

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

NATAEL MARCON

**POTENCIAL DO USO DE ADJUVANTES SOBRE A SELETIVIDADE
DO HERBICIDA FOMESAFEN EM PRÉ-EMERGÊNCIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2016

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

NATAEL MARCON

**POTENCIAL DO USO DE ADJUVANTES SOBRE A SELETIVIDADE
DO HERBICIDA FOMESAFEN EM PRÉ-EMERGÊNCIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2016

NATAEL MARCON

**POTENCIAL DO USO DE ADJUVANTES SOBRE A SELETIVIDADE
DO HERBICIDA FOMESAFEN EM PRÉ-EMERGÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi

PATO BRANCO

2016

Marcon, Natael

Potencial do uso de adjuvantes sobre a seletividade do herbicida fomesafen em pré-emergência / Natael Marcon.

Pato Branco. UTFPR, 2016

29 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2016.

Bibliografia: f. 27 - 29

1. Agronomia. 2. Inibidor da protox; Tolerância; Surfactante. I. Trezzi, Michelangelo, orient. II. coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

**POTENCIAL DO USO DE ADJUVANTES SOBRE A SELETIVIDADE DO
HERBICIDA FOMESAFEN EM PRÉ-EMERGÊNCIA**

por

NATAEL MARCON

Monografia apresentada às 13 horas 30 min. do dia 02 de dezembro de 2016 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora

Prof. Dr. José Ricardo da Rocha Campos
UTFPR

Msc. Antônio Pedro Brusamarello
UTFPR

Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi
UTFPR
Orientador

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Campus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

À minha família, dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela proteção e por guiar meus caminhos.

Ao meu orientador prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi, pela paciência, colaboração, dedicação e todo conhecimento repassado para elaboração deste trabalho.

Agradeço ao Matheus Viecelli e Fortunato Pagnoncelli pela colaboração na elaboração e execução deste trabalho.

Aos colegas de graduação Andrei Zdziarski, Jeferson L. Bosquetti, Rodrigo Zanella, Lucas feversani, Cleverson A. Brunetto, Kelen Kubiack, Suelen Mazon, Jlhuly Biava, pelo companheirismo, ajuda e auxílio durante os 5 anos de graduação.

Aos meus pais: Ivanir F. Marcon e Fatima A. S. Marcon, meus irmãos, minha tia Nair Marcon e toda minha família, pelo apoio em todos os momentos.

RESUMO

MARCON, Natael. Potencial do uso de adjuvantes sobre a seletividade do herbicida fomesafen em pré-emergência. 29 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

As plantas daninhas constituem-se uma ameaça constante para a manutenção da produtividade de culturas de lavouras e o uso de herbicidas é o método mais utilizado para o controle destas infestantes. A utilização do herbicida fomesafen em pré-emergência visa conferir residualidade no controle de plantas daninhas presentes no banco de sementes. O adjuvante é uma substância que auxilia ou modifica a ação de agrotóxicos em uma mistura. Em solos mais arenosos o efeito da fitotoxicidade de herbicidas se torna mais pronunciado do que em solos mais argilosos. A capacidade de adjuvantes modificarem a eficácia de controle de plantas daninhas e a seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência é muito pouco estudada. Desta maneira, hipotetiza-se que a utilização de adjuvantes reduziria a seletividade do fomesafen aplicado em pré-emergência sobre a cultura do milho e que esse efeito é mais pronunciado em solos de textura mais leve e maiores doses do adjuvante. Os objetivos do presente trabalho foram: (a) determinar se a adição de adjuvante modifica a seletividade do herbicida fomesafen em pré-emergência sobre a cultura do milho; (b) determinar se o efeito do adjuvante sobre a seletividade de fomesafen é influenciado pelo tipo de solo. O delineamento empregado no experimento foi inteiramente casualizado, em esquema trifatorial 4x4x3 do tipo qualitativo x quantitativo x quantitativo com 3 repetições. O fator A foi composto por 4 proporções de areia x solo, o fator B composto por 4 doses de fomesafen e o fator C composto por 3 doses do adjuvante comercial não iônico/aniônico Energic. Foi efetuada a contagem do número de plantas emergidas por unidade experimental aos 7 DAA (dias após a aplicação). Aos 7, 14, 21, e 28 DAA, foram efetuadas avaliações de fitointoxicação e estatura média, e aos 35 DAA a biomassa seca da parte aérea das plantas. Nas avaliações realizadas observou-se o efeito mais pronunciado do herbicida nas duas composições de substratos contendo maior percentual de areia. O adjuvante afetou negativamente o herbicida nas composições de 33% e 0% de areia.

Palavras-chave: Inibidor da Protox. Tolerância. Surfactante.

ABSTRACT

MARCON, Natael. Potential of the use of adjuvants on the selectivity of the herbicide fomesafen in pre-emergence. 29 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2016.

The weeds are a constant threat to the maintenance of the productivity of crops and the use of herbicides is the most used method to control these weeds. The use of the herbicide fomesafen in pre-emergence aims to provide a residual effect over the weed seed bank. Adjuvants are substances that help or modify the action of pesticides in a mix. In sandy soils the phytotoxicity effect of herbicides becomes more pronounced than in clay soils. The adjuvants' ability of modifying the effectiveness of weed control and the selectivity of herbicides applied in pre-emergence is still not very well comprehended. Thus, it is hypothesized that the use of adjuvants would reduce the selectivity of fomesafen applied pre-emergence in corn and that this effect is more pronounced in soils of lighter texture and higher doses of adjuvant. The objectives of this study were: (a) determine whether the addition of adjuvant modifies the selectivity of herbicide fomesafen in pre-emergence of corn. (b) determine if the adjuvant effect on the selectivity of fomesafen is influenced by soil type. The design used in the experiment was completely randomized design in trifactorial 4x4x3 scheme, qualitative x quantitative x quantitative type, with 3 repetitions. The factor A was composed by 4 proportions of sandy soil, the factor B by 4 doses of fomesafen and the factor C by 3 doses of commercial adjuvant ionic/anionic Energic. The number of emerged plants per experimental unit was made at 7 DAA (days after application). At 7, 14, 21, and 28 DAA, phytotoxicity assessments were conducted and average height, and dry biomass of the DAA 35 aerial part of plants. In evaluations carried out showed the most pronounced effect of herbicide on the two compositions of substrates containing a higher percentage of sand. The adjuvant negatively affected the herbicide in the compositions of 33% and 0%.

Keywords: Protocox Inhibitor. Tolerance. Surfactant.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estatura de plantas de milho aos 14 DAA sob efeito da interação entre composições de substratos x fomesafen.....	18
Figura 2 - Estatura de plantas de milho aos 28 DAA sob efeito de diferentes doses de adjuvantes e fomesafen nas composições de substrato 100% areia (A), 66% areia (B), 33% areia (C) e 0% areia (D).....	20
Figura 3 - Tolerância de plantas de milho aos 14 DAA sob efeito de diferentes doses de adjuvantes e fomesafen nas composições de substrato 100% areia (A), 66% areia (B), 33% areia (C) e 0% areia (D).....	21
Figura 4 - Tolerância de plantas de milho aos 28 DAA sob efeito de diferentes doses de adjuvantes e fomesafen nas composições de substrato 100% areia (A), 66% areia (B), 33% areia (C) e 0% areia (D).....	22
Figura 5 - MVPA de plantas de milho aos 35 DAA sob efeito de diferentes doses de adjuvantes e fomesafen nas composições de substrato 100% areia (A), 66% areia (B), 33% areia (C) e 0% areia (D).....	23
Figura 6: MSPA de plantas de milho aos 35 DAA sob efeito de diferentes doses de adjuvantes e fomesafen nas composições de substrato 100% areia (A), 66% areia (B), 33% areia (C) e 0% areia (D).....	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 GERAL.....	12
2.2 ESPECÍFICOS.....	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	18
5.1 ESTATURA DA CULTURA DO MILHO.....	18
5.2 TOLERÂNCIA DA CULTURA DO MILHO.....	20
5.3 MASSA VERDE E SECA DA PARTE AÉREA.....	22
6 CONCLUSÕES.....	26
REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vem se destacando mundialmente pelo seu elevado potencial produtivo. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016), a estimativa da produção brasileira de grãos deve chegar a 210,3 milhões de toneladas, na safra 2015/16, aumento de 2,6 milhões de toneladas a mais em relação à safra 2014/15. A cultura da soja é o grande destaque desta produção de grãos, seguido pela cultura do milho.

A cultura do milho (*Zea mays*) é de grande importância econômica para o país, podendo ser utilizada desde a alimentação animal até a produção de energia, como o etanol, sendo que a maior parte da produção segue para as indústrias de ração animal (MAPA, 2016). A produção de milho na safra 2015/2016 atingiu cerca de 66,5 milhões de toneladas do produto. Nessa safra (2016/2017), são esperadas 83 milhões de toneladas, sendo 27 milhões da primeira safra e 56 milhões da segunda safra. A produtividade esperada para a cultura do milho primeira safra (2016/2017) gira em torno dos 5.086 Kg ha⁻¹, superior à primeira safra 2015/2016, onde se produziu em média 4.799 Kg ha⁻¹, CONAB (2016).

A região Sudoeste do Paraná é importante produtora de aves e suínos, no qual o milho é ingrediente principal na fabricação de rações. A produtividade esperada para o milho primeira safra (2016/2017) é de 9641 kg ha⁻¹. A expectativa de produção gira em torno de 667 mil toneladas para a região, DERAL (2016).

A produtividade destas culturas é influenciada pelo manejo durante o ciclo da cultura. No início do ciclo a competição com plantas daninhas é um fator que quando não controlado pode interferir na produtividade, sendo que as plantas daninhas respondem por aproximadamente 20 a 30% das perdas de produtividade de espécies cultivadas no Brasil (LORENZI, 2014). Para controle destas daninhas se faz necessário o uso de controle químico através de herbicidas e o uso recorrente de alguns destes tem acarretado baixa eficiência de controle e seleção de populações resistentes a determinados herbicidas.

O herbicida fomesafen é utilizado em pré-emergência, visando conferir residualidade no controle de plantas daninhas presentes no banco de sementes. A persistência deste herbicida no solo é dependente do sistema de plantio e da dose

aplicada, em que o aumento da dose aplicada proporciona maior tempo de permanência do fomesafen no solo (SILVA et al., 2014). A eficiência de herbicidas aplicados no solo depende de fatores como a dose de herbicida, suas características físico-químicas, características do solo e de fatores do ambiente. Dentre as características do solo importantes estão a sua textura e teor de matéria orgânica, pois influenciam a disponibilidade do herbicida para as plantas e sua mobilidade.

Os adjuvantes são substâncias utilizados para imprimir características desejadas as formulações de herbicida, facilitando a mistura no tanque, auxiliando ou modificando a ação de agrotóxicos ou as características físicas da mistura (AZEVEDO, 2007). No Brasil não é comum a utilização de adjuvantes nas aplicações de herbicidas ao solo. Entretanto, resultados indicam que a utilização de adjuvantes adequados permite reduzir a lixiviação de herbicidas aplicados no solo (AZEVEDO, 2011).

Desta maneira, hipotetiza-se que a utilização de adjuvantes permitiria ampliar o uso de fomesafen em pré-emergência, em solos com características diferentes.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Determinar se a utilização de adjuvante específico e tipos distintos de solo afetam a seletividade do herbicida fomesafen em pré-emergência para a cultura do milho.

2.2 ESPECÍFICOS

1 – Determinar a seletividade do herbicida fomesafen aplicado em pré-emergência para a cultura do milho, em diferentes tipos de substrato;

2 - Determinar se a adição de adjuvante específico modifica a seletividade do herbicida fomesafen aplicado em pré-emergência para a cultura do milho;

3 - Determinar se o efeito de adjuvante específico sobre a seletividade de fomesafen à cultura do milho é influenciado pelo tipo de solo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A competição entre plantas daninhas e espécies cultivadas de maneira intensiva, como milho e soja, interferem no pleno desenvolvimento destas culturas, e a intensidade desta interferência é avaliada pelas reduções de produtividade das mesmas. O controle químico através de herbicidas é um método importante para o manejo de plantas daninhas e seu uso correto desempenha um papel fundamental na agricultura.

Segundo Artuzi (2006), o controle de plantas daninhas através de herbicidas tem se tornado cada vez mais complexo, devido ao grande número de espécies e ao surgimento de biótipos resistentes. O uso recorrente de alguns herbicidas tem acarretado baixa eficiência de controle e seleção de populações resistentes a determinados herbicidas. A resistência é entendida como a capacidade em que indivíduos de uma população têm de sobreviver e de reproduzir após a exposição ao herbicida que controla outros indivíduos da mesma espécie (CHRISTOFOLLETI et al., 2008).

O herbicida fomesafen, pertence ao grupo dos herbicidas inibidores da enzima Protoporfirinogênio oxidase (Protox). Muito utilizado em pré-emergência na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum*) e em pós-emergência nas culturas da soja (*Glycine max*) e do feijão (*Phaseolus vulgaris*), controlando plantas infestantes dicotiledonêas. O uso de fomesafen em pré-emergência visa conferir residualidade no controle de plantas daninhas presentes no banco de sementes, especialmente de espécies problemáticas, como *Amaranthus palmerii* resistente ao glyphosate (BANGARWA et al., 2010).

O fomesafen apresenta grande seletividade na cultura do feijão, por não alterar a produtividade. A persistência deste herbicida no solo é dependente do sistema de plantio e da dose aplicada, em que o aumento da dose aplicada proporciona maior tempo de permanência do fomesafen no solo (SILVA et al., 2014)

De acordo com Cobucci et al. (1997) a utilização de fomesafen na cultura do feijão, na dose recomendada de 250 g i.a. ha⁻¹, não afeta a produção do milho em sucessão, quando aplicado 65 dias antes do plantio do milho. Porém,

deve-se tomar cuidado, pois a persistência de herbicidas no solo pode variar de acordo com tipo de solo. O mesmo se percebe no trabalho de Cobucci et al. (1998), onde o intervalo de aplicação de fomesafen e o cultivo de milho deve ser de 69 a 132 dias, devido a persistência do herbicida no solo.

A tolerância e a resistência a herbicidas inibidores da Protox, em diversas espécies podem ocorrer por meio de vários mecanismos, como metabolização ou desintoxicação do herbicida pelas plantas (TREZZI; NUNES; PORTES, 2009), absorção e translocação mínimas, sequestro do herbicida ou à concentração aumentada da enzima Protox mitocondrial (WARABI et al., 2001).

Em amendoim (*Arachis hypogaea* L. var. Starr) a tolerância ao fluorodifen é conferida pela mínima translocação, associada à rápida metabolização (EASTIN, 1971). A tolerância da cultura da soja ao sulfentrazone é atribuída à rápida metabolização do herbicida (DAYAN et al., 1997). O aumento da concentração da enzima Protox nas mitocôndrias em células de soja confere resistência ao herbicida oxyfluorfen (WARABI et al., 2001). A tolerância de ervilha (*Pisum satibum* L.) ao fluorodifen é devida a alta concentração da enzima glutathione-s-transferase, que aumenta a conjugação do herbicida (FREAR; SWANSON, 1973). Nas plantas daninhas *Ambrosia artemisiifolia* (ROUSONELOS et al., 2012) e *Amaranthus tuberculatus* (PATZOLDT et al., 2006) a resistência é conferida por uma mutação na enzima Protox.

Percebe-se que em vários herbicidas, o solo mais arenoso apresenta efeitos mais pronunciados em relação a fitotoxicidade. Para Vargas (2006), os solos com textura arenosa e baixo nível de matéria orgânica, geralmente necessitam doses menores de herbicida do que solos argilosos. O comportamento de fomesafen varia em relação ao tipo de solo. Conforme o trabalho de Karpinski (2014), os sintomas de fitointoxicação de fomesafen sobre a cultura do algodão foram mais evidentes e expressivos nas plantas tratadas com as maiores doses e em solo de textura franco arenosa. Esse efeito também é evidenciado com outros herbicidas. A atividade de 2,4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas foi determinada por Silva (2011), que identificou uma maior fitointoxicação e redução da biomassa seca em relação à testemunha, em plantas cultivadas em solo de textura média.

O fomesafen tem coeficiente de partição (K_{ow}) de 794 (lipofílico), K_{oc} que varia de 34–164, com média de 60 mL g^{-1} e, portanto, se liga a matéria orgânica e argila do solo, além de ser considerado moderadamente móvel (WSSA, 2007). O fomesafen é um ácido fraco, com pK_a de 2,7 (WSSA, 2007). Em função da adsorção, em solos argilosos é recomendada a dose mais elevada ($280 \text{ g i.a. fomesafen ha}^{-1}$).

Os adjuvantes são utilizados para aumentar a eficácia do herbicida, facilitar a mistura no tanque, auxiliando ou modificando a ação de agrotóxicos ou as características físicas da mistura (AZEVEDO, 2007). Estudos com adjuvantes investigam predominantemente seu papel sobre o aumento da eficácia de herbicidas aplicados sobre a parte aérea das plantas (pós-emergência). Porém, a utilização de adjuvantes adequados permite reduzir a lixiviação de herbicidas aplicados no solo, conseqüentemente, ingrediente ativo permaneceria por mais tempo atuando (AZEVEDO, 2011).

Em solos com textura mais arenosa, com baixo teor de matéria orgânica, a quantidade de cargas negativas (CTC) estará presente em menor quantidade, desta forma reage menos com a forma iônica dos herbicidas, diminuindo a sorção e aumentando a quantidade de ingrediente ativo disponível na solução do solo (LOPES, 2004). Sendo assim, os adjuvantes poderiam desempenhar papel fundamental no processo de adsorção do herbicida no solo, melhorando sua eficiência de controle de plantas daninhas e seletividade para espécies cultivadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com a cultura do milho em casa de vegetação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, nos meses de abril e maio de 2016. A temperatura interna da casa de vegetação foi controlada automaticamente, através do sistema de aquecimento e refrigeração à qual manteve-se entre 20° e 25° C.

As unidades experimentais foram constituídas por vasos com capacidade para 3 dm³. Cada unidade experimental recebeu seis sementes da cultivar de milho Pioneer 4285, as quais foram semeadas a uma profundidade de três centímetros. Após a semeadura foi realizada aplicação dos tratamentos. A aplicação dos tratamentos foi realizada em pré-emergência da cultura do milho, utilizando pulverizador costal pressurizado à CO₂, equipado com 4 pontas de jato leque do tipo 110.02 e volume de calda de 200 L ha⁻¹.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em um esquema trifatorial 4x4x3, do tipo qualitativo x quantitativo x quantitativo com 3 repetições. O fator A foi constituído por 4 proporções de areia x solo, o fator B constituído por 4 doses do princípio ativo fomesafen (FLEX, SYNGENTA), e o fator C constituído por 3 doses do adjuvante não iônico/aniônico (produto comercial ENERGIC).

Os vasos foram preenchidos com 4 diferentes proporções de solo e areia, sendo estas: 100% areia e 0% solo; 66,5% areia e 33,5% solo; 33,5% areia e 66,5% solo; 0% areia e 100% solo. As 4 doses de fomesafen utilizadas foram: 0, 120, 240 e 480 g i.a. ha⁻¹. As 3 doses utilizadas do adjuvante Energic foram: 0%, 0,2% e 1% v/v. O solo da área experimental agrônômica da UTFPR, Câmpus Pato Branco segundo EMBRAPA (2013) é um Latossolo Vermelho distroférico típico, o qual foi utilizado no experimento. Em etapa preparatória, o solo foi coletado, peneirado, a fim de retirar torrões e resíduos vegetais mais grosseiros, e secado em estufa plástica, com revolvimento periódico. A areia foi peneirada e seca em estufa plástica.

Durante a condução do experimento, foi realizada diariamente a eliminação manual de plantas daninhas e a irrigação realizada automaticamente, por meio do sistema de gotejamento, com a finalidade de manter o solo dos vasos sob a capacidade de campo. A adubação foi efetuada semanalmente, utilizando a solução de Hoagland 50%, totalizando 30 ml por unidade experimental (HOAGLAND; ARNON, 1950).

Após a aplicação do herbicida, efetuou-se a contagem do número de plantas emergidas por unidade experimental aos 7 dias após a aplicação (DAA). Aos 7, 14, 21, e 28 DAA foram efetuadas avaliações de fitointoxicação por meio da escala de Frans et al. (1986), atribuindo notas de 0 a 100% para os sintomas visuais de fitotoxicidade, em que 0% corresponde a nenhum dano perceptível às plantas e 100% à sua morte. Nas mesmas datas de avaliação de fitointoxicação, foi avaliada a estatura média das plantas, utilizando-se para isto, uma régua graduada em cm.

Aos 35 DAA foram avaliadas as biomassas verde e seca da parte aérea das plantas. As plantas foram cortadas rente ao solo e acondicionada em sacos de papel, sendo em seguida realizada a pesagem das amostras em balança de precisão descontando-se o peso dos sacos de papel, para obtenção da biomassa verde. Após, as partes aéreas foram colocadas para secagem em estufa de circulação de ar forçada à temperatura de 60 °C, até atingirem peso constante. Posteriormente, foi determinada a massa seca da parte aérea utilizando-se para isto uma balança de precisão.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste f identificando as possíveis interações entre composições de substratos, doses de herbicida e adjuvante, através do programa estatístico SAS. Posteriormente os dados foram submetidos à regressão, sendo os gráficos construídos com o auxílio do software Sigma Plot 12.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ESTATURA DA CULTURA DO MILHO

Independente da composição do substrato, a estatura das plantas de milho aos 14 DAA foi severamente reduzida em função das crescentes doses de fomesafen (Figura 1). Entretanto, o comportamento foi diferencial para cada substrato. A redução da estatura foi de aproximadamente 85, 70, 35 e 35%, respectivamente para as composições 100, 66, 33 e 0% de areia, no intervalo de doses entre 0 e 500 g ha⁻¹ de fomesafen. A estatura das plantas de milho na dose 0 g ha⁻¹ de fomesafen foi dependente da composição do substrato. Com 100% de areia, as plantas de milho apresentaram estatura 26% inferior aos substratos com 0 e 33% de areia, enquanto que no substrato com 66% de areia a estatura foi inferior em aproximadamente 10%.

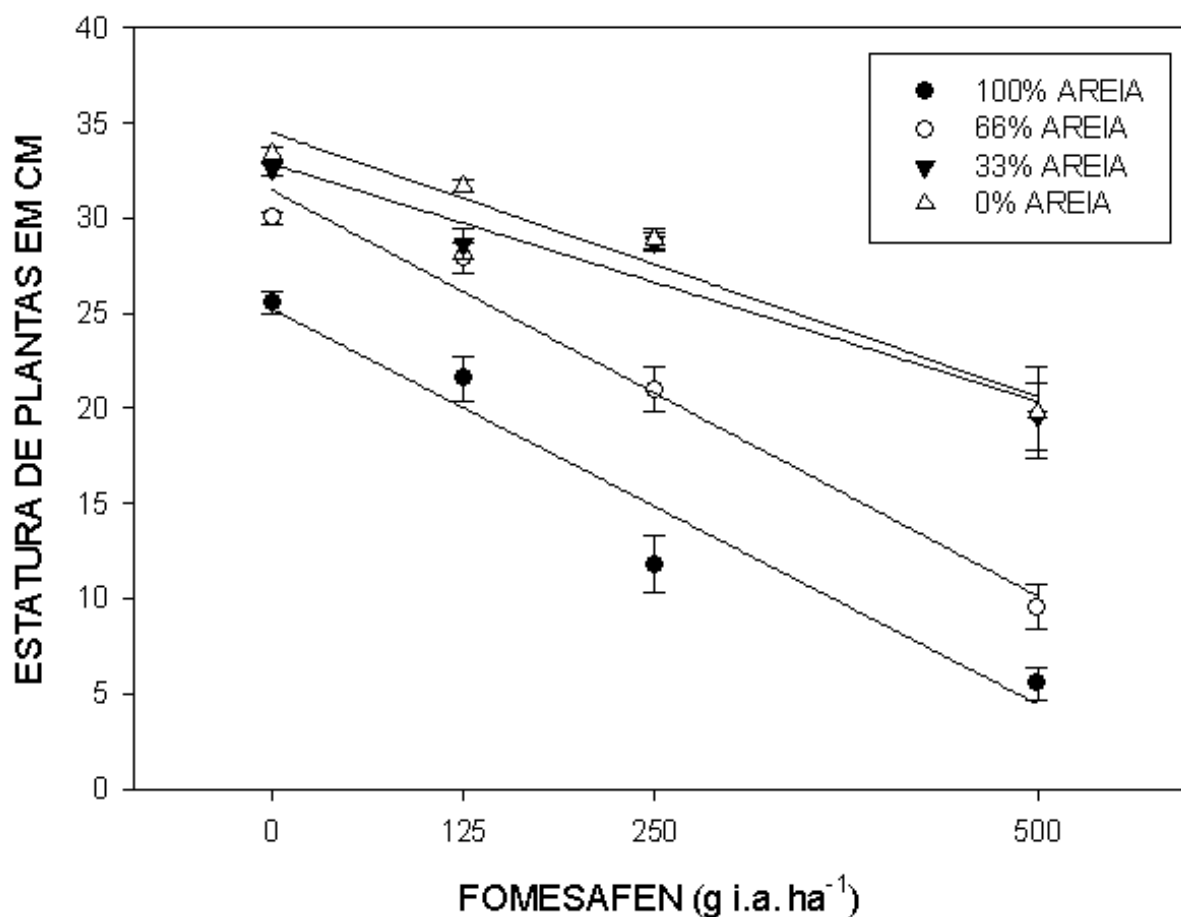


Figura 1 - Estatura de plantas de milho aos 14 DAA sob efeito da interação entre composições de substratos x fomesafen.

A estatura das plantas de milho aos 28 DAA foi dependente da composição dos substratos e das concentrações de adjuvante (Figura 2). Para os substratos com 100 e 66% de areia, a redução da estatura das plantas de milho foi muito semelhante para cada concentração do adjuvante (Figura 2A e 2B). Na média da concentração dos adjuvantes, a redução foi de aproximadamente 85% para o substrato com 100% de areia e 80% para o substrato com 66% de areia, quando comparado o intervalo entre a menor e maior dose de fomesafen aplicada (0 e 500 g ha⁻¹). No substrato com composição de 33% de areia (Figura 2C), a redução da estatura das plantas de milho foi mais acentuada quando o herbicida foi associado ao adjuvante. Neste substrato, a redução da estatura das plantas foi de aproximadamente 50% para as concentrações de adjuvante 0,2 e 1%, e de apenas 30% para o tratamento sem adjuvante, quando comparado o intervalo entre a menor e maior dose de fomesafen avaliadas. Situação semelhante é observada para o substrato que contem 0% de areia (Figura 2D), porém, neste caso a maior redução de estatura é observada quando houve a associação de fomesafen com 0,2% de adjuvante, chegando a aproximadamente 65% de redução. A associação entre fomesafen com 1% de adjuvante proporcionou redução de aproximadamente 40% da estatura, ou seja, em solos mais argilosos a elevada dose de adjuvante prejudicou a eficiência do fomesafen, enquanto que a aplicação isolada do herbicida reduziu aproximadamente apenas 20% da estatura das plantas de milho, quando comparado a menor e a maior dose de fomesafen.

Comparando-se as estaturas avaliadas aos 14 e 28 DAA, percebe-se que em ambos os casos a maior redução de estatura das plantas de milho ocorre nas composições de substratos de 100% e 66% areia, ou seja, em solos mais arenosos houve maior influência das doses de fomesafen. Nota-se que o efeito do adjuvante ocorre nas composições de substrato 33% e 0% areia, ou seja, em solos mais argilosos o adjuvante potencializa seu efeito.

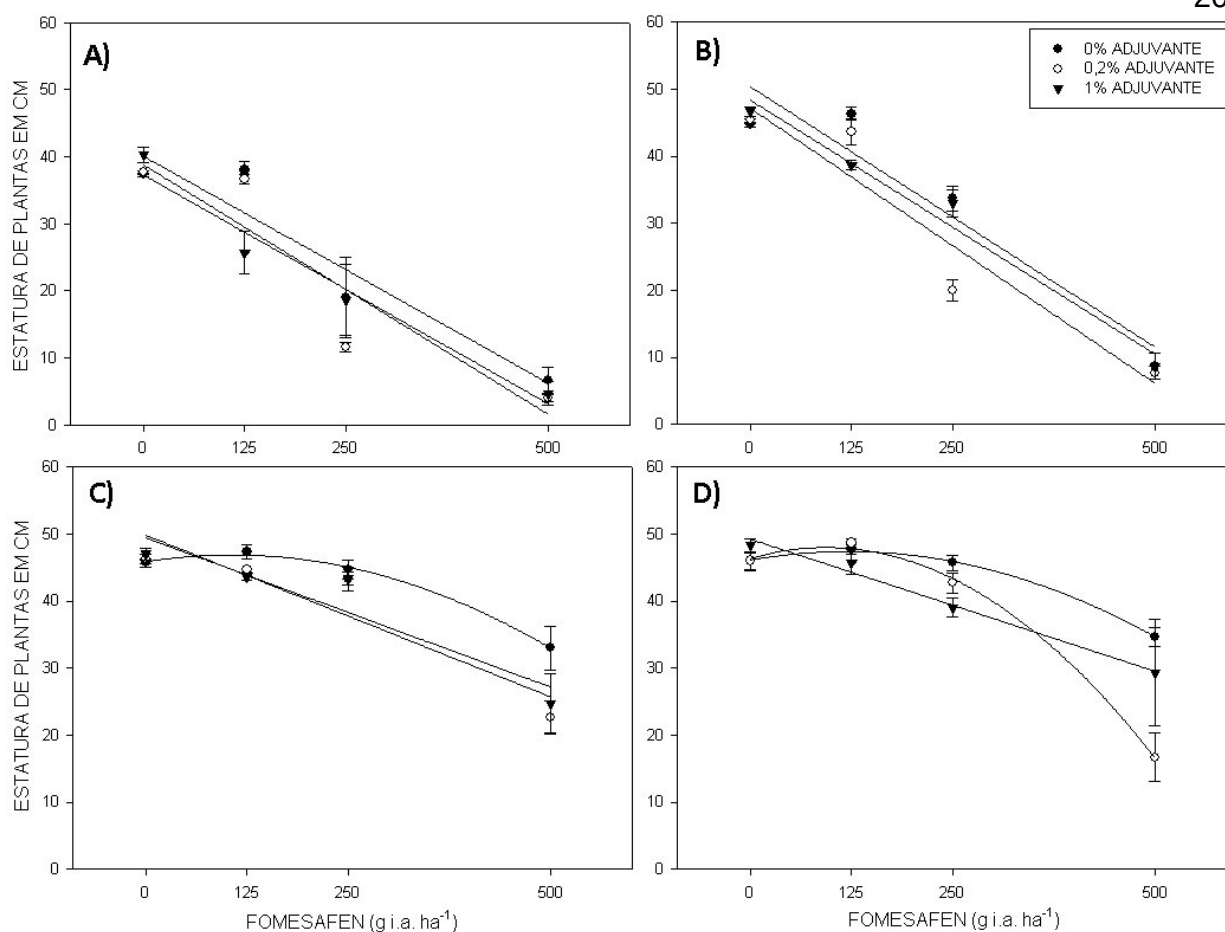


Figura 2 - Estatura de plantas de milho aos 28 DAA sob efeito de diferentes doses de adjuvantes e fomesafen nas composições de substrato 100% areia (A), 66% areia (B), 33% areia (C) e 0% areia (D).

5.2 TOLERÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

A tolerância das plantas de milho aos 14 e 28 DAA foi dependente da composição dos substratos e das concentrações de adjuvante (Figura 3 e 4). Assim como observado com a estatura, a redução da tolerância das plantas de milho aos 14 e 28 DAA foi muito semelhante para cada concentração de adjuvante nas composições de substrato com 100 e 66% de areia (Figura 3A e 4A). Aos 14 DAA, na média da concentração dos surfactantes, a tolerância das plantas de milho foi de aproximadamente 10% (100% areia), 20% (66% areia) e 50% (33% de areia), na maior dose testada de fomesafen (Figura 3A, 3B e 3C). Para a composição de solo

com 0% de areia, foi constatada maior influência da associação entre fomesafen e adjuvantes (Figura 3D). A tolerância das plantas de milho foi reduzida a aproximadamente 40% com 0,2% de adjuvante, 60% sem o uso de adjuvante e 70% com o uso de 1% de adjuvante.

Quando avaliada a tolerância das plantas de milho aos 28 DAA, observou-se que na média das concentrações de surfactantes, a tolerância foi de aproximadamente 15 e 20% para o substrato com 100 e 66% de areia, na maior dose testada de fomesafen (Figura 4A e 4B). No substrato com 33% de areia, foi observado resposta mais expressiva das plantas de milho quando houve a associação entre fomesafen e adjuvante (Figura 4C). A tolerância das plantas de milho foi de aproximadamente 65 e 70% na maior dose de fomesafen quando a concentração de adjuvante foi de 0,2 e 1% respectivamente, no entanto, sem o uso de adjuvantes, a tolerância chegou a aproximadamente 80% na maior dose de fomesafen. No substrato composto por 0% de areia (Figura 4D), a tolerância das plantas de milho foi de aproximadamente 35, 60 e 80% para as concentrações 0,2; 0 e 1% de adjuvante na maior dose de fomesafen.

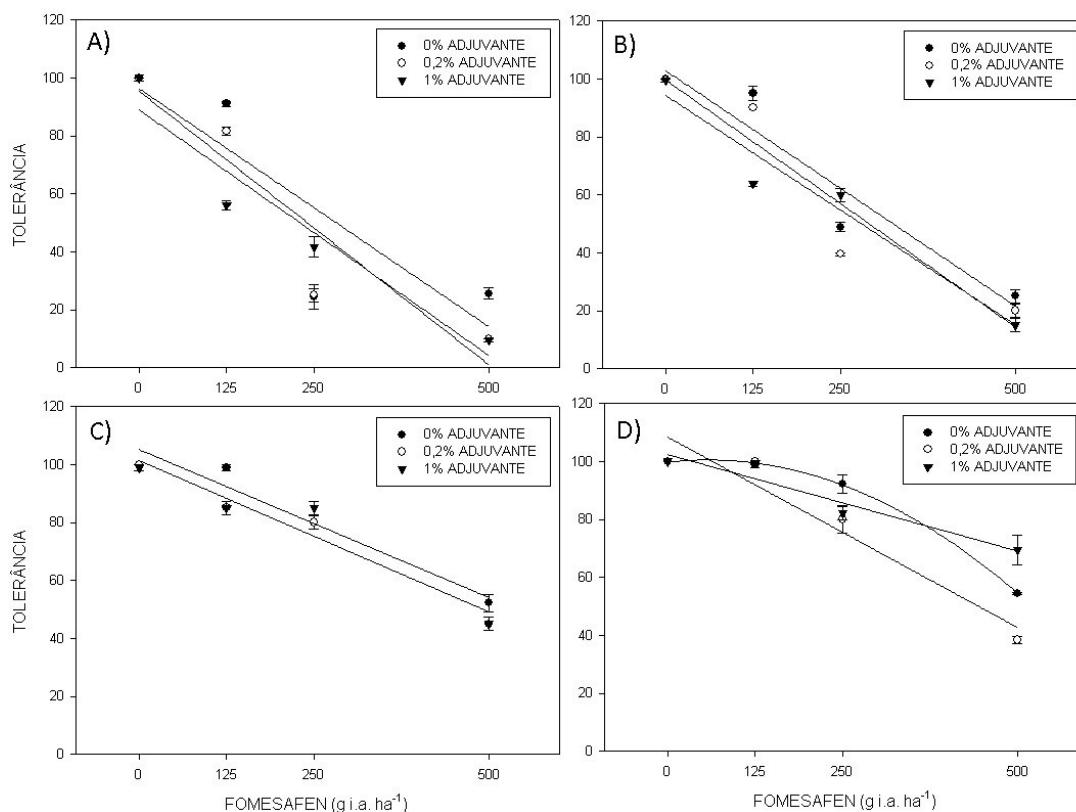


Figura 3 - Tolerância de plantas de milho aos 14 DAA sob efeito de diferentes doses de adjuvantes e fomesafen nas composições de substrato 100% areia (A), 66% areia (B), 33% areia (C) e 0% areia (D).

A tolerância das plantas de milho é mais pronunciada nas composições de substratos de 33% e 0% areia, ou seja, mesmo com o aumento da dose de fomesafen nesses substratos ocorre uma maior tolerância nas plantas de milho, o que não ocorre nas duas composições mais arenosas, as quais apresentam uma intolerância com o aumento da dose do herbicida. O efeito do adjuvante mostra-se apenas no substrato 0% areia, na qual na dose de 1% de adjuvante apresenta uma maior tolerância em relação a aplicação de 0% e 0,2%.

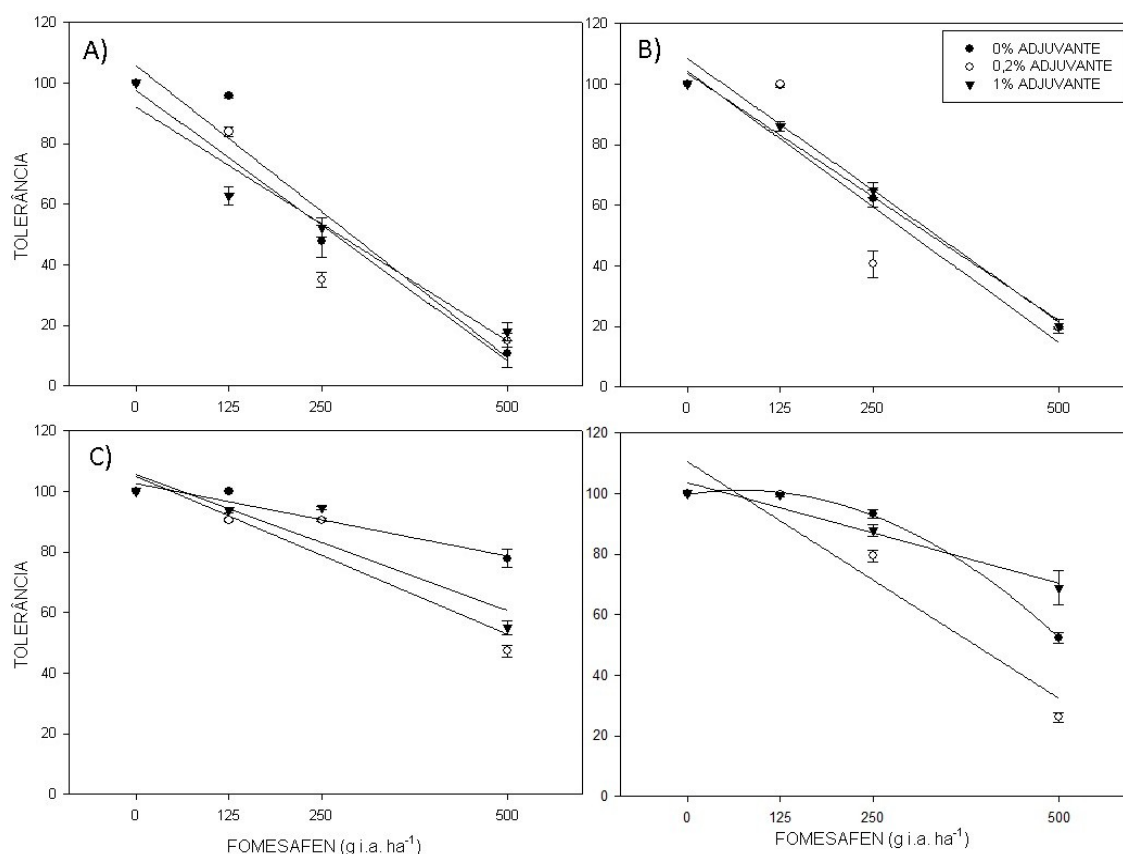


Figura 4 - Tolerância de plantas de milho aos 28 DAA sob efeito de diferentes doses de adjuvantes e fomesafen nas composições de substrato 100% areia (A), 66% areia (B), 33% areia (C) e 0% areia (D).

5.3 MASSA VERDE E SECA DA PARTE AÉREA

A MVPA e MSPA das plantas de milho aos 35 DAA foi dependente da composição dos substratos e das concentrações de adjuvante (Figura 5 e 6). Para os solos com 100 e 66% de areia, a MVPA foi severamente reduzida em função das crescentes doses de fomesafen (Figura 5A e 5B) Na maior dose, a MVPA foi inferior

a 5% no substrato com 100% de areia e inferior a 15% no substrato com 66% de areia. No entanto, nestes tipos de substratos, os tratamentos compostos por 0 e 0,2% de adjuvante o comportamento da curva foi sigmoide, enquanto que o comportamento do tratamento com 1% de adjuvante foi linear. No substrato com 33% de areia (Figura 5C), os tratamentos que envolveram as maiores concentrações de adjuvantes (0,2 e 1%) reduziram a MVPA à aproximadamente 40% na maior dose de fomesafen, enquanto que no tratamento sem adjuvante a MVPA foi reduzida à aproximadamente 50%. No substrato com 0% de areia (Figura 5D), a MVPA foi reduzida à aproximadamente 20, 55 e 75% respectivamente para as concentrações 0,2; 0 e 1% de adjuvante, quando avaliado na maior dose de fomesafen.

Para os substratos com 100 e 66% de areia, a redução da MSPA na média das concentrações de adjuvantes foi inferior a 10 e 20% respectivamente para os tipos de substratos na maior dose de fomesafen (Figura 6A e 6B). No substrato com 33% de areia (Figura 6C), a MSPA foi reduzida a aproximadamente 35% com o uso das maiores concentrações de adjuvantes e à aproximadamente 50% sem o uso de adjuvantes na maior dose de fomesafen avaliada. No substrato com 0% de areia (Figura 6D) a MSPA foi reduzida à aproximadamente 20, 55 e 70% para as concentrações 0,2; 0 e 1% de adjuvante na maior dose de fomesafen.

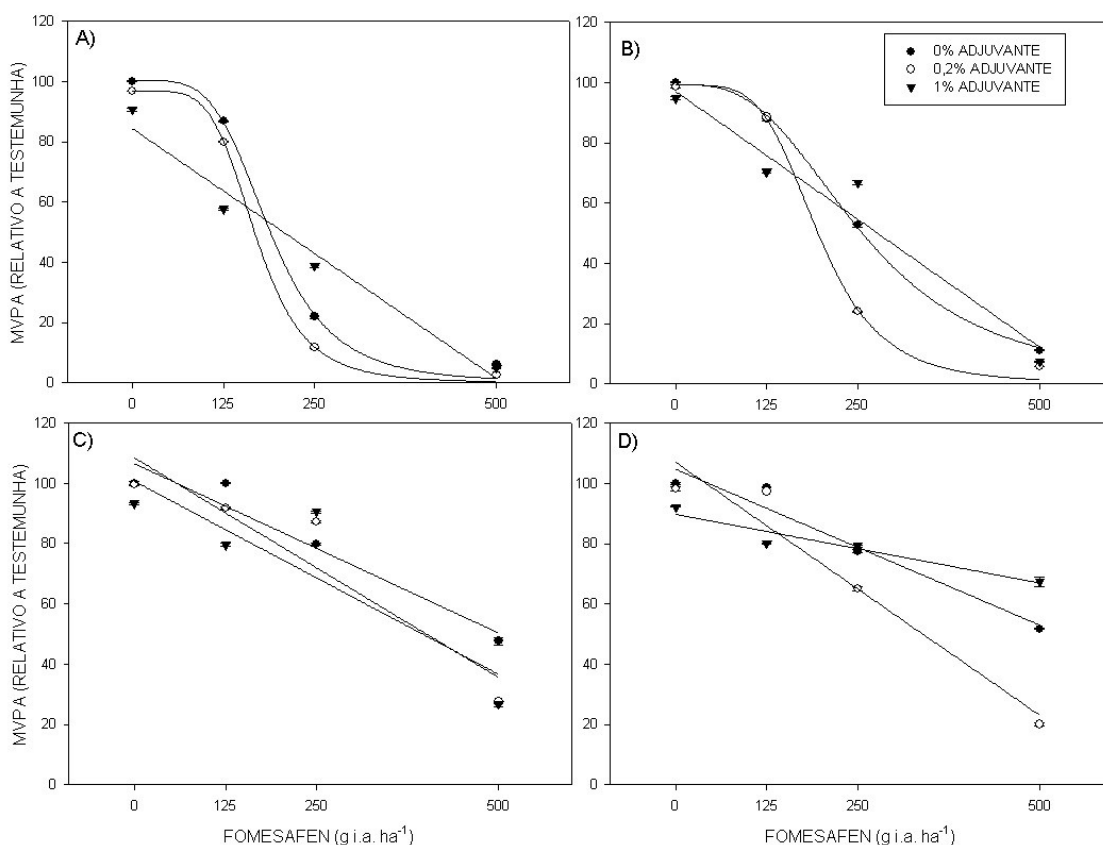


Figura 5 - MVPA de plantas de milho aos 35 DAA sob efeito de diferentes doses de adjuvantes e fomesafen nas composições de substrato 100% areia (A), 66% areia (B), 33% areia (C) e 0% areia (D).

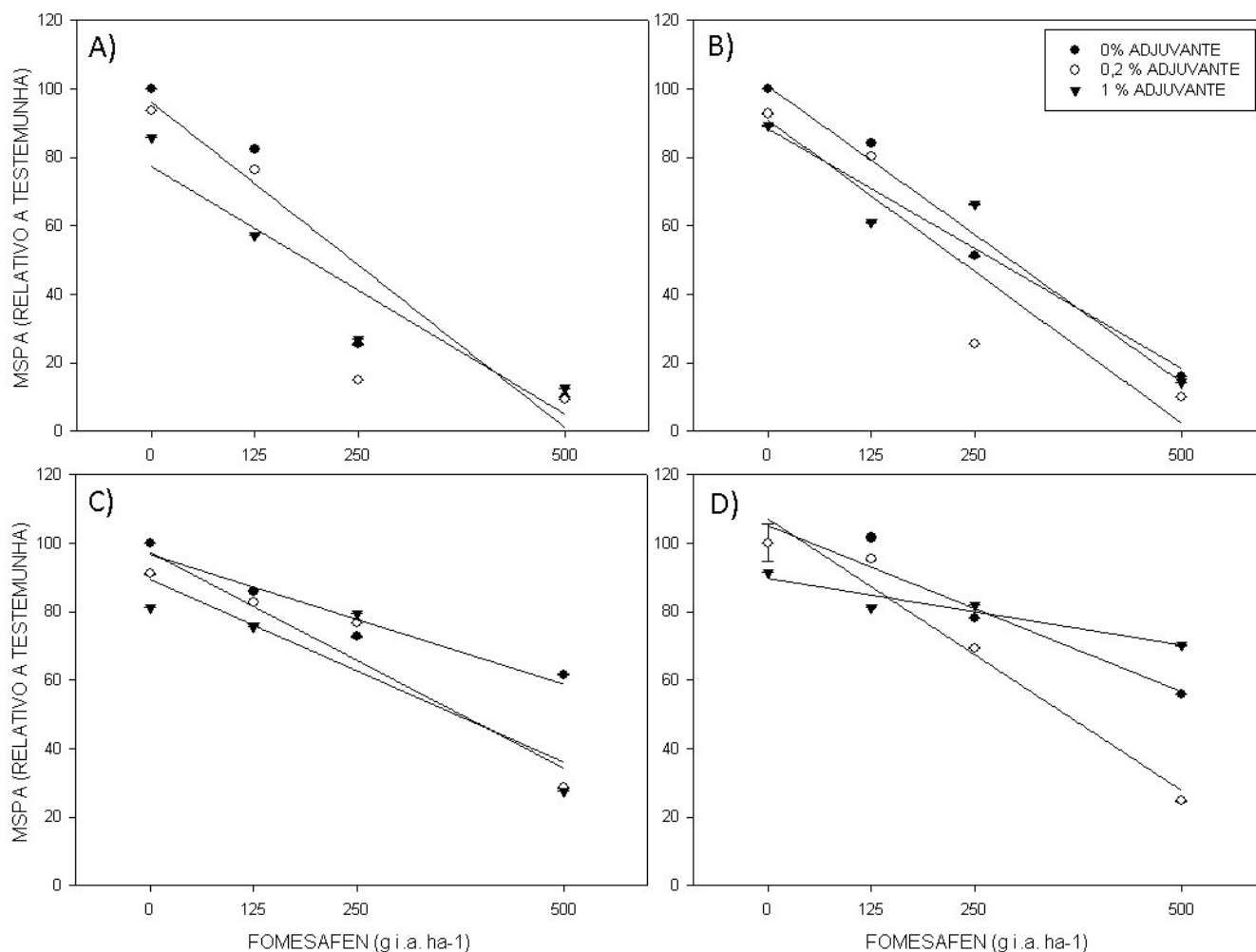


Figura 6: MSPA de plantas de milho aos 35 DAA sob efeito de diferentes doses de adjuvantes e fomesafen nas composições de substrato 100% areia (A), 66% areia (B), 33% areia (C) e 0% areia (D).

De modo geral, o uso de adjuvantes aumentou a toxicidade do fomesafen sobre a cultura do milho, no entanto, o efeito é mais pronunciado nas doses mais elevadas de fomesafen (500 g ha⁻¹). Os resultados indicam que 0,2% de adjuvante proporciona maior redução de estatura, tolerância, MVPA e MSPA se comparado as demais concentrações de adjuvante, independente do tipo de substrato testado. Contudo nos substratos compostos por 33 e 0% de areia os resultados são mais expressivos em relação as concentrações de 100 e 66% de areia.

Estudos sugerem que o uso de adjuvantes adequados podem reduzir a lixiviação de herbicidas aplicados no solo (AZEVEDO, 2011). O uso de adjuvante

específico aumenta a eficiência da trifluralina em pré emergência (McMULLAN, 1998), assim como aumenta a eficiência dos herbicidas flumetsulan, dimetenamida e metribuzin para o controle de *Amaranthus spp* e milho voluntário (*Zea mays*) em meio a cultura da soja (THOMAS & MORGAN, 2001).

Para as variáveis estatura, tolerância, MVPA e MSPA na composição de substrato com 0% de areia, foi observado que nos tratamentos com 1% de adjuvante, a eficiência do herbicida fomesafen foi inferior aos tratamentos com 0 e 0,2% de adjuvante. Isto nos leva a duas hipóteses. A primeira é de que a concentração de 1% de adjuvante eleva a adsorção do herbicida nos colóides do solo, reduzindo a quantidade do produto disponível para a absorção pelo sistema radicular das plantas de milho. A outra hipótese é de que pode ocorrer a redução da permeabilidade do solo em função da elevada concentração do adjuvante, aumentando o período de exposição do herbicida a radiação solar e, desta forma sendo fotodegradado. Em alguns tipos de adjuvantes, como é o caso dos organossiliconados tem-se observado a redução da permeabilidade do solo, quando aplicado na superfície (SINHG et al. 2002). Independente da concentração do adjuvante, nos substratos com maior concentração de areia (100 e 66%) a toxicidade gerada pelo fomesafen foi superior aos substratos com menor concentração de areia (0 e 33%). Possivelmente nos substratos arenosos houve maior disponibilidade do herbicida. Este fato corrobora com a hipótese de que o adjuvante aumenta a adsorção do herbicida com os colóides do solo.

As plantas de milho que cresceram no substrato com 100% de areia apresentaram desenvolvimento inferior se comparado com os substratos com menor concentração de areia, isto pode ocorrer em função da menor disponibilidade de nutrientes substrato. Apesar da correção nutricional com a solução de Hoagland 50%, esta pode não ter sido suficiente para o desenvolvimento adequado da cultura. Além disto, pode ter ocorrido menor retenção dos nutrientes pelos colóides do substrato aumentando a lixiviação.

6 CONCLUSÕES

A associação entre fomesafen e adjuvante em aplicação em pré-emergência demonstra potencial para aumentar a toxicidade para plantas de milho. Considerando-se essa espécie como modelo, esses resultados poderiam ser extrapolados para o controle de espécies infestantes sensíveis ao fomesafen. Entretanto, combinações específicas de doses de fomesafen, composição de solo e concentração de adjuvante tem potencial para maximizar o efeito herbicida. Concentrações de adjuvantes muito elevadas podem reduzir a eficiência do herbicida.

REFERÊNCIAS

- ARTUZI, J. P.; CONTIERO, R. L. Herbicidas aplicados na soja e produtividade do milho em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1119-1123, 2006.
- AZEVEDO, L. A. S. **Fungicidas sistêmicos: teoria e prática**. Campinas: Emopi, 2007. 284 p.
- AZEVEDO, L. A. S. **Adjuvantes agrícolas para a proteção de plantas**. Seropédica: IMOS, 2011. 264 p.
- BANGARWA, S. K.; NORSWORTHY, J. K.; GRIFFITH, G. M.; De VORE, J.; STILL, J.; WILSON, M. J. **Non-Glyphosate Programs for Palmer Amaranth Control in Cotton**. summaries of arkansas cotton research. 2010. 115 p.
- CHRISTOFFOLLETI, P. J.; OVEREJO, R. F. L.; NICOLAI, M.; VARGAS, L.; CARVALHO, S. J. P.; CATANEO, A. C.; CARVALHO, J. C.; MOREIRA, M. S. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3 .ed. Piracicaba : HRAC-BR. 2008. 120 p.
- COBUCCI, T.; SILVA, J. B.; PRATES, H. T. Carryover Effect of Fomesafen, Applied on Edible Bean, on Successional Maize. **Planta Daninha**, v. 15, n. 2, p. 573-577, 1997.
- COBUCCI, T.; PRATES, H. T.; FALCÃO, C. L. M.; REZENDE, M. M. V. Effect of imazamox, fomesafen, and acifluorfen soil residue on rotational cropse. **Weed Science**, v. 46, n. 2, p. 258-263, 1998.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 4-Safra 2015/16** – Quarto levantamento, Brasília, p.1-154, janeiro 2016. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_09_00_46_oletim_graos_janeiro_2016.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2016.
- DAYAN, F. E.; WEETE, J. D.; DUKE, S. O.; HANCOCK, H.G. Soybean (*Glycine max*) cultivar differences in response to sulfentrazone. **Weed Science**, v. 45, n. 4, p. 634–641, 1997.
- DERAL. DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL. **Comparativo de área, produção e rendimento para a cultura**. Estimativa de safras. Novembro 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=228>>. Acesso em: 30 nov. 2016.

EASTIN, E. F. Fate of fluorodifen in resistant peanut seedlings. **Weed Science**, v. 19, n. 2, p. 261–265, 1971.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Brasília: EMBRAPA Solos, 2013.

FREAR, D. S.; SWANSON, H. R. Metabolism of substituted diphenyl ether herbicides in plants. I. Enzymatic cleavage of fluorodifen in peas (*Pisum sativum* L.). **Pesticide Biochemistry Physiology**, v. 3, n. 4, p. 473–482, 1973.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I.. The water-culture method for growing plants without soil. **Circular. California Agricultural Experiment Station**, v. 347, n. 2nd edit, 1950.

KARPINSKI, R. A. K.; NETO, A. M. O.; GUERRA, N.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, R. S.; MACIEL, C. D. G.; SILVA, A. A. P. Influência da textura do solo na seletividade do herbicida fomesafen aplicado em pré-emergência do algodoeiro. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 2, p. 125-133, 2014.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de Análise de Solo. Conceitos e Aplicações**. Associação nacional para difusão de adubos. Boletim Técnico nº 2, p. 50, 2004.

LORENZI, Harri. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Milho**. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 29 de out. de 2016.

PATZOLDT, W. L.; HAGER, A. G.; MCCORMICK, J. S.; TRANEL, P. J. A codon deletion confers resistance to herbicides inhibiting protoporphyrinogen oxidase. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 33, p. 12329–12334, 2006.

ROUSONELOS, S. L.; LEE, R. M.; MOREIRA, M. S.; VANGESSEL, M. J.; TRANEL, P. J. Characterization of a Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) Population Resistant to ALS-and PPO-Inhibiting Herbicides. **Weed Science**, v. 60, n. 3, p. 335-344, 2012.

SILVA, F. M. L.; CAVALIERI, S. D.; JOSÉ, A. R. S.; ULLOA, S. M.; VELINI, E. D. Atividade residual de 2, 4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 1, p. 29-36, 2011.

SINGH, M.; TAN S.; SHARMA S.D. **Effects of adjuvants on wetting and water infiltration of soils.** Bull Environ Contam Toxicol 68:692–698. 2002.

THOMAS, J. M.; MORGAN, C. **Use the adjuvants for soil applied herbicides.** Ed. H.de Rooter. Proceedings 6 th ISAA. Amsterdam, The Netherlands. Aug. 2001. p. 414-419.

TREZZI, M. M.; NUNES, A. L.; PORTES, E. S. Interação entre inseticida organofosforado e herbicidas inibidores da PROTOX e sua implicação na resistência de *Euphorbia heterophylla*. **Scientia Agrícola**, v. 10, n. 6, p. 423-428, 2009.

WARABI, E.; USUI, K.; TANAKA, Y.; MATSUMOTO, H. Resistance of a soybean cell line to oxyfluorfen by overproduction of mitochondrial protoporphyrinogen oxidase. **Pest Management Science**, v. 57, n. 8, p. 743–748, 2001.

WSSA - WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Herbicide Handbook**. 9. ed. 810 East 10th Lawrence, United States of America, 2007. 207-208 p.