
Residual effect of pyroxasulphone and pyroxasulphone + flumioxazin on contrasting soils

Efeito residual de pyroxasulfone e pyroxasulfone + flumioxazin em solos contrastantes

Received: 2023-02-10 | Accepted: 2023-03-20 | Published: 2023-03-30

Júlia Rodrigues Novais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3322-1320>

Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Brasil
E-mail: juliar.novais@gmail.com

Miriam Hiroko Inoue

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5332-5170>

Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Brasil
E-mail: miriamhinoue@hotmail.com

Kassio Ferreira Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2869-8434>

Universidade Federal de Viçosa, Brasil
E-mail: kfmendes@ufv.br

Dejania Vieira de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4577-8580>

Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Brasil
E-mail: dejania@unemat.br

Ana Carolina Dias Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8228-1269>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Alta Floresta, Brasil
E-mail: acrdias@unemat.br

Hilton Marcelo de Lima Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9159-6847>

Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Brasil
E-mail: hilton.marcelo@unemat.br

Jakson Leandro Mendes da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7934-6818>

Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Brasil
E-mail: jakson.silva@unemat.br

ABSTRACT

It aimed to evaluate the residual effect of pyroxasulfone and pyroxasulfone + flumioxazin on different soil textures. Experiments were carried out in Red Latosol and Quartzarenic Neosol, using two doses of pyroxasulfone (100 and 200 g i.a. ha⁻¹) and pyroxasulfone + flumioxazin (100 + 66.67 and 200 + 133.33 g i.a. ha⁻¹), seven application times (0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days between herbicide application (DAA) and sowing of the bioindicator). phytointoxication, plant height, root length and total dry biomass are honored. The effects on cucumber were exciting as application times increased. The clayey soil administered greater residual effect. The highest doses of both herbicides promoted greater effects in all evaluated periods. The residual effect was more expressive when applying pyroxasulfone + flumioxazin, in both soils and doses. Pyroxasulfone and pyroxasulfone + flumioxazin showed a residual effect greater than 90 DAA in clayey and sandy loam soils.

Keywords: Persistence; Environment; Texture; Bioindicator.

RESUMO

Objetivou avaliar o efeito residual de pyroxasulfone e pyroxasulfone + flumioxazin em diferentes texturas de solos. Foram realizados experimentos em Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico, utilizando duas doses de pyroxasulfone (100 e 200 g i.a. ha⁻¹) e do pyroxasulfone + flumioxazin (100 + 66,67 e 200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹), sete épocas de aplicação (0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias entre a aplicação dos herbicidas (DAA) e a semeadura do bioindicador). Avaliou-se a fitointoxicação, altura de plantas, comprimento de raiz e biomassa seca total. Os efeitos provocados no pepino foram reduzindo conforme aumentaram as épocas de aplicação. O solo argiloso proporcionou maior efeito residual. As maiores doses de ambos os herbicidas promoveram maiores efeitos em todas as épocas avaliadas. O efeito residual foi mais expressivo quando aplicado pyroxasulfone + flumioxazin, em ambos os solos e doses. O pyroxasulfone e pyroxasulfone + flumioxazin apresentaram efeito residual superior a 90 DAA em solo de textura argilosa e franco-arenosa.

Palavras-chave: Persistência; Ambiente; Textura; Bioindicador.

INTRODUÇÃO

O efeito residual do herbicida é o tempo em que o mesmo permanece ativo no solo após sua aplicação. Esse período de atividade está relacionado ao seu comportamento no solo, sendo que sua persistência no ambiente depende diretamente de características físico-químicas da molécula, das propriedades inerentes ao solo e das condições climáticas (MONQUERO; SILVA, 2021).

Os herbicidas com maior persistência no solo podem apresentar potencial para prejudicar culturas sensíveis, devido à sua atividade residual ser mais longa que o intervalo entre os cultivos (SILVA et al., 2014). O potencial de um herbicida para permanecer ativo no solo por um longo período, contendo concentrações herbicidas suficientes para provocar injúrias nas culturas subsequentes, é denominado *carryover*, o qual varia em função do herbicida e da dose utilizada, do tipo de solo, do clima, da época de aplicação e da espécie cultivada em sucessão (ALONSO; OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN, 2013).

Devido a persistência no ambiente por um longo período, os herbicidas residuais podem ser eficientes no manejo integrado de plantas daninhas, por meio da supressão da emergência das plantas daninhas no início do desenvolvimento, limitando a interferência e competição com a cultura de interesse agrônômico (NUNES et al., 2018).

O pyroxasulfone é um herbicida residual que apresenta eficácia no controle de plantas daninhas devido a sua persistência no ambiente (YAMAJI et al., 2014). O herbicida age no controle de gramíneas e folhas largas originadas de sementes pequenas (MATTE et al., 2021). O tempo de meia-vida desse herbicida pode variar de 33 a 89 dias (WESTRA et al. 2015) ou de 8 a 71 dias (MUELLER; STECKEL, 2011), dependendo das condições edafoclimáticas.

Devido ao fato da persistência do pyroxasulfone no ambiente depender das condições edafoclimáticas, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito residual de pyroxasulfone e pyroxasulfone + flumioxazin em diferentes texturas de solos, na região de Tangará da Serra.

MATERIAL E MÉTODOS

Quatro experimentos foram realizados simultaneamente em casa de vegetação com amostras de dois solos com texturas distintas, sendo o solo de textura argilosa classificado como Latossolo Vermelho, coletado no município de Tangará da Serra, MT (latitude 14° 38' 48" S e longitude 57° 26' 25" O e altitude 434 metros) e o solo franco-arenoso classificado como Neossolo Quartzarênico, proveniente do município de Barra do Bugres, MT (latitude 15° 11' 38" S e longitude 57° 20' 43" O e altitude 186 metros).

As amostras de solo foram coletadas a uma profundidade de 0-10 cm, peneiradas para remoção dos resíduos presentes na superfície e acondicionadas em vasos de polietileno com

capacidade de 500 cm³. As características físico-químicas dos solos utilizados estão descritas na Tabela 10.

Tabela 10: Características físico-químicas das amostras de solos utilizadas nos experimentos.

| Solo | pH | | Al ³⁺ | H ⁺ + Al ³⁺ | Ca ²⁺ + Mg ²⁺ | Ca ²⁺ | K ⁺ |
|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------|----------------|
| | CaCl ₂ | H ₂ O | | | | | |
| LV ¹ | 4,30 | 5,00 | 0,44 | 5,25 | 1,07 | 0,71 | 0,26 |
| NQ ² | 4,50 | 5,40 | 0,06 | 1,25 | 0,87 | 0,53 | 0,04 |
| | P | M.O. | CTC | V | Areia | Silte | Argila |
| | mg dm ⁻³ | g dm ⁻³ | cmol _c dm ⁻³ | % | g kg ⁻¹ | | |
| | 1,50 | 23,50 | 6,58 | 20,21 | 130,00 | 154,50 | 715,50 |
| | 1,36 | 5,19 | 2,16 | 42,13 | 753,50 | 57,50 | 189,00 |

¹LV = Latossolo Vermelho (textura argilosa); ²NQ = Neossolo Quartzarênico (textura franco-arenosa).
Fonte: Laboratório Plante Certo, Várzea Grande, MT.

Em cada experimento foi utilizado um tipo de solo, um herbicida (pyroxasulfone ou a associação de pyroxasulfone + flumioxazin), sete épocas de aplicação e um tratamento controle, sem aplicação de herbicida. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal a base de CO₂, dotado com barra de seis pontas XR-110.02, espaçadas entre si a 0,50 m, com volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

Adotou-se o esquema fatorial 2x7 no delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. O primeiro fator consistiu nas doses de pyroxasulfone (100; 200 g i.a. ha⁻¹) ou de pyroxasulfone + flumioxazin (100 + 66,67; 200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹). O segundo fator consistiu nas épocas de aplicação, as quais corresponderam a 0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias entre a aplicação do herbicida (DAA) e a semeadura do bioindicador *Cucumis sativus* (pepino).

Após efetuadas todas as aplicações de pyroxasulfone ou da associação de pyroxasulfone + flumioxazin, foi realizada a semeadura do bioindicador, de forma manual, na última época da aplicação dos herbicidas, utilizando dez sementes para cada vaso. Após a semeadura, os vasos foram irrigados com lâmina de 10 mm diários.

Aos 7 e 14 dias após a aplicação (DAA), por meio da escala visual, avaliou-se a porcentagem de injúria da espécie utilizada, onde 0% corresponde à ausência de injúrias e 100% à morte das plantas, de acordo com a escala de fitointoxicação proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995). Aos 21 dias, foi avaliado a altura das plantas e o comprimento de raiz, amostrando-se seis plantas por unidade experimental. As plantas amostradas foram coletadas, identificadas e acondicionadas para secagem em uma estufa de circulação forçada de ar, em temperatura de 60°C, até atingirem massa constante, para quantificação da biomassa seca total (parte aérea + raiz).

Os dados obtidos foram transformados para porcentagem em relação à testemunha sem aplicação, submetidos à análise de variância e as médias foram ajustadas com equações de regressão pelo teste F ($p < 0,01$ e $0,05$), com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a variável injúria aos 7 DAA (Figura 5), verificou-se que a interação entre as doses (pyroxasulfone (100 e 200 g i.a. ha⁻¹) e pyroxasulfone + flumioxazin (100 + 66,67 e 200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹)), e as épocas de aplicação apresentaram significância. Os maiores níveis de injúria nas plantas de pepino foram observados em Latossolo Vermelho, quando aplicado a associação pyroxasulfone + flumioxazin, na maior dose (200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹) na época correspondente a 0 DAA, proporcionando percentual de injúria superior a 98%. (Figura 5B).

Jaremtchuk et al. (2009) verificaram variação na atividade residual do herbicida flumioxazin em relação à textura do solo, do período entre aplicação e semeadura e da dosagem utilizada. O mesmo foi detectado neste trabalho, ao utilizar o pyroxasulfone em mistura com o flumioxazin, os quais proporcionaram maior efeito residual quando aplicados em solo de textura argilosa, devido a retenção das moléculas herbicidas aos colóides do solo.

A associação dos herbicidas pyroxasulfone + flumioxazin é uma alternativa eficaz para manejo de resistência de plantas daninhas à herbicidas, por ser uma nova mistura com dois mecanismos de ação diferentes (MARCUSSE, 2020). O que justifica o fato de os maiores efeitos terem sido observados quando aplicado os herbicidas associados pyroxasulfone + flumioxazin.

Observa-se na Figura 5 que em ambos os solos, conforme aumentaram-se os dias entre a aplicação dos herbicidas e a semeadura do bioindicador pepino, houve uma redução gradativa dos níveis de injúria, sendo as menores doses responsáveis pelos menores níveis de injúrias.

Para as épocas de 0 e 15 DAA, os níveis de injúria (7 DAA) permaneceram acima de 91% em ambos os solos, herbicidas e doses testadas, com exceção do experimento realizado em Neossolo Quartzarênico, quando aplicado o herbicida pyroxasulfone na dose de 100 g i.a. ha⁻¹, no qual o nível de injúria foi equivalente a 89,75% (Figura 5C). Ao analisar a época de 90 DAA, o percentual de injúria se manteve acima de 5% em todos os experimentos, sendo verificado o menor nível de injúria (5,25%) quando aplicado o herbicida pyroxasulfone na menor dose testada (100 g i.a. ha⁻¹), em Neossolo Quartzarênico (Figura 5C). Evidenciando que solos de texturas mais leves, tendem a reter menos moléculas herbicidas, conseqüentemente, proporcionam menores danos ao bioindicador.

Matte et al. (2021) verificaram que ao aplicar diferentes herbicidas em solo de textura média, visando o controle de capim-amargoso, os maiores níveis de controle aos 7 DAA foram promovidos com a aplicação de pyroxasulfone (100 g i.a. ha⁻¹) (91,2%).

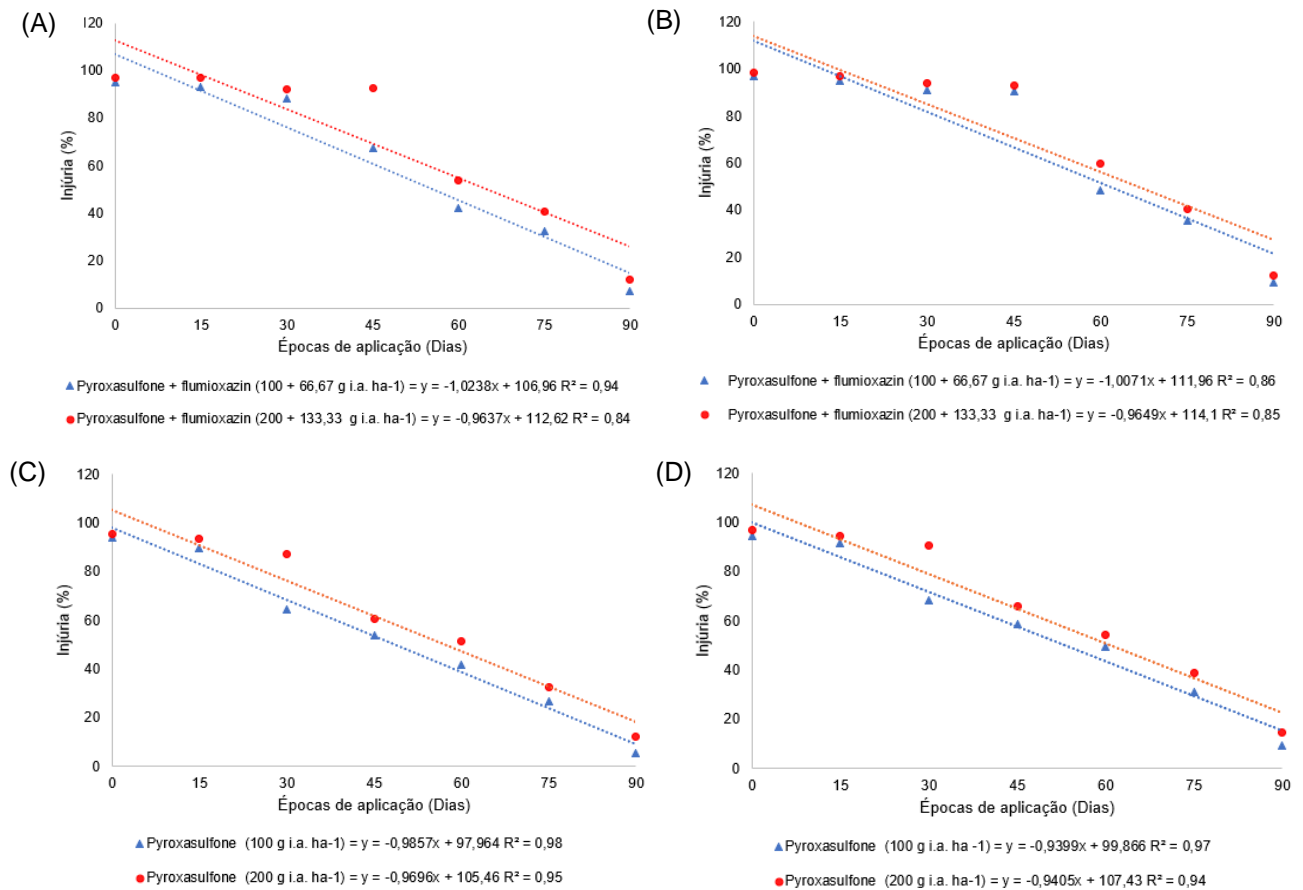


Figura 5. Injúria (%) das plantas de pepino (*Cucumis sativus*) aos 7 dias após a aplicação de pyroxasulfone + flumioxazin em pré-emergência em solo franco-arenoso (A), pyroxasulfone + flumioxazin em pré-emergência em solo argiloso (B), pyroxasulfone em pré-emergência em solo franco-arenoso (C) e pyroxasulfone em pré-emergência em solo argiloso (D).

Em relação ao percentual de injúria aos 14 DAA (Figura 6), observou-se significância para as interações entre as diferentes doses e épocas de aplicação. Os níveis mais expressivos de injúria foram verificados em Latossolo Vermelho, quando aplicado o pyroxasulfone + flumioxazin, na maior dose (200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹), promovendo percentual de injúria superior a 18% ainda aos 90 DAA (Figura 6B).

Em ambos os solos, aos 14 DAA, o aumento das dosagens causou incremento nos níveis de injúrias. No entanto, conforme aumentaram-se os dias entre a aplicação dos herbicidas e a semeadura do pepino, verificou-se uma redução do percentual de injúria (Figura 6).

Presoto et al. (2022) afirmam que o aumento das doses do herbicida flumioxazin (0, 50, 100 e 200 g ha⁻¹) contribuiu para o aumento do controle do capim-guiné, o qual se manteve acima de 80% em todas as doses, aos 35 DAA. Porém, a dose de 200 g ha⁻¹ foi a única a promover controle superior a 97,5%. Os mesmos autores constataram que em todas as doses do pyroxasulfone isolado (0, 50, 100 e 200 g ha⁻¹), o controle se manteve acima dos 90%. Tais

resultados corroboram com os encontrados no presente estudo, onde as maiores doses aplicadas proporcionaram maiores danos ao bioindicador pepino.

Para o experimento realizado em Latossolo Vermelho, com aplicação de pyroxasulfone + flumioxazin, verificou-se níveis de injúria equivalente a 100%, devido a morte das plantas, para as épocas de 0, 15, 30 e 45 DAA, em ambas as doses utilizadas (Figura 6B). O mesmo foi observado quando aplicado pyroxasulfone + flumioxazin em Neossolo Quartzarênico, na maior dose (200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹), no entanto, quando aplicado a dose de 100 + 66,67 g i.a. ha⁻¹, o nível de injúria aos 45 DAA foi equivalente a 84,50% (Figura 6A).

Corroborando com os resultados encontrados em solo argiloso, Ferreira e Oliveira (2020) constataram a eficiência de herbicidas no controle residual de plantas daninhas, em Latossolo Vermelho, de textura argilosa. Os mesmos verificaram que aos 45 DAA, houve 100% de controle das plantas daninhas na linha de cultivo, quando utilizado os herbicidas isoxaflutole (150 g ha⁻¹) + flumioxazin (125 g ha⁻¹).

Coradin et al. (2019) avaliaram o controle da emergência do capim-amargoso, em solo de textura argilosa, após a aplicação de herbicidas, dentre eles, o flumioxazin isolado e associado ao imazethapyr. Aos 14 DAA, flumioxazin (60 g ha⁻¹) e imazethapyr (106 g ha⁻¹) + flumioxazin (50 g ha⁻¹) não se diferiam entre si, proporcionando níveis de controle de 94,8 e 92,5%, respectivamente. Enquanto aos 28 DAA, as aplicações de flumioxazin e Imazethapyr + flumioxazin, apresentaram percentual de controle maior que 96% sobre a emergência do capim-amargoso.

Ao aplicar pyroxasulfone na dose de 200 g i.a. ha⁻¹, verificou-se níveis de injúria equivalente a 100% para as épocas de 0,15 e 30 DAA, em ambos os solos (Figuras 6C e 6D). Em contrapartida, ao aplicar a dose de 100 g i.a. ha⁻¹, observou-se injúria de 100% aos 0 e 15 DAA, para ambos os solos, no entanto, aos 30 DAA o percentual de injúria foi equivalente a 75,50% em Neossolo Quartzarênico e 81,75% em Latossolo Vermelho. O pyroxasulfone quando aplicado em Neossolo Quartzarênico, na dose de 100 g i.a. ha⁻¹, proporcionou o menor nível de injúria aos 90 DAA (9,25%) (Figura 6C).

O período de atividade do pyroxasulfone no solo depende de fatores como o conteúdo de matéria orgânica e os minerais do solo, os quais estão diretamente relacionados à sorção das partículas ao solo (TAKESHITA et al., 2019). Desse modo o conteúdo de matéria orgânica aumenta sua retenção aos colóides do solo, reduzindo a lixiviação da molécula e prolongando sua permanência no ambiente (WESTRA et al., 2014). Estudos realizados por Novais et al. (2022) apontam que o pyroxasulfone aplicado em solo franco-arenoso proporcionou maior potencial de lixiviação, quando comparado ao solo de textura argilosa. Corroborando com tais resultados, no presente trabalho foi verificado que o pyroxasulfone promoveu menores danos ao bioindicador quando aplicado em solo de textura mais leve (franco-arenosa).

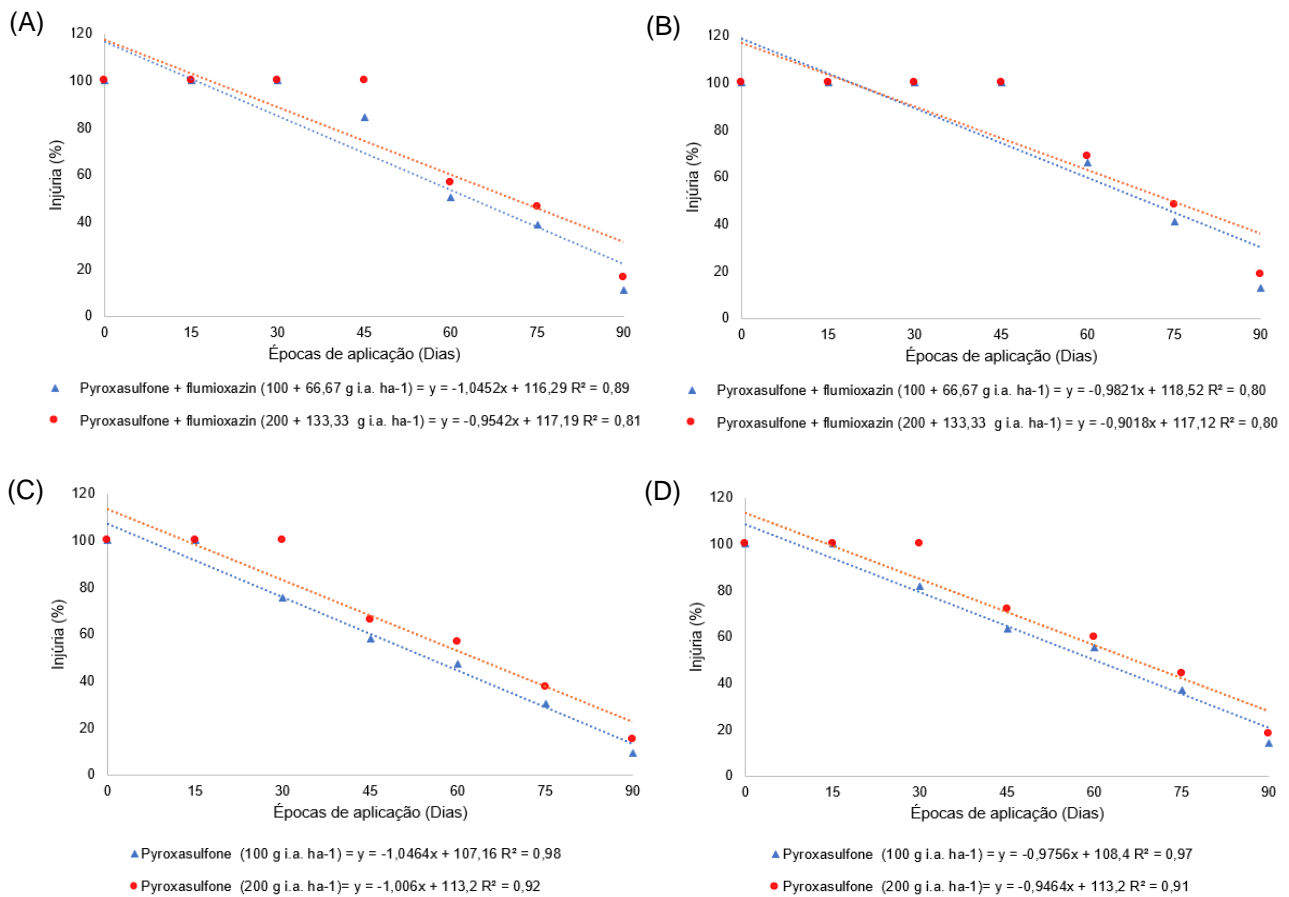


Figura 6. Injúria (%) das plantas de pepino (*Cucumis sativus*) aos 14 dias após a aplicação de pyroxasulfone + flumioxazin em pré-emergência em solo franco-arenoso (A), pyroxasulfone + flumioxazin em pré-emergência em solo argiloso (B), pyroxasulfone em pré-emergência em solo franco-arenoso (C) e pyroxasulfone em pré-emergência em solo argiloso (D).

O efeito residual na altura de plantas variou em função das doses e épocas de aplicação. Foi verificado o maior percentual de altura quando aplicado pyroxasulfone (100 g i.a. ha⁻¹) em Neossolo Quartzarênico, promovendo valor de 92,31% (Figura 7). Tal fato evidencia que o herbicida aplicado em solo de textura franco-arenosa promoveu menores danos ao bioindicador.

Os dados de altura verificados no experimento realizado em Latossolo Vermelho, com aplicação de pyroxasulfone + flumioxazin, foram equivalentes a 0%, devido a morte das plantas, para as épocas de 0, 15, 30 e 45 DAA, em ambas as doses utilizadas (Figura 7B). O mesmo ocorreu quando aplicado pyroxasulfone + flumioxazin em Neossolo Quartzarênico, na maior dose (200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹) (Figura 7A), no entanto, quando aplicado a dose de 100 + 66,67 g i.a. ha⁻¹, o percentual de altura aos 45 DAA foi equivalente a 36,67%. Quando analisado a última época de aplicação (90 DAA), o mesmo herbicida aplicado em Latossolo Vermelho, na dose de 200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹, proporcionou o menor percentual de altura para o bioindicador pepino (50,83%) (Figura 7B). Tais resultados evidenciaram a ação conjunta do pyroxasulfone associado

ao flumioxazin foi superior ao pyroxasulfone isolado, provocando maiores danos ao bioindicador pepino.

Carvalho (2017) avaliou o efeito residual do flumioxazin em mistura com outros herbicidas, em solo de textura argilosa, aos 60 dias após a semeadura do milho. Foi constatado que os tratamentos flumioxazin + glyphosate (100, 120 e 150 g + 1,5 L p. c. ha⁻¹), flumioxazin + paraquat (120 g + 2,0 L p. c. ha⁻¹) e flumioxazin + atrazin (100 g e 120 g + 2,5 L p.c. ha⁻¹) foram eficientes no controle residual de *A. tenella*, *I. nil*, *C. bengalensis* e *P. maximum*. Corroborando com os resultados verificados no presente trabalho, visto que o flumioxazin associado ao pyroxasulfone promoveu um efeito residual mais longo.

Quando aplicado a maior dose de pyroxasulfone (200 g i.a. ha⁻¹), o percentual de altura correspondeu a 0% para as épocas de 0,15 e 30 DAA, em ambos os solos (Figuras 7C e 7D). No entanto, ao aplicar a menor dose (100 g i.a. ha⁻¹), verificou-se altura de 0% aos 0 e 15 DAA, para ambos os solos, porém, aos 30 DAA o percentual de altura foi equivalente a 35,77% em Neossolo Quartzarênico e 36,94% em Latossolo Vermelho. Ao aplicar o pyroxasulfone, verificou-se o maior percentual de altura aos 90 DAA, em ambos os solos e doses utilizadas, os quais permanecem com níveis superiores a 87% (Figuras 7C e 7D).

O solo de textura argilosa proporciona maior adsorção do herbicida aos colóides do solo, havendo maior persistência da molécula por períodos de tempo superiores em solos de textura argilosa do que quando aplicado em solo de textura arenosa (CORADIN, et al., 2019). O que justifica o fato de os menores percentuais de altura terem sido constatados quando aplicado os herbicidas em solo de textura argilosa.

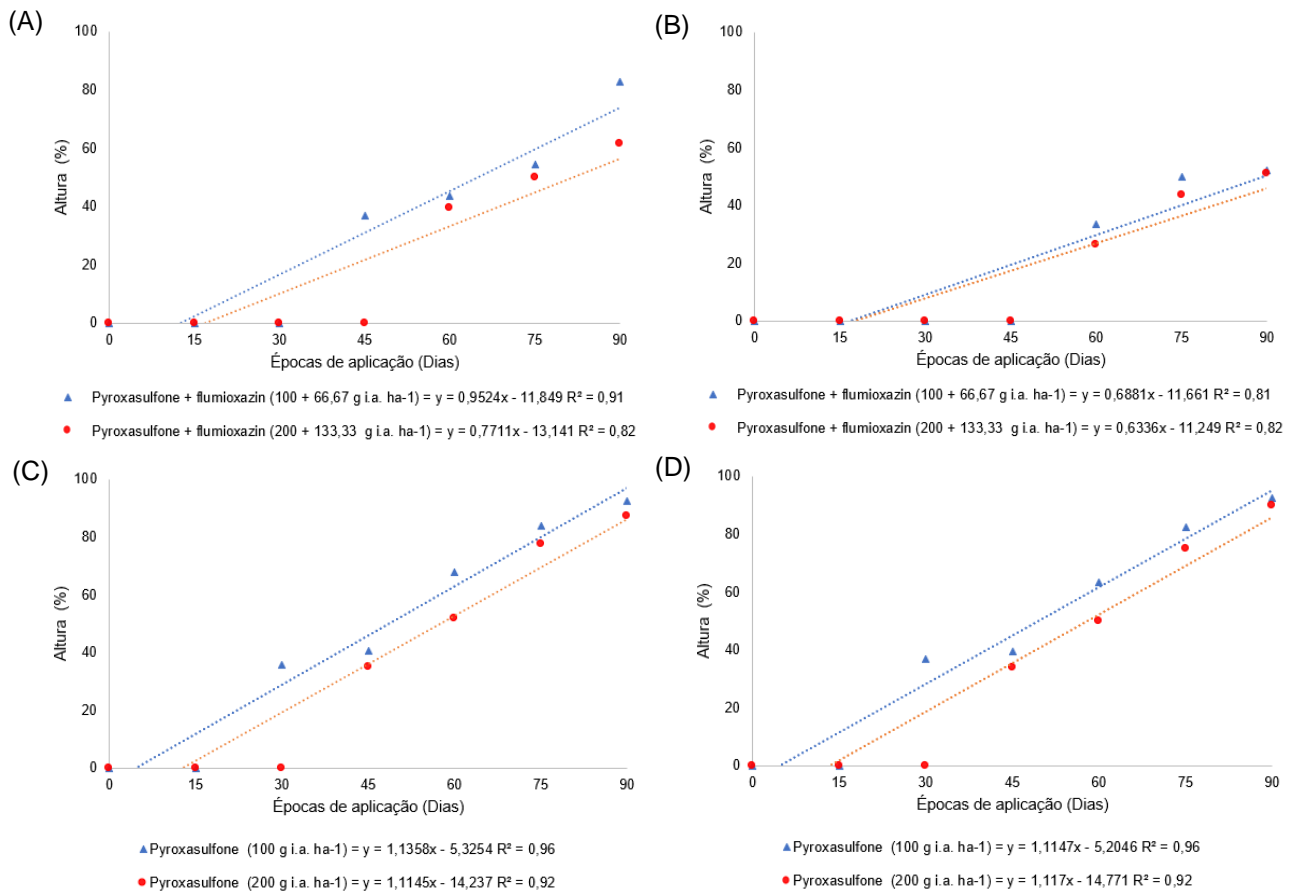


Figura 7. Altura (%) das plantas de pepino (*Cucumis sativus*) aos 21 dias após a aplicação de pyroxasulfone + flumioxazin em pré-emergência em solo franco-arenoso (A), pyroxasulfone + flumioxazin em pré-emergência em solo argiloso (B), pyroxasulfone em pré-emergência em solo franco-arenoso (C) e pyroxasulfone em pré-emergência em solo argiloso (D).

Ao avaliar a variável comprimento de raiz, observou-se que a interação entre as doses e as épocas de aplicação apresentaram significância (Figura 8). Os maiores percentuais de comprimento de raiz foram observados aos 90 DAA, quando aplicado o herbicida pyroxasulfone, na menor dose (100 g i.a. ha⁻¹), proporcionando comprimento de raiz de 95,96% e 90,71%, ao aplicar em Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho, respectivamente (Figuras 8C e 8D). Tal fato evidencia que o pyroxasulfone aplicado em solo franco-arenoso, em doses mais baixas,

ainda apresenta residual, no entanto, proporciona menores danos a plantas sensíveis, como é o caso do pepino.

O aumento do comprimento de raiz foi proporcional ao aumento do período após a aplicação dos herbicidas, em ambos os solos e doses. No entanto, esses efeitos foram mais expressivos quando aplicado as menores doses dos herbicidas (Figura 8). Em contrapartida, Marcussi (2020) avaliou o efeito residual dos herbicidas flumioxazin e pyroxasulfone, em solo de textura arenosa, na cultura do feijão. Foi verificado que para comprimento de raiz houve diferença somente aos 15 DAA entre a maior dose de flumioxazin (100 g i.a. ha⁻¹) e pyroxasulfone (60 g i.a. ha⁻¹), no entanto na avaliação de 30 DAA essa diferença não foi observada.

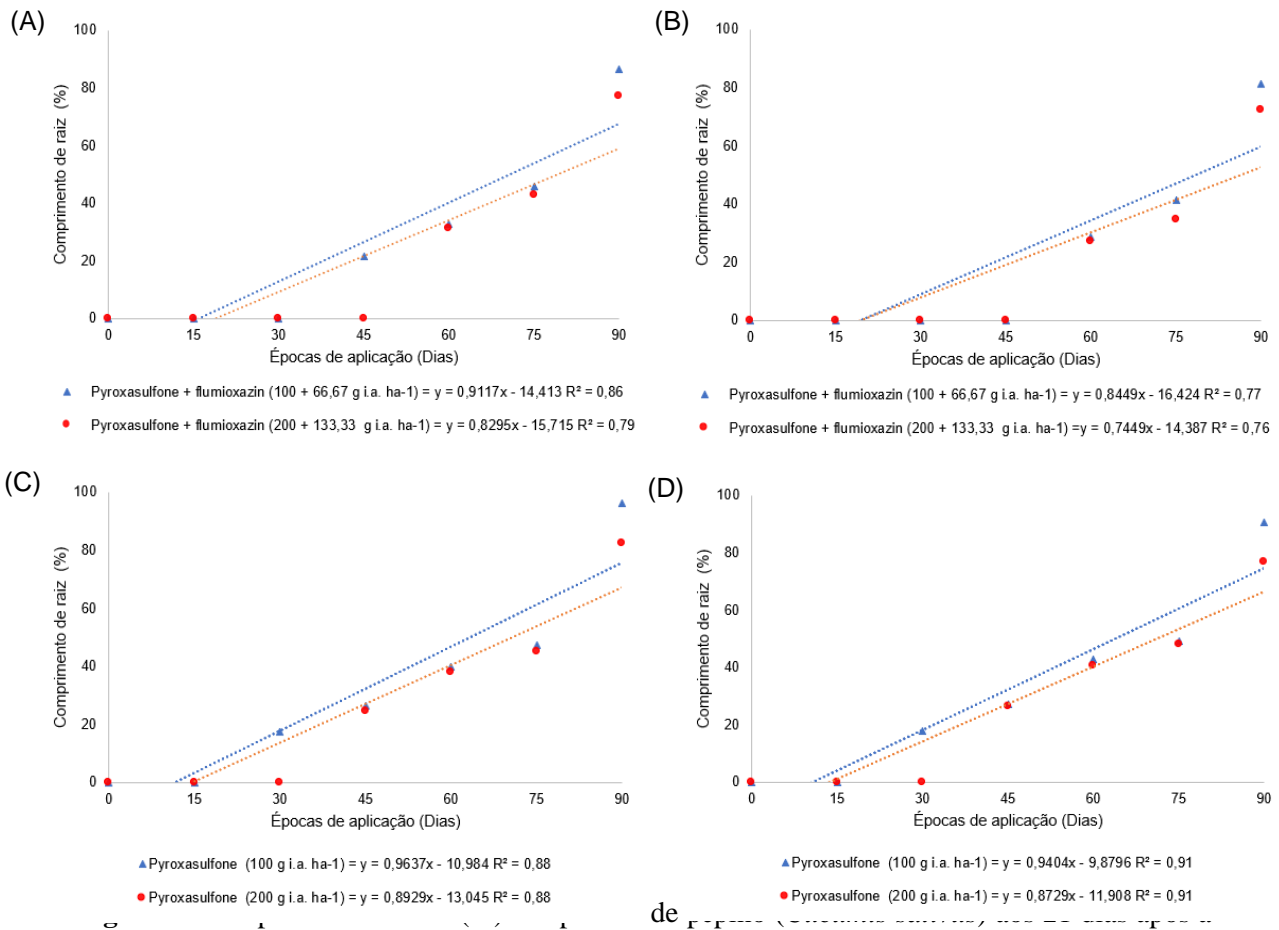
Os resultados de comprimento de raiz observados no experimento realizado em Latossolo Vermelho, com aplicação de pyroxasulfone + flumioxazin, para as épocas de 0, 15, 30 e 45 DAA, em ambas as doses utilizadas, foram equivalentes a 0%, devido a morte das plantas (Figura 8B). O mesmo foi constatado quando aplicado pyroxasulfone + flumioxazin em Neossolo Quartzarênico, na maior dose (200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹) (Figura 8A), porém, quando aplicado a dose de 100 + 66,67 g i.a. ha⁻¹, o percentual de comprimento de raiz aos 45 DAA foi equivalente a 21,61%. Ao avaliar a última época de aplicação (90 DAA), observa-se que o mesmo herbicida aplicado em Latossolo Vermelho, na dose de 200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹, proporcionou o menor resultado de comprimento de raiz, com percentual de 72,14% (Figura 8A).

Jaremtchuk et al. (2009) compararam a atividade residual do flumioxazin em diferentes texturas de solos. Os mesmos verificaram em solo argiloso, pequenas diferenças de controle das plantas daninhas em relação as doses utilizadas, enquanto em solo arenoso, a utilização de 25 g ha⁻¹ de flumioxazin promoveu controle da maioria das espécies. Corroborando com os resultados do presente trabalho, no qual o pyroxasulfone + flumioxazin aplicados em solo franco-arenoso apresentaram diferença na atividade de acordo com a dose aplicada, enquanto que em solo argiloso, não houve diferença entre as doses.

Morota et al. (2018) verificaram que ao utilizar a associação de glyphosate (1440 g ha⁻¹ em pré-semeadura + 720 g ha⁻¹ em pós-emergência), pyroxasulfone (100 g ha⁻¹ em pré-semeadura) e flumioxazin (60 g ha⁻¹ na pré-semeadura) proporcionaram 100% de controle para *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha) e 91% para *Digitaria insularis* (capim-amargoso) aos 45 dias após a semeadura, demonstrando eficiência no controle de plantas daninhas na cultura da soja.

A maior dose de pyroxasulfone (200 g i.a. ha⁻¹), proporcionou a morte das plantas bioindicadores, resultando em um percentual de comprimento de raiz equivalente a 0% para as épocas de 0,15 e 30 DAA, em ambos os solos (Figuras 8C e 8D). No entanto, ao aplicar a menor dose (100 g i.a. ha⁻¹), verificou-se comprimento de raiz de 0% aos 0 e 15 DAA, para ambos os solos, porém, aos 30 DAA o percentual de comprimento de raiz foi equivalente a 17,23% em Neossolo Quartzarênico (Figura 8D) e 17,68% em Latossolo Vermelho (Figura 8D). De maneira

geral, o pyroxasulfone isolado, proporcionou o maior comprimento de raiz aos 90 DAA, em ambos os solos e doses utilizadas, os quais permanecem com níveis superiores a 76%. Tais resultados evidenciam que a mistura do pyroxasulfone com o flumioxazin proporciona maior efeito residual.



aplicação de pyroxasulfone + flumioxazin em pré-emergência em solo franco-arenoso (A), pyroxasulfone + flumioxazin em pré-emergência em solo argiloso (B), pyroxasulfone em pré-emergência em solo franco-arenoso (C) e pyroxasulfone em pré-emergência em solo argiloso (D).

Para o percentual de biomassa de massa seca total (Figura 9), a interação entre as doses e as épocas de aplicação apresentaram significância, constatando-se que os maiores valores de biomassa seca total foram verificados quando aplicado o pyroxasulfone isolado em Neossolo Quartzarênico, promovendo os valores de 97,99% e 88,22% para as doses de 100 e 200 g i.a. ha⁻¹, respectivamente (Figura 9C).

De modo geral, o aumento da biomassa seca total foi proporcional ao aumento do período após a aplicação dos herbicidas, em ambos os solos e doses. No entanto, esses efeitos foram mais expressivos quando aplicado o herbicida pyroxasulfone isolado (Figuras 9C e 9D). Esses dados

reforçam que o pyroxasulfone isolado promoveu menores danos ao pepino, principalmente quando aplicado em solo de textura franco-arenosa, resultando em maiores percentuais de biomassa seca total do pepino.

Aferiu-se que os percentuais de biomassa seca total, aos 0,15, 30 e 45 DAA, em Latossolo Vermelho, após a aplicação de ambas as doses de pyroxasulfone + flumioxazin, foram equivalentes a 0%, devido a morte das plantas analisadas (Figura 9B). O mesmo foi observado quando aplicado pyroxasulfone + flumioxazin em Neossolo Quartzarênico, na maior dose (200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹) (Figura 9A), porém, quando aplicado a dose de 100 + 66,67 g i.a. ha⁻¹, o percentual de biomassa seca total aos 45 DAA foi equivalente a 21,01%. Para a última época de aplicação (90 DAA), observa-se que o pyroxasulfone + flumioxazin aplicado em Latossolo Vermelho, proporcionou os menores resultados de biomassa seca total, com percentuais de 46,24% e 40,05%, quando aplicadas as doses de 100 + 66,67 g i.a. ha⁻¹ e 200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹, respectivamente (Figura 9B).

Gonçalves et al. (2018) verificaram que aos 90 dias após a semeadura do milho, em solo de textura argilosa, o índice SPAD das folhas foi reduzido em média em 14,7% pelo herbicida flumioxazin, sendo que a produtividade do milho, foi reduzida em 35%. Tal resultado corrobora com os encontrados no presente trabalho, reforçando que o herbicida flumioxazin é altamente persistente no solo e necessita de um intervalo de segurança superior a 90 dias para o cultivo de espécies sensíveis em sucessão.

Ao aplicar a maior dose de pyroxasulfone (200 g i.a. ha⁻¹), verificou-se a morte das plantas bioindicadores, resultando em um percentual de biomassa seca total equivalente a 0% para as épocas de 0,15 e 30 DAA, em ambos os solos (Figuras 9C e 9D). Em contrapartida, ao aplicar a menor dose (100 g i.a. ha⁻¹), observou-se biomassa seca total de 0% aos 0 e 15 DAA, para ambos os solos, porém, aos 30 DAA o percentual de biomassa seca total foi equivalente a 36,20% em Neossolo Quartzarênico (Figura 9C) e 24,46% em Latossolo Vermelho (Figura 9D).

O herbicida pyroxasulfone é um graminicida com espectro de ação sobre algumas dicotiledôneas, fato que pode ser observado no trabalho de Presoto (2022), em todas as doses isoladas de pyroxasulfone (0, 50, 100 e 200 g ha⁻¹), proporcionaram o controle do capim-guiné acima de 90%, aos 35 DAA.

Marcussi (2020) afirma que os tratamentos de flumioxazin e pyroxasulfone isolados e em associação não ocasionaram efeito *carryover* na cultura do feijão e não afetaram a produtividade da cultura, apresentando segurança ao cultivo do feijão após 150 dias de sua aplicação. Esses resultados corroboram com os encontrados no presente estudo, visto que os herbicidas pyroxasulfone e pyroxasulfone + flumioxazin são persistentes nos solos, apresentando residual superior a 90 dias.

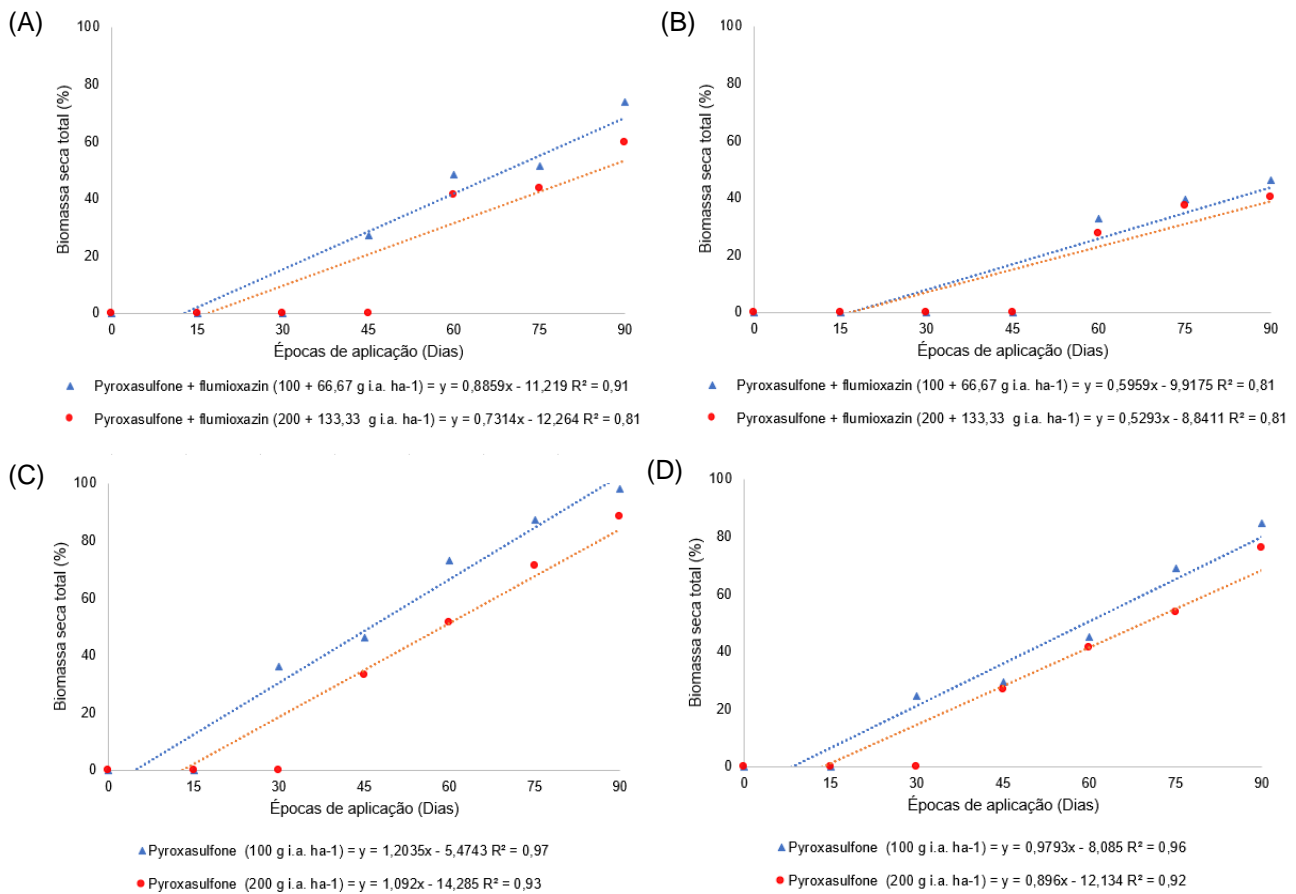


Figura 9. Biomassa seca total (%) das plantas de pepino (*Cucumis sativus*) aos 21 dias após a aplicação de pyroxasulfone + flumioxazin em pré-emergência em solo franco-arenoso (A), pyroxasulfone + flumioxazin em pré-emergência em solo argiloso (B), pyroxasulfone em pré-emergência em solo franco-arenoso (C) e pyroxasulfone em pré-emergência em solo argiloso (D).

De uma maneira geral, foi constatado no presente trabalho que independente do herbicida aplicado, da dose utilizada e do tipo de solo, o efeito residual foi superior a 90 DAA, sendo observado efeitos significativos nos percentuais de injúria, altura, comprimento de raiz e biomassa seca total do bioindicador pepino, ainda na última época de aplicação (90 DAA).

Conforme verificado em outros trabalhos em condições distintas, este estudo também confirmou que o solo de textura argilosa retém a molécula dos herbicidas, proporcionando maior

efeito residual, quando comparado ao solo de textura franco-arenosa. No entanto, em relação as doses aplicadas nos dois tipos de solos, foi possível verificar que em solo franco-arenoso, as maiores doses (200 g i.a. ha⁻¹ de pyroxasulfone e 200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹ de pyroxasulfone + flumioxazin) provocaram maior efeito residual, enquanto que em solo argiloso, a diferença entre as doses não foram expressivas. O pepino foi sensível aos herbicidas utilizados, desse modo, pode ser recomendado a menor dose de ambos herbicidas (100 g i.a. ha⁻¹ de pyroxasulfone e 100 + 66,67 g i.a. ha⁻¹ de pyroxasulfone + flumioxazin), para o controle de espécies sensíveis

A utilização correta e consciente dos herbicidas é muito importante, pois o setor agrícola está diretamente relacionado ao meio ambiente. Desta forma, a recomendação do pyroxasulfone isolado e associado ao flumioxazin aplicados em pré-emergência deve ser cautelosa, não considerando apenas a eficácia de controle, mas também o tipo de solo em que serão aplicados, doses utilizadas e espécie cultivada em sucessão.

CONCLUSÕES

Os herbicidas pyroxasulfone e pyroxasulfone + flumioxazin proporcionaram efeito residual superior a 90 dias. No entanto, esses efeitos foram mais expressivos quando aplicado o herbicida pyroxasulfone associado ao flumioxazin.

As maiores doses de ambos os herbicidas (200 g i. a. ha⁻¹ de pyroxasulfone e 200 + 133,33 g i.a. ha⁻¹ de pyroxasulfone + flumioxazin) promoveram maiores efeitos em todas as épocas avaliadas.

O Latossolo Vermelho, de textura argilosa, proporcionou um efeito residual superior, em todas as épocas avaliadas.

REFERÊNCIAS

ALONSO, D. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; CONSTANTIN, J. Potencial de carryover de herbicidas com atividade residual usados em manejo outonal. In:

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; NETO, A. M. O. (ed.). **Buva: Fundamentos e Recomendações para Manejo**, p. 91 – 104, 2013. ISBN 978-85-64619-06-7

CARVALHO, F. T. Eficácia do flumioxazin aplicado na dessecação pré-colheita da soja e efeito residual no controle de plantas daninhas no milho safrinha. **Cultura Agrônômica**, v. 26, n. 4, p. 683-693, 2017.

CORADIN, J. et al. Herbicidas aplicados em pré-emergência para o controle de milho voluntário e capim-amargoso. **Revista Científica Rural**, v. 1, n. 3, 2019.

FERREIRA, D. C.; OLIVEIRA, C. Eficiência de herbicidas pré-emergentes nos controles de plantas daninhas em silvicultura. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT**, n. 2, 2020. ISSN 1806-6933

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-12, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

GONÇALVES, F. A. R. Atividade residual de herbicidas nas culturas do milho e da soja. **Revista Ciências Agrárias**, v. 61, 2018. DOI <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2570>

JAREMTCHUK, C. C. et al. Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 191-196, 2009.

MARCUSSI, S. A. **Seletividade e eficiência de Pyroxasulfone e Flumioxazin, em mistura e isolados, na cultura do milho e efeito Carryover na cultura do feijão**. 2020. 69 f. Tese (Mestrado em Agronomia: Proteção de Plantas) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Unesp Câmpus de Botucatu, 2020.

MATTE, W. D. et al. Bioindicators selection to monitoring pyroxasulfone mobility and persistence in soil. **Journal of Research in Weed Science**, v. 4, n. 2, p. 142-150, 2021.

MATTE, W. D. et al. Controle de capim-amargoso após a aplicação de herbicidas em pré-emergência em solo com níveis crescentes de palhada de soja e milho. **Weed Control J.v. 20**, e202100729, 2021.

MONQUERO, P. A.; SILVA, P. V. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: BARROSO, A. A.; MURATA, A. T. (Org.). **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, p. 547, 2021.

MOROTA, F. K. et al. Sistemas de manejo de plantas daninhas utilizando o novo herbicida pyroxasulfone visando ao controle químico de gramíneas em soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, 2018.

MUELLER, T. C.; STECKEL, L. E. Efficacy and dissipation of pyroxasulfone and three chloroacetamides in a Tennessee field soil. **Weed Science**, v. 59, n. 4, p. 574-579, 2011. DOI: 10.1614/ws-d-11-00003.1

NOVAIS, J. R. Potencial de lixiviação de pyroxasulfone e pyroxasulfone + flumioxazin em solo submetidos à diferentes simulações de precipitação. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.1, p. 2800 - 2812, 2022. DOI:10.34117/bjdv8n1-185

NUNES, A. L. et al. A multy-year study reveals the importance of residual herbicides on weed control in glyphosate-resistant soybean. **Planta Daninha**, v. 36, e018176135, p. 1–10, 2018. DOI: 10.1590/S0100-83582018360100039

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, p. 263-304, 2011.

PRESOTO, J. C. et al. Effectiveness and interaction of the association of Flumioxazin and Pyroxasulfone in the control of Guinea grass (*Panicum maximum*). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 21, n. 4, 2022. DOI: 10.5965/223811712142022435

SILVA, A. A. et al. Comportamento de herbicidas no solo. In: MONQUERO, P. A. (Org.). **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: Rima, 2014. p. 145-165.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, p. 42, 1995.

TAKESHITA, V. et al. Effect of organic matter on the behavior and control effectiveness of herbicides in soil. **Planta Daninha**, v. 37, e019214401, p. 1–17, 2019. DOI: 10.1590/S0100-83582019370100110

TIMOSSI, P. C. et al. Efeito residual de herbicidas auxínicos em soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 3, 2020. Doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v19i3.699>

WESTRA, E. P. et al. Dissipation and leaching of pyroxasulfone and s-metolachlor. **Weed Technology**, v. 28, n.1, p. 72-81, 2014. DOI: 10.1614/WT-D-13-00047.1

WESTRA, E. P. et al. Evaluation of sorption coefficients for pyroxasulfone, s-metolachlor, and dimethenamid-p. **Air, Soil and Water Research**, v. 8, p. 9–15, 2015. DOI:10.4137/ASWR.S19682.

YAMAJI, Y. et al. Weed control efficacy of a novel herbicide, pyroxasulfone. **Journal of Pesticide Science**, v. 39, n. 3, p. 165–169, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1584/jpestics.D14-025>