

ASSOCIAÇÃO DE HERBICIDAS INIBIDORES DE ACCASE E MIMETIZADORES DE AUXINA NO CONTROLE DE CAPIM-ARROZ, AZEVÉM E MILHÃ

Rauber, Pablo Przyczynski¹; Tasca, Vinicus Ferrari¹; Kroth, Leonardo Vicente Ellert¹; Zorzo, Geam Pedro Pesenatto²; Markus, Catarine³

Palavras-chave: Antagonismo, sinergismo, herbicidas auxínicos, misturas com graminicidas, controle de poáceas.

Introdução

As espécies de plantas daninhas pertencentes à família Poaceae possuem grande relevância nos sistemas de cultivo, especialmente na cultura do arroz irrigado. O problema associado a essas espécies tem se intensificado em razão do aumento dos casos de resistência aos herbicidas. Uma das principais alternativas para o manejo de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas é a utilização de misturas (NORSWORTHY et al., 2012).. O uso de misturas nas doses recomendadas reduz as chances de sobrevivência e reprodução de indivíduos resistentes, quando apresentam ação na mesma planta alvo (NORSWORTHY et al., 2012). Os herbicidas inibidores da enzima acetil-coenzima A carboxilase (ACCase) e mimetizadores de auxina apresentam controle de liliopsidas e magnoliopsidas, respectivamente. No entanto, alguns estudos indicam que a mistura dos herbicidas desses mecanismos de ação se mostra antagônica para gramíneas (ZHANG; HAMILL; WEAVER, 1995; BLACKSHAW et al., 2006). Contudo, não fica claro se isso ocorre para todos os herbicidas desses mecanismos de ação e se ocorrem para as diversas espécies de poáceas, o que indica a necessidade de novos estudos. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de herbicidas inibidores de ACCase isolados e em mistura com mimetizadores de auxina no controle de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*), azevém (*Lolium multiflorum*) e milhã (*Digitaria horizontalis*).

Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação climatizada ($30 \pm 5^{\circ}\text{C}$), do Departamento de Plantas de Lavoura, na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em Porto Alegre/RS. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, com cinco repetições sendo o fator A composto por 0 e 100% da dose recomendada dos herbicidas mimetizadores de auxinas e o fator B composto por oito doses de 0 a 200% da dose recomendada dos herbicidas inibidores de ACCase. A semeadura de azevém, capim-arroz e milhã foi realizada primeiramente em sementeiras de plástico individualizadas para cada espécie com substrato à base de vermiculita expandida, turfa, perlita e casca de arroz. A irrigação no período inicial de emergência foi realizada a partir de aspersão e a umidade do substrato foi mantida através de irrigação por capilaridade, com lâmina de água de 1 cm. As sementeiras foram conduzidas em temperatura média de $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo 14/10 horas (dia/noite). Quando as plântulas apresentaram a primeira folha foram transplantadas para copos plásticos de 200 mL perfurados, com uma mistura contendo Argissolo Vermelho (solo) e composto orgânico (Carolina Soil®), na proporção de 6:1, além da complementação com 5 g de NPK (14-16-18) para cada 1 kg de substrato. Cada vaso conteve uma planta, que correspondeu a uma unidade experimental. A irrigação foi feita

¹ Graduando em Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. pabloprzyczynskir@gmail.com; iniciustasca210900@gmail.com; leonardovkroth@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Fitotecnia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. geampzorro@gmail.com

³ Professora do Departamento de Plantas de Lavoura, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. catarine.markus@ufrgs.br

por capilaridade com lâmina de água de 1 cm para azevém e milhã e 8 cm para capim arroz, durante a condução das plantas.

Quando as plantas atingiram o estágio de V3-V4 foi realizada a aplicação em câmara automatizada com volume de calda correspondente a 200 L ha⁻¹ sendo realizado curva dose-resposta de cletodim (0-96 g ha⁻¹), haloxifope-metílico (0-54 g ha⁻¹) e pinoxaden (0-100 g ha⁻¹), em mistura com 0 e 100% da dose recomendada de 2,4-D sal dimetilamina (1005 g ha⁻¹), 2,4-D sal colina (1003 g ha⁻¹), dicamba (480 g ha⁻¹), triclopir (720 g ha⁻¹), halauxifen-metil (4,4 g ha⁻¹), fluroxipir (200 g ha⁻¹) e florpírauxifen-benzil (6,0 g ha⁻¹).

A avaliação de controle visual (%) foi realizada aos 21 dias após o tratamento (DAT) e foi utilizada para estimar o ED₅₀ (dose para causar 50% de controle) e também a potência relativa (PR), que equivale ao ED₅₀ da mistura sobre o ED₅₀ do princípio ativo isolado, além de avaliação de Massa Fresca de Parte Aérea (MFPA). Os dados obtidos foram submetidos à análise de heterocedasticidade e normalidade (Shapiro-Wilk), como premissas para a análise de variância (ANOVA), a 5% de probabilidade de erro. Quando houve significância no teste F, foi realizada análise complementar de regressão pelo pacote “drc” do programa “R” (KNEZEVIC; STREIBIG; RITZ, 2009; RITZ; STREIBIG, 2005). Os dados foram ajustados pelo modelo não linear log-logístico de quatro parâmetros, fórmula: $y = (y_0 + a) * ((x/x_0)^b) / (1 + (x/x_0)^b)$. Onde, “c” e “d” são as assíntotas de mínima e máxima resposta da curva, “b” é a inclinação da curva, e “e” é o ED₅₀.

Resultados e Discussão

Em capim-arroz o ED₅₀ das misturas de cletodim + 2,4-D-dimetilamina; 2,4-D sal colina; dicamba; florpírauxifen-benzil; fluroxipir; halauxifen-metil ou triclopir-butotílico foi de 4,3; 4,3; 2,1; 0,8; 0,01; 4,2 e 0,1, respectivamente, e foi estatisticamente menor que o ED₅₀ de cletodim isolado (6,9) (Tabela 1). As misturas de haloxifope-metílico + 2,4-D-dimetilamina; 2,4-D sal colina; florpírauxifen-benzil; fluroxipir; halauxifen-metil e triclopir-butotílico apresentaram ED₅₀ de 0,5; 1,3; 0,1; 0,3; 1,6 e 0,06, respectivamente, menor que o ED₅₀ de haloxifope-metílico isolado (3,9) (Tabela 1). Já a mistura com dicamba apresentou ED₅₀ maior (5,6) que o isolado (3,9). O ED₅₀ das misturas de pinoxaden + 2,4-D-dimetilamina; 2,4-D sal colina; dicamba; florpírauxifen-benzil; fluroxipir; halauxifen-metil ou triclopir-butotílico foi de 7,0; 4,9; 6,1; 1,8; 5,2; 3,4 e 0,3, respectivamente, e foram estatisticamente menores que o ED₅₀ de pinoxaden isolado (14,7) (Tabela 1).

Em azevém, o ED₅₀ das misturas de cletodim + florpírauxifen-benzil; fluroxipir; halauxifen-metil ou triclopir-butotílico foi de 1,7; 1,6; 1,0 e 2,5, respectivamente, e foi estatisticamente menor que o ED₅₀ de cletodim isolado (4,8) (Tabela 1). Já as misturas com dicamba ou 2,4-D dimetilamina não apresentaram diferença estatística (4,8 e 6,3, respectivamente). Na mistura com 2,4-D sal colina, o ED₅₀ foi estatisticamente maior (8,5) que cletodim isolado. As misturas de haloxifope-metílico + florpírauxifen-benzil; fluroxipir ou halauxifen-metil foi de 0,4; 5,7 e 0,8, respectivamente e foi estatisticamente menor que o ED₅₀ de haloxifope-metílico isolado (8,3) (Tabela 1). Já na mistura com triclopir-butotílico não houve diferença estatística (14,3) em relação ao graminicida isolado. Por outro lado, as misturas de haloxifope-metílico + 2,4-D-dimetilamina; 2,4-D sal colina e dicamba (19,4; 21,4 e 20,4, respectivamente) foram estatisticamente maiores que o ED₅₀ de haloxifope-metílico isolado. Por fim, em pinoxaden, o ED₅₀ das misturas com 2,4-D sal colina; fluroxipir ou triclopir-butotílico (4,6; 2,5 e 3,7, respectivamente) foi estatisticamente menor que o ED₅₀ de pinoxaden isolado (6,2). Já nas misturas com dicamba ou florpírauxifen-benzil não houve diferença estatística do ED₅₀ (5,0 e 5,3, respectivamente). Por outro lado, as misturas de pinoxaden + 2,4-D-dimetilamina ou halauxifen-metil (7,7 e 8,7, respectivamente) foram estatisticamente maiores que o ED₅₀ de pinoxaden isolado (Tabela 1).

Em milhã, o ED₅₀ da mistura de cletodim + florpírauxifen-benzil (7,9) não mostrou diferença estatística quando comparado ao cletodim isolado (7,1). Na mistura com os herbicidas auxínicos 2,4-D dimetilamina; 2,4-D sal colina; fluroxipir ou triclopir-butotílico o ED₅₀ (0,5; 3,5; 2,7 e 1,6, respectivamente) foi menor em comparação ao cletodim isolado. Por outro lado, as misturas de cletodim + dicamba ou halauxifen-metil (8,6 e 11,8, respectivamente) apresentaram ED₅₀ estatisticamente maior quando comparado ao cletodim isolado. Nas misturas com

haloxifope, os princípios ativos 2,4-D dimetilamina; dicamba; florpirauxifen-benzil; fluroxipir e triclopir-butotílico apresentaram ED₅₀ (0,2; 0,4; 0,4; 0,01 e 0,8, respectivamente) estatisticamente menor que haloxifope-metilico isolado (1,6). Já as misturas de haloxifope-metilico com 2,4-D sal colina e halauxifen-metil (4,0 e 16,1, respectivamente) foram estatisticamente maiores que o ED₅₀ de haloxifope-metilico isolado. Por fim, em pinoxaden, o ED₅₀ das misturas com 2,4-D dimetilamina, 2,4-D sal colina, dicamba, florpirauxifen-benzil, fluroxipir e triclopir-butotílico (17,9; 7,7; 1,0; 12,4; 0,8 e 2,0) mostraram ser estatisticamente menor quando comparado a pinoxaden isolado (25,1). Já a mistura de pinoxaden com halauxifen-metil (40,6) foi estatisticamente maior que o ED₅₀ de pinoxaden isolado.

Tabela 1. Parâmetros da equação log-logística de quatro parâmetros da variável controle (%) aos 21 DAT para os herbicidas inibidores da ACCase isolados e em mistura com os mimetizadores de auxina nas diferentes espécies.

| Herbicidas | Capim arroz | | | | | Azevém | | | | | Milhã | | | | |
|------------------------------------|-------------|--------|--------|------------------|--------|---------|--------|--------|------------------|---------|---------|--------|--------|------------------|---------|
| | b | c | d | ED ₅₀ | PR | b | c | d | ED ₅₀ | PR | b | c | d | ED ₅₀ | PR |
| cletoxim | - 6,63 | 5,04 | 99,57 | 6,94 | | - 1,63 | 0,07 | 100,57 | 4,81 | | - 6,33 | 4,04 | 100,13 | 7,08 | |
| cletoxim + 2,4-D dimetilamina | - 0,81 | 0,88 | 115,10 | 4,25 | 0,61 * | - 42,87 | 5,28 | 99,67 | 6,28 | 1,31 ns | - 0,49 | - 0,39 | 109,58 | 0,50 | 0,07 * |
| cletoxim + 2,4-D sal colina | - 0,90 | 1,03 | 112,55 | 4,32 | 0,62 * | - 5,42 | 2,24 | 100,09 | 8,45 | 1,76 * | - 2,17 | 5,06 | 101,99 | 3,53 | 0,50 * |
| cletoxim + dicamba | - 1,19 | 0,73 | 105,41 | 2,09 | 0,30 * | - 2,90 | 6,42 | 101,41 | 4,79 | 1,00 ns | - 6,28 | 17,53 | 100,13 | 8,59 | 1,21 * |
| cletoxim + florpirauxifen-benzil | - 2,11 | - 0,06 | 100,27 | 0,79 | 0,11 * | - 2,01 | 4,34 | 102,42 | 1,70 | 0,35 * | - 3,08 | 1,20 | 101,17 | 7,88 | 1,11 ns |
| cletoxim + fluroxipir | - 0,45 | - 0,08 | 102,80 | 0,01 | 0,00 * | - 53,09 | 0,06 | 96,04 | 1,57 | 0,33 * | - 2,27 | 3,49 | 102,38 | 2,72 | 0,38 * |
| cletoxim + halauxifen-metil | - 0,75 | 0,67 | 116,25 | 4,16 | 0,60 * | - 1,13 | 0,43 | 103,17 | 0,98 | 0,20 * | - 3,00 | 3,58 | 103,16 | 11,76 | 1,66 * |
| cletoxim + triclopir-butotílico | - 0,74 | - 0,05 | 101,54 | 0,13 | 0,02 * | - 4,12 | 7,14 | 98,43 | 2,47 | 0,51 * | - 24,83 | - 0,70 | 100,00 | 1,62 | 0,23 * |
| haloxifope-metilico | - 7,70 | 10,13 | 100,33 | 3,91 | | - 8,10 | 11,20 | 100,17 | 8,31 | | - 30,96 | - 0,01 | 98,80 | 1,62 | |
| haloxifope + 2,4-D dimetilamina | - 0,24 | 0,01 | 136,11 | 0,51 | 0,13 * | - 4,12 | 0,66 | 97,55 | 19,36 | 2,33 * | - 0,53 | 0,01 | 105,91 | 0,17 | 0,10 * |
| haloxifope + 2,4-D sal colina | - 1,61 | 1,57 | 102,68 | 1,28 | 0,33 * | - 4,12 | 9,45 | 102,24 | 21,44 | 2,58 * | - 1,63 | - 1,50 | 97,95 | 4,03 | 2,49 * |
| haloxifope + dicamba | - 1,61 | 3,49 | 107,43 | 5,57 | 1,42 * | - 2,94 | - 0,72 | 105,48 | 20,40 | 2,45 * | - 0,99 | 0,11 | 102,73 | 0,37 | 0,23 * |
| haloxifope + florpirauxifen-benzil | - 1,02 | 0,01 | 100,69 | 0,11 | 0,03 * | - 3,13 | - 0,00 | 99,50 | 0,47 | 0,06 * | - 1,91 | - 0,15 | 99,88 | 0,37 | 0,23 * |
| haloxifope + fluroxipir | - 1,92 | - 0,04 | 100,42 | 0,26 | 0,07 * | - 7,61 | 8,78 | 97,79 | 5,72 | 0,69 * | - 0,50 | - 0,07 | 102,84 | 0,01 | 0,01 * |
| haloxifope + halauxifen-metil | - 1,62 | 1,88 | 102,45 | 1,57 | 0,40 * | - 19,32 | - 0,00 | 96,96 | 0,79 | 0,09 * | - 4,06 | 4,06 | 102,27 | 16,14 | 9,99 * |
| haloxifope + triclopir-butotílico | - 0,48 | - 0,01 | 105,15 | 0,06 | 0,02 * | - 24,96 | - 0,03 | 99,50 | 14,39 | 1,73 ns | - 45,50 | 0,01 | 99,33 | 0,82 | 0,51 * |
| pinoxaden | - 5,73 | 7,73 | 101,34 | 14,73 | | - 14,09 | 0,01 | 96,40 | 6,25 | | - 6,42 | 2,98 | 100,72 | 25,10 | |
| pinoxaden + 2,4-D dimetilamina | - 1,27 | 0,03 | 105,91 | 7,03 | 0,48 * | - 5,05 | 10,61 | 100,09 | 7,68 | 1,23 * | - 2,65 | - 1,04 | 96,99 | 17,86 | 0,71 * |
| pinoxaden + 2,4-D sal colina | - 0,82 | 0,70 | 113,56 | 4,91 | 0,33 * | - 1,94 | 1,97 | 101,15 | 4,60 | 0,74 * | - 1,52 | - 0,14 | 105,01 | 7,69 | 0,31 * |
| pinoxaden + dicamba | - 1,21 | 0,50 | 107,52 | 6,15 | 0,42 * | - 1,06 | 0,47 | 107,23 | 4,99 | 0,80 ns | - 1,07 | - 0,05 | 100,25 | 1,02 | 0,04 * |
| pinoxaden + florpirauxifen-benzil | - 2,67 | - 0,02 | 100,35 | 1,83 | 0,12 * | - 1,92 | 1,29 | 103,06 | 5,30 | 0,85 ns | - 3,33 | 1,49 | 102,38 | 12,39 | 0,49 * |
| pinoxaden + fluroxipir | - 37,50 | 7,54 | 100,00 | 5,20 | 0,35 * | - 1,10 | 0,16 | 103,72 | 2,56 | 0,41 * | - 1,68 | - 0,08 | 100,19 | 0,82 | 0,03 * |
| pinoxaden + halauxifen-metil | - 2,14 | 0,84 | 102,16 | 3,37 | 0,23 * | - 8,41 | 16,95 | 100,89 | 8,72 | 1,40 * | - 9,53 | 0,03 | 100,16 | 40,56 | 1,62 * |
| pinoxaden + triclopir-butotílico | - 0,85 | - 0,01 | 101,36 | 0,26 | 0,02 * | - 0,73 | 0,63 | 114,56 | 3,73 | 0,60 * | - 3,99 | - 0,04 | 100,26 | 2,00 | 0,08 * |

Tabela 2: Resultados das interações das misturas nas diferentes espécies, com base na potência relativa (PR).

| Herbicidas | Capim arroz | | | Azevém | | | Milhã | | |
|-------------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | cletoxim | haloxifope | pinoxaden | cletoxim | haloxifope | pinoxaden | cletoxim | haloxifope | pinoxaden |
| 2,4-D dimetilamina | sinergismo | sinergismo | sinergismo | aditivo | antagonismo | antagonismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo |
| 2,4-D sal colina | sinergismo | sinergismo | sinergismo | antagonismo | antagonismo | sinergismo | sinergismo | antagonismo | sinergismo |
| dicamba | sinergismo | antagonismo | sinergismo | aditivo | antagonismo | aditivo | antagonismo | sinergismo | sinergismo |
| florpirauxifen-benzil | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo | aditivo | aditivo | sinergismo | sinergismo |
| fluroxipir | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo |
| halauxifen-metil + diclosulam | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo | antagonismo | antagonismo | antagonismo | antagonismo |
| triclopir-butotílico | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo | aditivo | sinergismo | sinergismo | sinergismo | sinergismo |

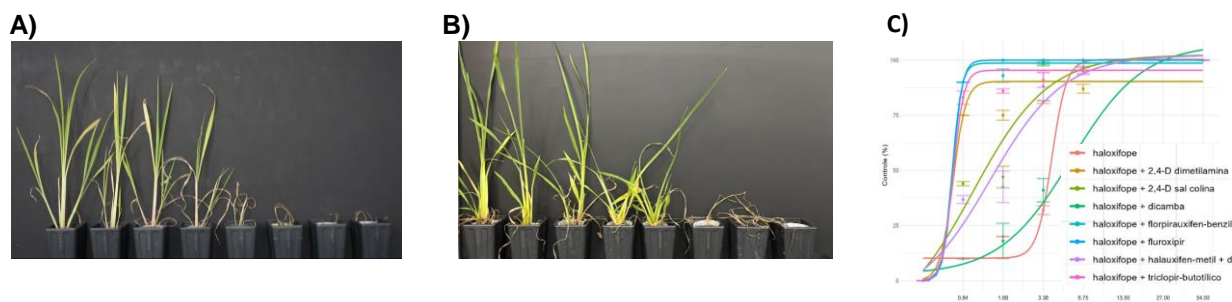


Figura 1. A) Haloxifope-metilico isolado nas doses de 0; 0,84; 1,68; 3,38; 6,75; 13,5; 27; e 54 g ha⁻¹, da esquerda para a direita, respectivamente, em capim arroz; B) Haloxifope-metilico nas doses de 0; 0,84; 1,68; 3,38; 6,75; 13,5; 27; e 54 g ha⁻¹, da esquerda para a direita, respectivamente + dicamba na dose de 480 g ha⁻¹, em capim arroz; C) Curva dose-resposta da interação haloxifope-metilico com os auxínicos em capim arroz.

Nas misturas testadas em que o ED₅₀ foi estatisticamente maior que o isolado é possível afirmar que houve antagonismo quando da adição do auxínico, dificultando assim o controle das poáceas, esta avaliação foi feita através da análise da PR. Se o PR mostrou-se maior que 1 e estatisticamente significativo foi considerada a existência de antagonismo, quando o PR foi menor que 1, foi considerado efeito sinérgico quando o PR não foi significativo, efeito aditivo (Tabela 2). Assim, em capim-arroz foi observado um único antagonismo na mistura de haloxifope-metílico + dicamba (Figura 1). Já em azevém foram observados seis antagonismos correspondendo as misturas de cletodim + 2,4-D sal colina, haloxifope-metílico + 2,4-D dimetilamina, 2,4-D sal colina ou dicamba e pinoxaden + 2,4-D dimetilamina ou halauxifen-metil. Por fim, em milhã foram observados cinco antagonismos correspondentes às misturas de cletodim + dicamba ou halauxifen-metil, tendo também haloxifope-metílico + 2,4-D sal colina ou halauxifen-metil e por fim pinoxaden em associação com halauxifen-metil (Tabela 2). Diferentemente do esperado, esses resultados indicam que as interações entre os herbicidas inibidores da ACCase e em mistura com os mimetizadores de auxina mostrou predomínio de sinergismo, principalmente para a espécie capim-arroz. Esses resultados podem indicar que a ausência de efeito de mimetizadores de auxina em gramíneas pode estar subestimada. No entanto, fica evidente que o efeito de interação depende da espécie e da combinação de herbicidas utilizados (Tabela 2). De forma a entender melhor esses efeitos, esse experimento será repetido utilizando o método de Colby.

Conclusões

Este trabalho mostrou que a eficácia das misturas de herbicidas inibidores da ACCase com mimetizadores de auxina depende significativamente da espécie de planta daninha e da combinação específica de ingredientes ativos. De modo geral, foi observado predomínio de efeitos sinérgicos, principalmente na espécie *E. crus-galli*. Esse resultado é diferente da hipótese inicial do trabalho, visto que a ação dos mimetizadores de auxina é considerada baixa ou inexistente sobre gramíneas. Por outro lado, foram identificadas interações antagônicas que comprometeram o controle de algumas das espécies, como identificado em *L. multiflorum* onde verificou-se antagonismo das misturas cletodim + 2,4-D sal colina e haloxifope-metílico + 2,4-D dimetilamina, 2,4-D sal colina ou dicamba, e pinoxaden + 2,4-D dimetilamina ou halauxifen-metil. Para *D. horizontalis* antagonismo nas misturas cletodim + dicamba ou halauxifen-metil, e haloxifope-metílico + halauxifen-metil ou 2,4-D sal colina e pinoxaden + halauxifen-metil. Em menor intensidade, também foi observado antagonismo em capim-arroz na mistura de haloxifope-metílico + dicamba.

Referências

- MEYER, C.J., PETER, F., NORSWORTHY, J. and BEFFA, R. Uptake, translocation, and metabolism of glyphosate, glufosinate, and dicamba mixtures in *Echinochloa crus-galli* and *Amaranthus palmeri*. **Pest Management Science**, v. 76, n. 9, p. 3078-3087, 2020.
- NORSWORTHY, J. K. et al. Reducing the risks of herbicide resistance: Best management practices and recommendations. **Weed science**, v. 60, n. 1, p. 31–62, 2012.
- SORENSEN, H. et al. An isobole-based statistical model and test for synergism/antagonism in binary mixture toxicity experiments. **Environmental and Ecological Statistics**, v. 14, n. 4, p. 383–397, 2007.
- BLACKSHAW, R. E. et al. Broadleaf Herbicide Effects on Clethodim and Quizalofop-P Efficacy on Volunteer Wheat (*Triticum aestivum*). **Weed Technology**, v. 20, n. 1, p. 221–226, 2006.
- ZHANG, J.; HAMILL, A. S.; WEAVER, S. E. Antagonism and Synergism Between Herbicides: Trends from Previous Studies. **Weed Technology**, v. 9, n. 1, p. 86–90, 1995.