
DMS _(doses)		8,20
DMS _(solo)		12,17

* as médias diferiram a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O saflufenacil é uma molécula que pode absorvida pela planta, raízes, caule e

folhas jovens, apresenta baixa taxa de translocação na planta, boa cobertura foliar, necessita de luz e O_2 para agir e causa a morte da planta com rapidez (1 a 2 dias). Essa molécula é inibidora da enzima protoporfirogênio oxidase (PROTOX), uma enzima que é responsável por oxidar o protoporfirogênio para produzir a protoporfirina IX, precursor da clorofila e de grupamentos heme. A protoporfirina, na presença de luz, reage com O_2 formando espécies reativas de oxigênio, causando a peroxidação de lipídeos e o extravasamento do sulco celular e morte da planta, sendo assim um controle rápido e eficiente (SILVA & SILVA, 2013).

A molécula saflufenacil apresenta coeficiente de sorção (K_{oc}) de 27,0, isso faz com que a molécula tenha baixa taxa de sorção, ou seja, apresenta baixa atração pelas partículas do solo e consequentemente baixa taxa de adsorção nos colóides do solo e alta lixiviação. Já seu coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}) é baixo ($3,98 \times 10^{02}$), o que lhe confere caráter hidrofílico. Dessa forma, herbicida, juntamente com a água, fica na solução do solo, o que permite ser lixiviado com facilidade. Com isso, o solo arenoso, por apresentar maior número de macroporos, teve a molécula do saflufenacil lixiviada, não causando tantos danos quando comparado com solo argiloso. Neste, por apresentar poros menores e menor movimentação da água, as plantas apresentaram maior intoxicação (SILVA & SILVA, 2013).

Outra propriedade físico-química do herbicida é a capacidade de dissociação eletrolítica (pka); a molécula saflufenacil é um ácido fraco e apresenta $pka = 4,4$. O solo argiloso utilizado apresenta $pH = 5,87$ e o solo arenoso, $pH = 5,37$, ou seja, em ambos os solos o $pka < pH$ do solo, dessa forma a molécula do herbicida se torna dissociada (negativa) sendo repelida pelos colóides da argila, reduzindo assim a taxa de adsorção e aumentando a taxa de lixiviação (SILVA & SILVA, 2013).

De acordo com os dados analisados, quanto maior a dose de saflufenacil, maior foi o dano causado em todas as variáveis, massa de matéria seca de raiz, caule, folha e percentagem de germinação. No quesito textura de solo, o arenoso apresentou menor efeito residual da molécula do herbicida quando comparado com solo argiloso. Isso ocorreu devido às propriedades físico-químicas da molécula do herbicida, a qual apresenta K_{ow} baixo (alta solubilidade), baixo K_{oc} (baixa sorção) e $pka < pH$, o que consequentemente lhe confere alta lixiviação.

CONCLUSÃO

Conclui-se que, quanto maior a dose de saflufenacil, maior o efeito carryover na cultura do feijoeiro. Também se conclui que as plantas cultivadas em solos arenosos apresentaram menor intoxicação pela molécula do herbicida.

REFERÊNCIAS

BASF – THE CHEMICAL COMPANY. BULA – HEAT®. Registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA sob nº 01013. 2013.

CONAB (CAMPANHA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). *Acompanhamento da safra brasileira*. 2017.

FERREIRA, D.F. *Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas*. Lavras: UFLA, 2000.
GROSSMAN, K.; NIGGEWEG, R.; CHRISTIANCEN, N.; LOOSER, R.; EHRHARDT, T. The Herbicide Saflufenacil (Kixor™) is a New Inhibitor of Protoporphyrinogen IX Oxidase Activity. *Weed Science*, v. 58, n. 1, p. 1-9, 2010.

JOHNSON, C. M.; STOUTS, P. R.; BROYER, T.C.; CARLTON, A. B. Comparative chlorine requirements of different plants species. *Plant and Soil*, The Hague, v. 8, p. 337-353, 1957.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicida no solo ("carryover"). *Revista Brasileira de Herbicidas*, Londrina (PR), n.2, p.151-164, 2011.
OLIVEIRA, S. H. F. Manejo do mofo branco. *Revista DBO Agrotecnologia*. Perdizes, São Paulo. v. 2, n. 4, p. 8-13. 2005.

SILVA, A.A.; SILVA, J.F. *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2013.

SOUZA, D. V. de; CABRAL, J. B. P.; LOPES, R. M.; REIS, M. A. S.; OLIVEIRA, S. F. Análise pluviométrica da carta topográfica de Patos de Minas referente ao período de 1978 a 2003. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 57, 2005, Fortaleza. *Anais eletrônicos...* São Paulo: SBPC/UECE, 2005. Disponível em: <http://www.sbpnet.org.br/livro/57ra/>. Acesso em: 05 nov. 2013.

WILLIAM, R. D. Competição entre a tiririca (*Cyperus rotundus*) e o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). *R. Ceres*, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, v. 20, n. 112, p. 424-432, 1973.