

MILER SOARES MACHADO

**EFEITO PROTETOR EM PLANTAS DE EUCALIPTO E CONTROLE DE  
*Urochloa brizantha* TRATADAS COM GLYPHOSATE EM MISTURA COM O  
FERTIACTYL PÓS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M149e  
2015 Machado, Miler Soares, 1986-  
Efeito protetor em plantas de eucalipto e controle de  
*Urochloa brizantha* tratadas com glyphosate em mistura  
com o Fertiactyl Pós / Miler Soares Machado. - Viçosa, MG,  
2015.

x, 60f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Lino Roberto Ferreira.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

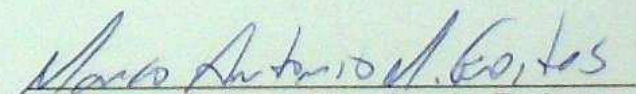
1. Eucalipto. 2. Erva daninha - Controle. 3. Plantas -  
Efeito de herbicida . I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação  
em Fitotecnia. II. Título.

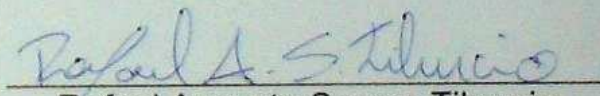
CDD 22. ed. 634.973766

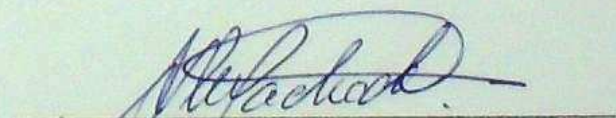
**EFEITO PROTETOR EM PLANTAS DE EUCALIPTO E CONTROLE DE  
*Urochloa brizantha* TRATADAS COM GLYPHOSATE EM MISTURA COM O  
FERTIACTYL PÓS**

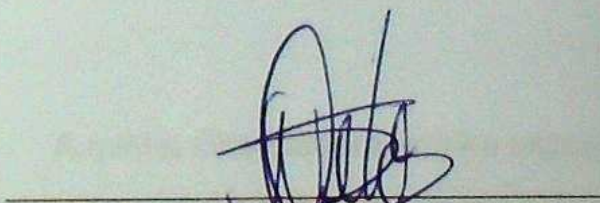
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

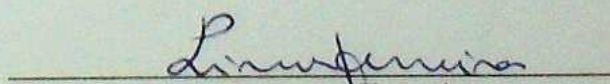
APROVADA: 20 de julho de 2015.

  
Marco Antônio Moreira de Freitas

  
Rafael Augusto Soares Tiburcio

  
Aroldo Ferreira Lopes Machado

  
Silvio Nolasco de Oliveira Neto

  
Lino Roberto Ferreira  
(Orientador)

A minha filha Débora, minha esposa  
Amanda e aos meus pais Jacinto e Ana,  
pessoas que inspiram e alegram minha vida.

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

À DEUS, Senhor de toda sabedoria.

À minha filhinha Débora, a grande inspiração da minha vida.

Aos meus pais Jacinto e Ana, pelo estímulo constante.

À minha esposa Amanda pela atenção, carinho e companheirismo.

Aos meus irmãos Mateus e Jaci, pela amizade e apoio nos momentos difíceis.

Ao meu amigo e orientador Lino Roberto Ferreira, pela orientação, críticas, confiança e amizade.

Aos Professores Mauri Martins Teixeira e Paulo Roberto Cecon, pelas valiosas sugestões.

Aos meus familiares, em especial, Vô Didi (in memoriam), Vó Anita (in memoriam), e a minha Vozinha Judith, pelo carinho, incentivo e apoio em todos os momentos da minha vida.

Aos colegas de graduação e pós-graduação do Laboratório de Manejo Integrado de Plantas Daninhas e a equipe de trabalho da L&M Consultores, pela ajuda e paciência.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela qualidade do ensino.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

MILER SOARES MACHADO, filho de Jacinto Machado de Souza e de Ana Maria Soares Machado, nasceu em 09 de julho de 1986 em Viçosa, Minas Gerais.

Em 2004, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, transferindo-se para a Universidade Federal de Viçosa em 2005, onde se graduou Engenheiro Agrônomo em 2009. Nesse mesmo ano, iniciou o curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, pela Universidade Federal de Viçosa (DFT/UFV), concentrando seus estudos na área de Plantas Daninhas: Alelopatia, Herbicidas e Resíduos, Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas, Sistemas Agrossilvipastoris. Em 2011, ingressou no curso de Doutorado na mesma linha de pesquisa, submetendo-se à defesa de tese em julho de 2015.

## ÍNDICE

|  |     |
|--|-----|
| <b>RESUMO</b> .....  | vii |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | ix  |
| <b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....  | 1   |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....  | 4   |
| <b>Efeitos da exsudação radicular do glyphosate e do Fertiactyl Pós por <i>Urochloa brizantha</i> em plantas de eucalipto</b> .....                  | 6   |
| Resumo .....   | 6   |
| Abstract.....  | 7   |
| Introdução .....   | 8   |
| Material e métodos .....   | 9   |
| Resultados e discussão .....   | 12  |
| Conclusões .....   | 19  |
| Referências bibliográficas .....   | 19  |
| <b>Uso do Fertiactyl Pós na proteção do eucalipto atingido glyphosate</b> .....  | 22  |
| Resumo .....   | 22  |
| Abstract.....  | 23  |
| Introdução .....   | 24  |
| Material e métodos .....   | 25  |
| Resultados e discussão .....   | 27  |
| Conclusão .....  | 32  |
| Referências bibliográficas .....   | 32  |
| <b>Efeito protetor do Fertiactyl Pós sobre plantas de eucalipto submetidas a aplicação de glyphosate</b> .....                                       | 34  |
| Resumo .....   | 34  |
| Abstract.....  | 35  |
| Introdução .....   | 36  |
| Material e métodos .....   | 37  |
| Resultados e discussão .....   | 39  |
| Conclusão .....  | 46  |
| Referências bibliográficas .....   | 46  |
| <b>Efeito protetor em plantas de eucalipto e controle de <i>Urochloa brizantha</i> tratadas com glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós</b> ..... | 49  |
| Resumo .....   | 49  |
| Abstract.....  | 50  |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| Introdução .....                  | 51        |
| Material e métodos .....          | 52        |
| Resultados e discussão .....      | 53        |
| Conclusões .....                  | 57        |
| Referências bibliográficas .....  | 58        |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> ..... | <b>60</b> |

## RESUMO

MACHADO, Miler Soares, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Efeito protetor em plantas de eucalipto e controle de *Urochloa brizantha* tratadas com glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós.** Orientador: Lino Roberto Ferreira. Coorientadores: Paulo Roberto Cecon e Mauri Martins Teixeira.

O glyphosate é o herbicida mais usado no manejo das plantas daninhas em cultivos comerciais de eucalipto. Apesar disso, são frequentes os relatos de danos causados por este herbicida nessa cultura. Assim, torna-se necessário a busca de alternativas que reduzam ou eliminem esses danos. Uma opção para isso, é a utilização de antídotos nas aplicações do herbicida. Os antídotos já foram objetos de estudo para diversas culturas, entretanto, para cultivos florestais, como o eucalipto, isso ainda não é uma realidade. Dentre as possibilidades de antídotos com capacidade de proteção do eucalipto identificou-se o Fertiactyl Pós. Trata-se de um fertilizante foliar, com capacidade de atuar sobre a atividade fisiológica das plantas mantendo a sua capacidade de produzir fotoassimilados mesmo sob efeito do glyphosate. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a eficiência do Fertiactyl Pós na proteção de plantas de eucalipto atingidas por diferentes formas de contato com o glyphosate. Foram conduzidos quatro experimentos, em casa de vegetação, com o objetivo de avaliar o efeito protetor do Fertiactyl Pós em plantas de eucalipto atingidas pela exsudação radicular do glyphosate por *Urochloa brizantha*; a eficiência do Fertiactyl Pós na proteção de plantas de eucalipto atingidas pelo glyphosate; o efeito protetor do Fertiactyl Pós sobre plantas de eucalipto submetidas a aplicação de glyphosate e o efeito protetor em plantas de eucalipto e o controle de *Urochloa brizantha* tratadas com glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós. No experimento 1, ficou claro que, se houve exsudação do glyphosate pela braquiária, ela não foi prejudicial ao eucalipto. Nos tratamentos sem a aplicação do herbicida, houve interferência da braquiária, assim, as diferenças observadas nas características do eucalipto foram causadas pela competição imposta por esta planta daninha. No experimento 2, observou-se que a utilização das maiores doses do glyphosate (1440 e 2160 g ha<sup>-1</sup>) sem o Fertiactyl Pós provocaram níveis de intoxicação nas plantas acima de 90% em algumas épocas de avaliação. Quando se aplicou 2160 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate em mistura com 8 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós se obteve estimativa da massa de matéria seca total do eucalipto

de 112,5 g planta<sup>-1</sup>, já essa mesma dose do glyphosate sem o protetor resultou em estimativa de 3,7 g planta<sup>-1</sup>, mostrando que o Fertiactyl Pós foi eficiente na redução dos danos causados pelo glyphosate. No experimento 3, o uso do Fertiactyl Pós eliminou os sintomas visuais de intoxicação nas plantas de eucalipto atingidas pelo glyphosate, mesmo na maior dose aplicada. O uso do glyphosate isoladamente causou distúrbios no crescimento, na nutrição e na fisiologia do eucalipto, confirmando seu efeito deletério sobre esta cultura. Neste trabalho, ficou claro também que em altas doses, o Fertiactyl Pós foi prejudicial ao eucalipto, provocando menor crescimento e desbalanço nutricional nas plantas. Já no experimento 4, novamente ficou evidenciado o efeito protetor do Fertiactyl Pós sobre as plantas de eucalipto atingidas pelo glyphosate. Entretanto, foi observado um indício de proteção também na braquiária. As altas doses do glyphosate aplicadas aumentaram o nível controle da braquiária, mas aumentaram também os danos causados pelo herbicida sobre o eucalipto, sendo que o uso do Fertiactyl Pós tendeu a reduzir esses danos. Os resultados dessa pesquisa apontam que o Fertiactyl Pós tem potencial para proteger o eucalipto dos danos provocados pelo glyphosate, mas ainda existem alguns questionamentos que devem ser respondidos antes da utilização dessa tecnologia em larga escala.

## ABSTRACT

MACHADO, Miler Soares, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Protective effect in eucalypt plants and control *Urochloa brizantha* treated with glyphosate mixed with Fertiactyl Pós.** Adviser: Lino Roberto Ferreira. Co-advisers: Paulo Roberto Cecon and Mauri Martins Teixeira.

Glyphosate is the most widely used herbicide in weed management in commercial eucalypt plantations. Nevertheless, there are frequent reports of damage caused by this herbicide on this crop. Thus, it becomes necessary to seek alternatives that reduce or eliminate such damage. One option for this is the use of antidotes in herbicide applications. The antidotes have been objects of study for different cultures, however, for forest crops such as eucalypt, this is still not a reality. Among the possibilities of antidotes with eucalypt protection capabilities identified the Fertiactyl Pós. It is a foliar fertilizer with capacity to act on the physiological activity of plants maintaining its ability to produce photoassimilates even under the effect of glyphosate. In this sense, the objective was to evaluate of the Fertiactyl Pós efficiency in eucalypt plant protection affected by different forms of contact with glyphosate. Four experiments were conducted in a greenhouse, in order to evaluate the protective effect of Fertiactyl Pós in eucalypt plants affected by root exudation of glyphosate by *Urochloa brizantha*; the Fertiactyl Pós efficiency in eucalypt protection affected by glyphosate; the protective effect of Fertiactyl Pós on eucalypt plants submitted the application of glyphosate and the protective effect in eucalypt plants and control of *U. brizantha* treated with glyphosate mixed with Fertiactyl Pós. In experiment 1, it was clear that if there was exudation of glyphosate by brachiaria, it was not harmful to eucalypt. In the treatments without herbicide application, there was interference brachiaria thus the observed differences in eucalypt characteristics were caused by competition imposed by this weed. In experiment 2, it was observed that the use of larger doses of glyphosate (1440 and 2160 g ha<sup>-1</sup>) without Fertiactyl Pós caused levels in excess of 90% in some plants evaluation times. When applied 2160 g ha<sup>-1</sup> glyphosate mixed with 8 L ha<sup>-1</sup> was obtained Fertiactyl Pós estimated dry weight total of 112.5 g plant<sup>-1</sup> eucalypt, since the same dose of glyphosate without the protective resulted in estimate of 3.7 g plant<sup>-1</sup>, showing that Fertiactyl Pós was effective in reducing the damage caused by glyphosate. In experiment 3, the use of Fertiactyl Pós eliminated the

visual symptoms of intoxication in eucalypt plants affected by glyphosate, even at the highest dose applied. The use of glyphosate alone caused disturbances in growth, nutrition and physiology eucalypt, confirming its deleterious effect on the crop. In this work, it was clear also that at high doses, Fertiactyl PóS was detrimental to eucalypt, causing slower growth and nutritional imbalance in plants. In the experiment 4, again evidenced the protective effect of Fertiactyl PóS on eucalypt plants affected by glyphosate. However, a protective signal was observed also in brachiaria. The high doses of glyphosate applied increased the level control of brachiaria, but also increased the damage caused by the herbicide on the eucalypt, and the use of Fertiactyl PóS tended to reduce such damage. The results of this research show that the Fertiactyl PóS has the potential to protect the eucalypt from damage caused by glyphosate, but there are still some questions that must be answered before the large scale use of this technology.

## INTRODUÇÃO GERAL

*Eucalyptus* é o gênero florestal mais plantado no Brasil. Em 2013, estima-se que a área plantada com espécies deste gênero tenha sido superior a 5,1 milhões de hectares, sendo esta a principal atividade do setor florestal brasileiro (ABRAF, 2013). Além da diversidade de uso de sua madeira, outro fator que favorece os plantios de eucalipto no Brasil são suas características de rápido crescimento e alta capacidade de adaptação em diferentes condições edafoclimáticas existentes no país (Tuffi Santos et al., 2009; Rossa et al., 2014).

Apesar do rápido crescimento e boa competitividade no campo, o eucalipto não está isento da interferência das plantas daninhas, que tem como consequência o decréscimo quantitativo e qualitativo da sua produção (Tuffi Santos et al., 2006b; Tarouco et al., 2009). As plantas daninhas são consideradas um grande problema mundial nos reflorestamentos, pois competem por água, luz, nutrientes, além de poderem apresentar efeitos alelopáticos negativos nas culturas (Toledo et al., 2003).

Assim, o manejo de plantas daninhas se torna uma das mais importantes práticas culturais, especialmente nos períodos chuvosos, dos dois primeiros anos de cultivo. Dentre os métodos disponíveis para o manejo das plantas daninhas na cultura do eucalipto o controle químico tem sido o preferido pelas empresas florestais. Essa preferência se justifica pelas grandes áreas cultivadas, pela escassez de mão de obra e pelo menor custo de controle (Tuffi Santos et al., 2006b). Entretanto, se mal empregado, esse método pode causar prejuízos ambientais, sociais e econômicos, com redução na produção e na qualidade da madeira.

O glyphosate é o herbicida mais utilizado no manejo das plantas daninhas em cultivos de eucalipto por exercer efetivo controle de grande número de espécies daninhas mono e dicotiledôneas, perenes e anuais. Além disso, acredita-se ser esse produto pouco agressivo ambientalmente (Malik; Barry; Kishore, 1989). É um herbicida sistêmico e não seletivo. Pertencente ao grupo dos inibidores da síntese de aminoácidos aromáticos e tem como ingrediente ativo o N-(phosphonomethyl) glicina. Atua inibindo a atividade da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato (EPSPs), responsável pela reação que condensa shiquimato-3-fosfato e fosfoenolpiruvato em 5-enolpiruvilshiquimato-

3-fosfato (EPSP) e fosfato inorgânico (Pi), na etapa pré-corismato da rota do shiquimato (Shaner; Bridges, 2003; Silva; Ferreira; Ferreira, 2007b; Galon et al., 2013)

Apesar de ser um produto não seletivo e de ação total, o glyphosate tem sido usado tanto no preparo da área quanto no plantio, replantio, controle da rebrota e manutenção de reflorestamentos de eucalipto. As operações realizadas após a implantação da cultura têm sido feitas através de aplicações dirigidas, evitando o contato do herbicida com as plantas. Apesar dos cuidados durante as aplicações é comum a ocorrência de deriva acidental (Tuffi Santos et al., 2009), que pode comprometer o controle das plantas daninhas, elevar os custos do controle, além de causar sérios danos ao eucalipto.

Outra possível forma de contato do glyphosate com o eucalipto é através da exsudação radicular. Algumas espécies de plantas tem a capacidade de exsudar no solo o herbicida aplicado via parte aérea. Uma vez exsudado, o herbicida pode ser absorvido por plantas adjacentes causando danos à estas plantas ou microrganismos do solo (Rodrigues; Worsham; Corbin, 1982; Santos et al. 2005). Santos et al. (2005) avaliando, em laboratório, o efeito do glyphosate sobre estirpes de *Bradyrhizobium* relataram que este herbicida é prejudicial a esta bactéria e que a sua toxicidade depende da formulação comercial do herbicida. Franco et al. (2012) observaram que a aplicação de glyphosate em plântulas de soja GM induziu o acúmulo de ácido chiquímico em plantas de soja convencional não tratadas com esse herbicida, porém cultivadas no sistema hidropônico conjuntamente com o cultivar transgênico. Rodrigues; Worsham; Corbin, (1982) relataram que o glyphosate exsudado pelo trigo pode prejudicar a cultura do milho e da soja. Em campo, entretanto, acredita-se que o glyphosate exsudado por plantas tratadas com esse herbicida seja rapidamente adsorvido pelos coloides do solo, tornando-se menos disponível à solução do solo e à reabsorção pelas plantas (Rodrigues; Almeida, 2005).

Após o contato com as plantas, o glyphosate provoca sintomas como cloroses e necroses foliares, enrolamento de folhas e superbrotação (Tuffi Santos et al., 2005). Esses sintomas podem resultar em prejuízos ao crescimento do eucalipto ou mesmo a diminuição do estande, devido à morte de plantas.

Muitas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de desenvolver métodos de aplicação ou produtos que minimizem os efeitos danosos do glyphosate nas culturas. Algumas destas pesquisas já relataram que o suprimento exógeno de aminoácidos pode reduzir a inibição do crescimento em plantas atingidas por herbicidas que agem no metabolismo de aminoácidos, que é o caso do glyphosate (Jaworski, 1972; Gresshoff, 1979; Zobiole et al., 2011; Serciloto et al., 2014).

Zobiole et al. (2011), avaliando o uso de aminoácidos na recuperação de plantas de soja RR tratadas com glyphosate, observaram que o uso de aminoácidos exógenos pode ser uma estratégia para prevenir os efeitos indesejáveis deste herbicida na soja. Estes resultados confirmam os de Santos et al. (2005), que verificaram que aminoácidos aromáticos adicionados ao meio de cultura preveniram a inibição do crescimento causado pelo glyphosate, em *Bradyrhizobium japonicum*, uma vez que este microrganismo possui a enzima sensível ao glyphosate. Serciloto et al. (2014), avaliando o uso de diversos produtos na reversão de toxicidade causada por glyphosate em feijão 'carioca', concluíram que a aplicação de Codamin BR (produto à base de aminoácidos) reduziu parcialmente a toxicidade do glyphosate.

Essa busca por técnicas que reduzam os efeitos nocivos do glyphosate ao eucalipto é fundamental para melhorar a eficiência produtiva dessa cultura, vez que já se conhece os diversos prejuízos ocasionados pela deriva do glyphosate nessa planta (Tuffi Santos et al., 2005, 2006b, 2007b). Apesar de diversas pesquisas já terem comprovado o efeito de algumas substâncias na reversão dos danos causados pelo glyphosate, para o eucalipto ainda não se têm relatos dessa tecnologia.

Um produto com potencial para ser usado na proteção do eucalipto é o Fertiactyl Pós. Trata-se de um fertilizante foliar, cujo propósito é agir sobre a atividade fisiológica das plantas mantendo a sua capacidade de produzir fotoassimilados. O produto é composto por uma fração orgânica selecionada para fornecer ácidos húmicos e fúlvicos, glicina-betaína e zeatina e uma fração mineral. O Fertiactyl Pós tem sido usado para atuar na nutrição das plantas, além de reduzir os efeitos negativos do glyphosate em algumas culturas (Timac Agro, 2014).

Frente à importância do uso do glyphosate no manejo de plantas daninhas em plantações de eucalipto e da necessidade de buscar tecnologias capazes de minimizar os danos causados por este herbicida, buscou-se analisar o efeito protetor do Fertiactyl Pós em plantas de eucalipto atingidas por glyphosate em diferentes formas de aplicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, DF, 2013. 148 p.

GALON, L. et al. Características fisiológicas de biótipos de *Conyza bonariensis* resistentes ao glyphosate cultivados sob competição. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 859–866, 2013.

GRESSHOFF, P. M. Growth inhibition by glyphosate and reversal of its action by phenylalanine and tyrosine. **Functional Plant Biology**, v. 6, n. 2, p. 177–185, 1979.

JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine. Inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 20, n. 6, p. 1195–1198, 1972.

MALIK, J.; BARRY, G.; KISHORE, G. The herbicide glyphosate. **BioFactors**, v. 2, n. 1, p. 17–25, 1989.

RODRIGUES, J. J. V.; WORSHAM, A. D.; CORBIN, F. T. Exudation of glyphosate from wheat (*Triticum aestivum*) plants and its effects on interplanted corn (*Zea mays*) and soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 30, n. 3, p. 316–320, 1982.

ROSSA, Ü. B. et al. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 85–96, 2014.

SANTOS, J. B. et al. Tolerance of Bradyrhizobium strains to glyphosate formulations. **Crop Protection**, v. 24, n. 6, p. 543–547, 2005.

SERCILOTO, C. M.; CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. C. Mitigation of glyphosate side effects on non-target plants: use of different agrochemicals as protectants in common bean plants. **Ambiência**, v. 10, n. 2, p. 615–623, 2014.

SHANER, D.; BRIDGES, D. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 514–529.

SILVA, A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: Absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p. 83–148.

TAROUCO, C. P. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na fase inicial de crescimento do eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1131–1137, 2009.

TIMAC AGRO. **Dossiê Fertiactyl Pós**: Dossiê Técnico-Científico. TIMAC AGRO, 2014. Acesso em: 28 abr. 2015.

TOLEDO, R. E. B. et al. Faixas de controle de plantas daninhas e seus reflexos no crescimento de plantas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 78–92, 2003.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Exsudação radicular do glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto e na respiração microbiana do solo. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 143–152, 2005.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Intoxicação de eucalipto submetido à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 521–526, 2006.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 133–137, 2007.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Leaf anatomy and morphometry in three eucalypt clones treated with glyphosate. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 129–136, 2009.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 195–205, 2011.

## **Efeitos da exsudação radicular do glyphosate e do Fertiactyl Pós por *Urochloa brizantha* em plantas de eucalipto**

**Resumo** – A *Urochloa brizantha* apresenta a capacidade de exsudar, através das raízes, o glyphosate aplicado na parte aérea, podendo causar danos ao eucalipto. Assim, objetivou-se avaliar o efeito protetor do Fertiactyl Pós em plantas de eucalipto atingidas pela exsudação radicular do glyphosate por *U. brizantha*. Foram utilizados vasos de 10 dm<sup>3</sup> contendo uma planta de eucalipto e quatro de braquiária (*U. brizantha*). O ensaio foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 5 x 5, sendo os fatores doses de Fertiactyl Pós (0, 1, 2, 4 e 8 L ha<sup>-1</sup>) e de glyphosate (0, 360, 720, 1440 e 2160 g ha<sup>-1</sup>). No momento da aplicação, as plantas de eucalipto foram totalmente protegidas com saco de polietileno, evitando assim, o contato com a calda herbicida pulverizada. Após a aplicação, retirou-se o saco de polietileno, mas a parte aérea do eucalipto permaneceu isolada das plantas de braquiária por 5 horas. Foram realizadas avaliações fisiológicas no eucalipto aos 10, 28 e 52 dias após a aplicação (DAA). Semanalmente, avaliou-se a porcentagem de intoxicação do eucalipto. Aos 56 DAA, avaliou-se a massa de matéria seca da parte aérea e a área foliar da braquiária. Nessa mesma data, avaliou-se a altura, o diâmetro, a área foliar, o conteúdo de nutrientes nas folhas e a massa de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas de eucalipto. Não houve sintomas visuais de intoxicação do eucalipto em nenhuma das épocas avaliadas. Também não houve efeito da exsudação do herbicida sobre as demais características avaliadas, indicando que, se houve exsudação pela braquiária, ela não foi prejudicial a essa cultura. Nos tratamentos sem a aplicação do glyphosate, notou-se o desenvolvimento da braquiária que exerceu forte competição com o eucalipto. Assim, pode-se concluir que não houve efeito da exsudação radicular do glyphosate e do Fertiactyl Pós por *U. brizantha* em plantas de eucalipto. As diferenças observadas no eucalipto se deram pela competição exercida pela braquiária.

**Palavras-chave:** Planta daninha; controle químico; braquiária; produção de madeira.

**Abstract** - The *Urochloa brizantha* has to exude capacity, through the roots, glyphosate applied in the shoot, can damage the eucalypt. Thus, the objective was to evaluate the protective effect of Fertiactyl Póss in eucalypt plants affected by root exudation of glyphosate by *U. brizantha*. Pots (10 dm<sup>3</sup>) were used containing a eucalypt plant and four brachiaria (*U. brizantha*). The experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in a factorial 5 x 5, and the factors dose Fertiactyl Póss (0, 1, 2, 4 and 8 L ha<sup>-1</sup>) and glyphosate (0, 360, 720, 1440 and 2160 g ha<sup>-1</sup>). At the time of application, eucalypt plants were fully protected with polyethylene bag, avoiding contact with the sprayed herbicide. After application, withdrew from the polyethylene bag, but the eucalypt remained isolated from plants brachiaria for 5 hours. Physiological evaluations were carried out in the eucalypt at 10, 28 and 52 days after application (DAA). Every week, we assessed the percentage of intoxication eucalypt. At 56 DAA, evaluated the dry matter of shoot and leaf area of brachiaria. On the same date, evaluated the height, diameter, leaf area, the content of nutrients in the leaves and dry mass of shoots and roots of eucalypt plants. There was no visual symptoms eucalypt intoxication in any of the evaluated times. There was not effect of exudation of the herbicide on the other characteristics evaluated, indicating that if there was exudation by brachiaria, and it was not harmful to that culture. In the treatments without the application of glyphosate, it was noted the development of brachiaria who exercised strong competition with eucalypt. Thus, it can be concluded that there was no effect of root exudation of glyphosate and Fertiactyl Póss by *U. brizantha* in eucalypt plants. The differences observed in the eucalypt have taken the competition exerted by brachiaria.

**Keywords:** weed; chemical control; brachiaria; wood production.

## Introdução

O glyphosate é um herbicida amplamente utilizado no manejo das plantas daninhas na cultura do eucalipto. Ele é usado desde o preparo da área (dessecação) se estendendo até aplicações dirigidas para manutenção florestal. Trata-se de um herbicida sistêmico, não seletivo, pertencente ao grupo dos inibidores da síntese de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano) (Shaner; Bridges, 2003; Silva; Ferreira; Ferreira, 2007b).

Para exercer sua ação herbicida, o glyphosate interceptado pela planta daninha deve ser absorvido e translocado através dos tecidos vasculares até o seu o sítio de ação (Satchivi et al., 2000). Entretanto, existem algumas espécies de plantas que apresentam a capacidade de exsudar esse herbicida através das raízes, eliminando, no solo, parte do produto que foi absorvido (Rodrigues; Worsham; Corbin, 1982; Tuffi Santos et al., 2008; Machado et al., 2009).

Uma vez exsudado pela planta, o glyphosate pode ser inativado no solo ou ser absorvido pelo sistema radicular de plantas adjacentes (Rodrigues; Worsham; Corbin, 1982). Existem relatos de campo, ainda não confirmados, que essa exsudação pode estar intoxicando o eucalipto em áreas tratadas com o glyphosate. Apesar disso, alguns autores afirmam que a exsudação radicular do glyphosate não provoca intoxicação do eucalipto em condições de campo (Tuffi Santos et al., 2008; Machado et al., 2009).

Esforços têm sido realizados para evitar o contato do glyphosate com o eucalipto. Apesar disso, esse contato é frequente, causando alterações no metabolismo, redução do crescimento, má formação do fuste e até a morte das plantas (Machado et al., 2009, 2010; Tuffi Santos et al., 2005, 2006, 2007a, 2007b, 2009). Uma das formas de reduzir ou reverter os efeitos deletérios do glyphosate é a utilização de antídotos à base de aminoácidos (Jaworski, 1972; Gresshoff, 1979; Zobiolo et al., 2011; Serciloto et al., 2014). Estes produtos podem atuar suprindo o déficit de aminoácidos provocado pela ação do glyphosate, fazendo com que as plantas tratadas mantenham seu metabolismo (Serciloto et al., 2014).

O uso de aminoácidos na recuperação de plantas de soja tratadas com glyphosate pode ser uma estratégia para prevenir os efeitos indesejáveis deste herbicida (Zobiolo et al., 2011). Estes resultados confirmam os de Santos et al.

(2005), que observaram que aminoácidos aromáticos adicionados ao meio de cultura preveniram a inibição do crescimento causado pelo glyphosate, em *Bradyrhizobium japonicum*, uma vez que este microrganismo possui a enzima sensível ao glyphosate. O uso de Codamin BR (produto à base de aminoácidos) também reduziu a toxicidade do glyphosate em feijão “carioca” (Serciloto et al., 2014).

Um dos produtos com capacidade de redução dos danos do glyphosate é o Fertiactyl Pós. Trata-se de um fertilizante foliar, cujo propósito é agir sobre a atividade fisiológica das plantas mantendo a sua capacidade de produzir fotoassimilados, mesmo diante do estresse provocado pelo glyphosate. Esse produto já teve seu efeito protetor relatado para a cultura da soja tratada com glyphosate (Timac Agro, 2014). Apesar de já ser empregado em cultivos comerciais no Brasil, ainda não existem relatos do uso desse produto visando reduzir ou reverter os danos causados pelo contato do glyphosate com o eucalipto. Assim, frente aos relatos de danos causados pela exsudação radicular do glyphosate e da necessidade de proteger o eucalipto do contato com esse herbicida, torna-se necessário, avaliar o efeito protetor do Fertiactyl Pós em plantas de eucalipto atingidas pela exsudação radicular do glyphosate por *Urochloa brizantha*.

## **Material e métodos**

Sementes de braquiária (*U. brizantha*) e mudas padronizadas de eucalipto (clone GG100), com aproximadamente 30 cm de altura foram plantadas em vasos de 10 dm<sup>3</sup> preenchidos com solo proveniente da região de Viçosa, corrigido e adubado conforme a análise de solo (Quadro 1) e recomendação para a cultura.

**Quadro 1** - Características químicas e físicas do solo usado no experimento em Viçosa-MG

| Análise química                                 |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
|---|---------------------|----------------------|------------------------------------|------------------|---------------------|------|------|---------|---------|
| pH  | P                   | K                    | Ca <sup>2+</sup>                   | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup>    | H+Al | SB   | CTC (t) | CTC (T) |
| H <sub>2</sub> O                                | mg dm <sup>-3</sup> |                      | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                  |                     |      |      |         |         |
| 4,4   | 1,2                 | 70                   | 1,7                                | 0,4              | 0,3                 | 3,96 | 2,28 | 2,58    | 6,24    |
| V   | m                   | MO                   | P-rem                              | Zn               | Fe                  | Mn   | Cu   | B       |         |
| %   |                     | dag Kg <sup>-1</sup> | mg L <sup>-1</sup>                 |                  | mg dm <sup>-3</sup> |      |      |         |         |
| 37  | 12                  | 1,65                 | 20                                 | 1                | 75,3                | 28,9 | 1,5  | 0,2     |         |
| Análise física                                  |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
| Análise granulométrica e classificação textural |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
| Argila  | Silte               | Areia                | Classificação textural             |                  |                     |      |      |         |         |
| %   |                     |                      | Argiloso                           |                  |                     |      |      |         |         |
| 49  | 10                  | 41                   |                                    |                  |                     |      |      |         |         |

Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos Viçosa Ltda. pH: em água, relação 1:2,5. P-K: Extrator Mehlich 1. Ca-Mg e Al: extrator KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>. H + Al: extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0. SB: soma de bases trocáveis. CTC (t): Capacidade de troca catiônica efetiva. CTC (T): capacidade de troca catiônica a pH 7,0. v: saturação de bases. m: saturação de alumínio. MO: matéria orgânica = C.org x 1,724 – Walkley-Black.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, sendo cada vaso com uma planta de eucalipto e quatro de braquiárias considerado uma parcela experimental. O ensaio foi instalado em esquema fatorial 5 x 5, sendo os fatores doses de Fertiactyl Pós (0, 1, 2, 4 e 8 L ha<sup>-1</sup>) e doses de glyphosate (0, 360, 720, 1440 e 2160 g ha<sup>-1</sup>). As doses de glyphosate correspondem respectivamente a 0; 0,5, 1, 2 e 3 Kg ha<sup>-1</sup> do produto comercial Scout® (glyphosate sal de amônio). Os tratamentos foram aplicados 80 dias após o transplântio das mudas, quando as plantas apresentavam altura média de 60,6 cm e diâmetro médio de 7,75 mm.

Para a aplicação, foi utilizado um pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub> com pressão constante, munido de barra com duas pontas tipo leque TTI 11002, espaçados de 0,5 m entre si, operando a 250 kPa de pressão e aplicando o volume de calda correspondente a 150 L ha<sup>-1</sup>. No momento da aplicação a temperatura ambiente era 22°C, a umidade relativa do ar 66% e a velocidade do vento 1,5 Km h<sup>-1</sup>. Durante a aplicação as plantas de eucalipto foram totalmente protegidas com saco de polietileno, evitando assim, o contato com a calda herbicida pulverizada (Figura 1). Logo após a aplicação das misturas (glyphosate + Fertiactyl Pós), retirou-se o saco de polietileno, mas a parte aérea do eucalipto permaneceu isolada das plantas de braquiária por 5 horas. Após a aplicação, as

folhas da braquiária permaneceram protegidas do contato com água da irrigação durante 24 horas, visando evitar a lavagem do produto.



**Figura 1** – Proteção aplicada às plantas de eucalipto no momento da aplicação dos tratamentos.

Semanalmente, foi determinado a porcentagem de intoxicação do eucalipto, atribuindo-se notas variando de zero (sem sintomas) a cem (morte da planta).

Aos 10, 28 e 52 DAA foram realizadas avaliações das taxas de trocas gasosas através de um analisador de gás infravermelho (IRGA), portátil, modelo LI-6400 XT. As leituras com o IRGA foram realizadas entre 8h e 11h em uma folha completamente expandida no terço superior de cada planta. Foi avaliada a taxa fotossintética ( $A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e calculada a eficiência do uso da água ( $WUA - \text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ) a partir dos valores de quantidade de  $\text{CO}_2$  fixado pela fotossíntese e quantidade de água transpirada.

Aos 56 DAA foram avaliados a massa de matéria seca da parte aérea e a área foliar da braquiária. Nessa data, avaliou-se ainda a altura, o diâmetro (1 cm da superfície do solo), as massas de matéria seca da parte aérea e das raízes, além da área foliar das plantas de eucalipto. Separadamente, caules, folhas e raízes foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa com circulação forçada de ar ( $65 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) até atingir massa constante. Após determinação da massa seca, foram estimados os conteúdos de nutrientes nas

folhas. Para isso, uma amostra de folhas de cada planta foi coletada e submetida para análise em laboratório. Após a quantificação dos teores na amostra, estimaram-se os conteúdos dos nutrientes nas folhas através da seguinte equação:

$$C = (T \times 10) \times \left( \frac{MSF}{1000} \right)$$

em que:

*C* – conteúdo do nutriente nas folhas (g planta<sup>-1</sup>);

*T* – Teor do nutriente amostrado nas folhas (dag Kg<sup>-1</sup>);

*MSF* – Massa de matéria seca de folhas (g planta<sup>-1</sup>).

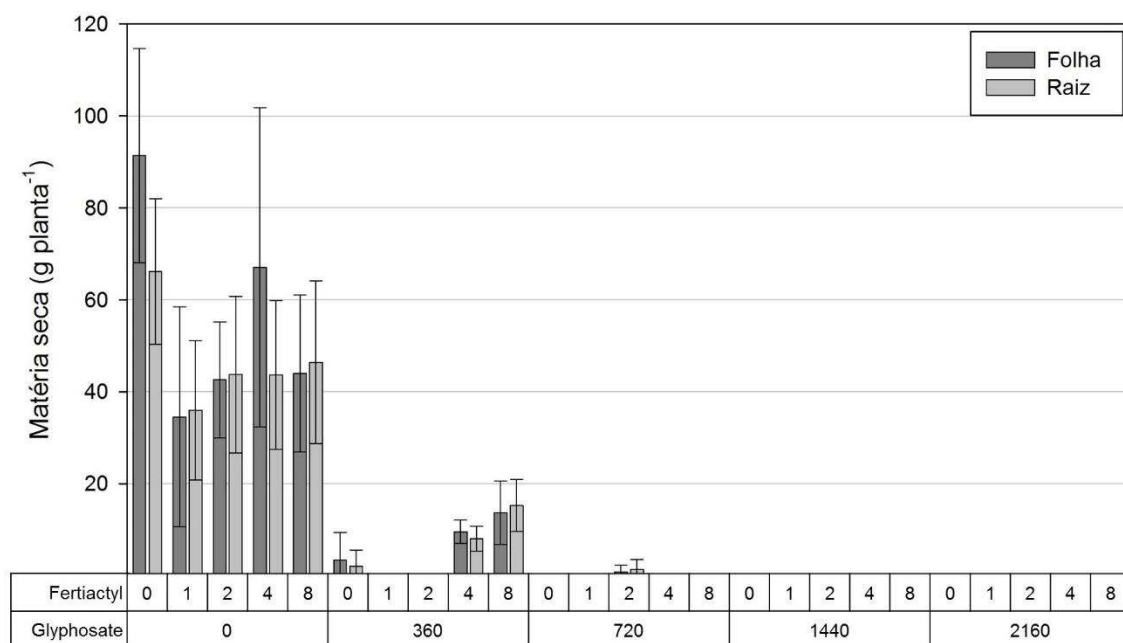
Os dados de massa de matéria seca e área foliar da braquiária foram analisados descritivamente. Os demais dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, se significativos, foram ajustadas equações de regressão.

## **Resultados e discussão**

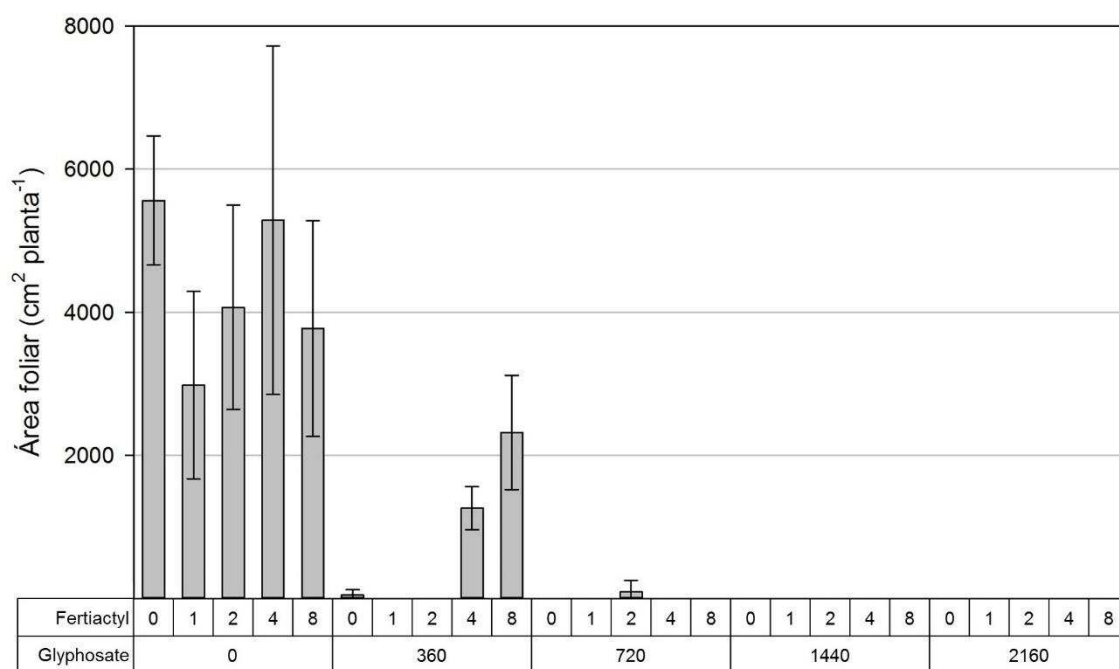
Não houve sintomas visuais de intoxicação do eucalipto em nenhuma das épocas avaliadas. Isso sugere que, se houve exsudação radicular do glyphosate pela braquiária, ela aconteceu em pequenas quantidades ou o glyphosate exsudado foi inativado no solo. Acredita-se que quando o glyphosate atinge o solo, ele seja sorvido instantaneamente pela fração mineral do solo (Tuffi Santos et al., 2005; Silva; Ferreira; Ferreira, 2007b) com posterior degradação microbiana (Rueppel et al., 1977). Em condições de campo, o glyphosate exsudado por plantas de eucalipto intoxicadas ou tratadas com glyphosate, no caso do controle da rebrota das cepas, é rapidamente adsorvido pelos colóides do solo (Shoval; Yariv, 1979; Glass, 1987), tornando-se menos disponível à solução do solo e à reabsorção por plantas. Os resultados desta pesquisa corroboram com os de Tuffi Santos et al. (2005 e 2008) e permitem afirmar que a exsudação radicular do glyphosate pelas plantas daninhas não é a causa das injúrias observadas no campo em plantas de eucalipto.

Em relação à braquiária, o uso do glyphosate, mesmo na menor dose (360 g ha<sup>-1</sup>), foi suficiente para retardar seu crescimento. Nas doses de 1440 e 2160 g ha<sup>-1</sup>, o glyphosate controlou completamente a braquiária, independente

do uso ou não do Fertiactyl Pós (Figuras 2 e 3). A aplicação de 360 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate não promoveu o completo controle da braquiária e, o uso dessa dose combinada com 4 ou 8 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós prejudicou ainda mais esse controle, indicando haver um efeito protetor do Fertiactyl Pós na braquiária (Figuras 2 e 3).

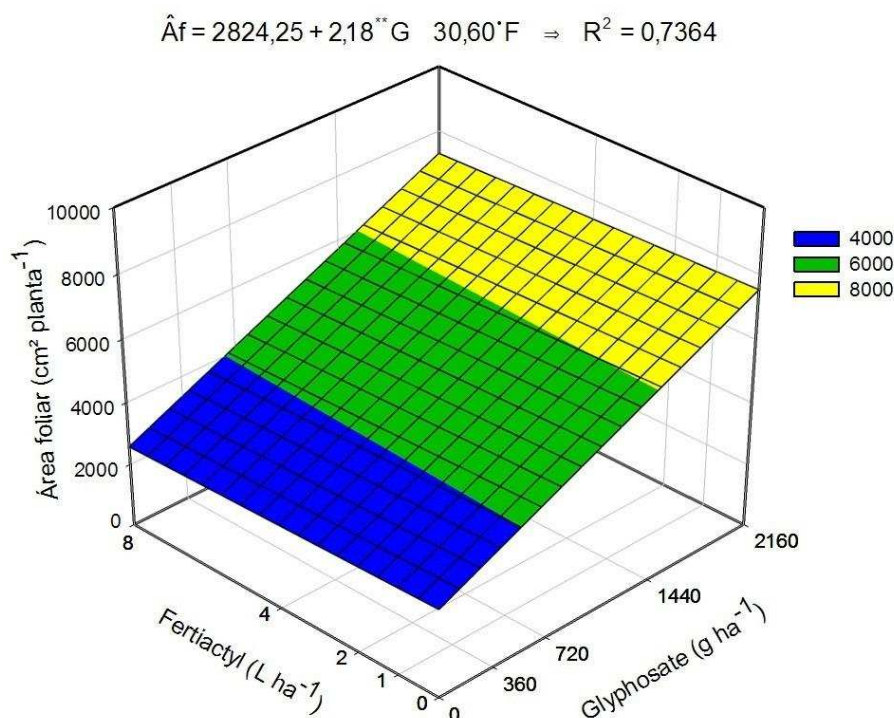


**Figura 2** - Massa da matéria seca das plantas de braquiária tratadas com o glyphosate (g ha<sup>-1</sup>) em mistura com o Fertiactyl Pós (L ha<sup>-1</sup>), aos 56 DAA.

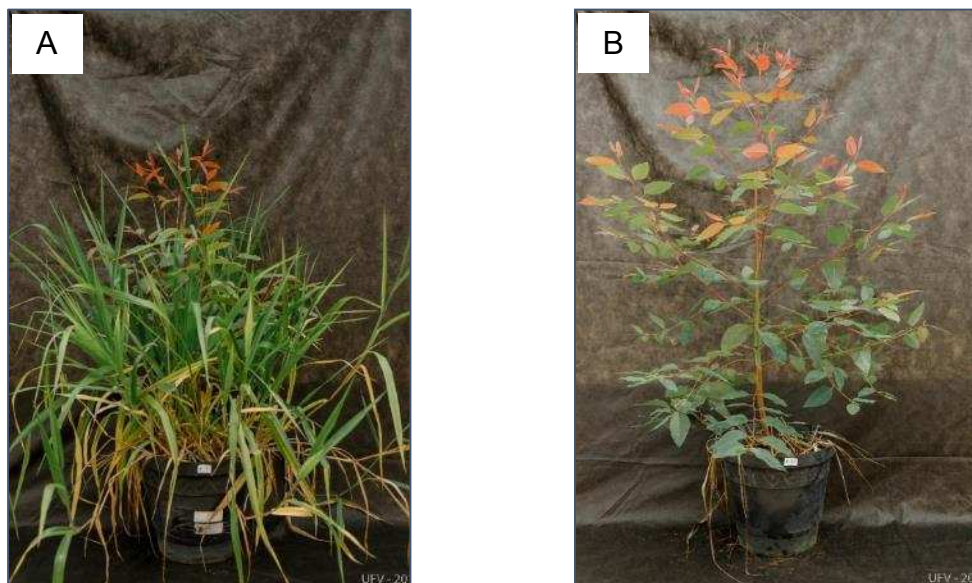


**Figura 3** - Área foliar das plantas de braquiária tratadas com o glyphosate (g ha<sup>-1</sup>) em mistura com o Fertiactyl Pós (L ha<sup>-1</sup>), aos 56 DAA.

Analisando a área foliar do eucalipto, observou-se que o uso de doses crescentes do Fertiactyl Pós não influenciou esta característica. Entretanto, o aumento na dose do glyphosate resultou em maior área foliar dessas plantas (Figura 4). Esse acréscimo na área foliar se justifica pelo controle da braquiária exercido pelo glyphosate e, assim, minimizando os efeitos da competição causada por essa planta daninha no eucalipto (Figura 5). Nos estágios iniciais de crescimento, a *U. brizantha* é mais competitiva que o eucalipto (Silva et al., 2000). Assim, é necessário manejar essa planta daninha para evitar os danos que ela pode causar nessa cultura. Machado et al. (2013) relatam que, para minimizar os danos da competição da braquiária, no primeiro ano de cultivo, é necessário manter essa planta daninha afastada a uma distância mínima de um metro do eucalipto.

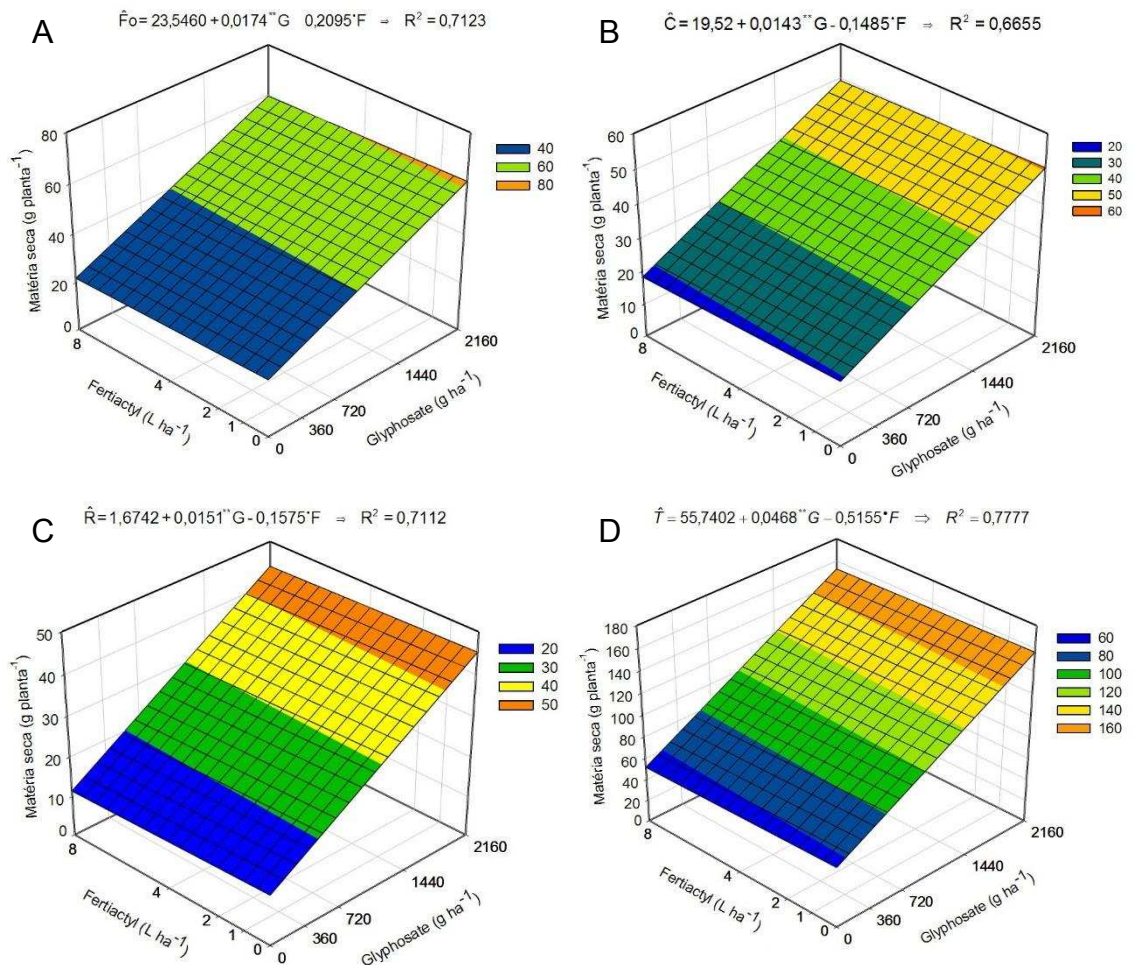


**Figura 4** - Estimativa da área foliar de plantas de eucalipto submetidas à possível exsudação radicular do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós por *Urochloa brizantha*, aos 56 DAA.

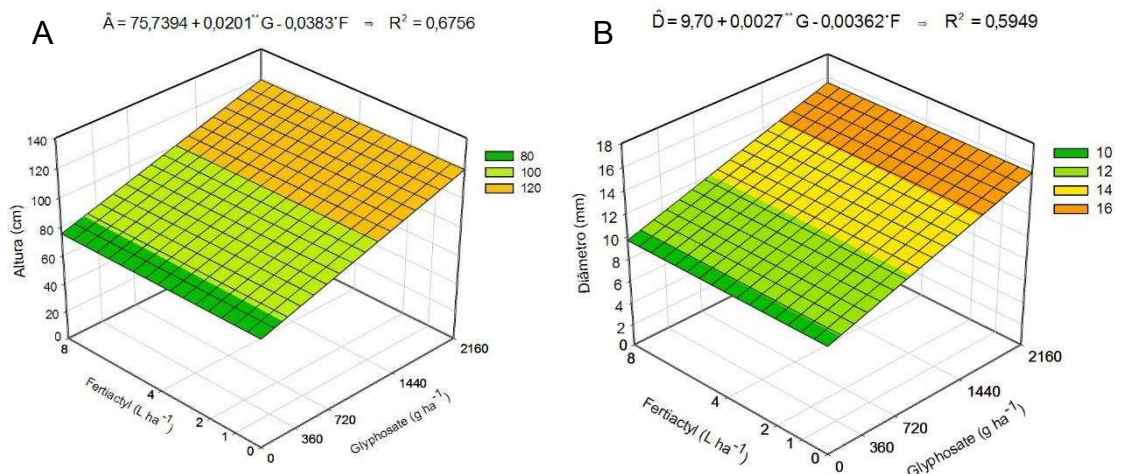


**Figura 5** – Unidades experimentais, aos 49 DAA, sem a aplicação do glyphosate (A) e com a aplicação de 2160 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate (B).

Os dados da estimativa da massa de matéria seca de folhas, caule, raízes e total (Figura 6), em conjunto com a altura e o diâmetro das plantas de eucalipto (Figura 7) confirmam os resultados descritos para a área foliar. Isso comprova que o glyphosate aplicado sobre a braquiária foi benéfico ao crescimento do eucalipto por controlar essa planta daninha e, se houve exsudação deste herbicida pela braquiária, esta não foi prejudicial ao eucalipto.



**Figura 6** - Estimativas das massas da matéria seca de folhas (A), caule (B), raízes (C) e total (D) de plantas de eucalipto submetidas à possível exsudação radicular do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós por *Urochloa brizantha*, aos 56 DAA.

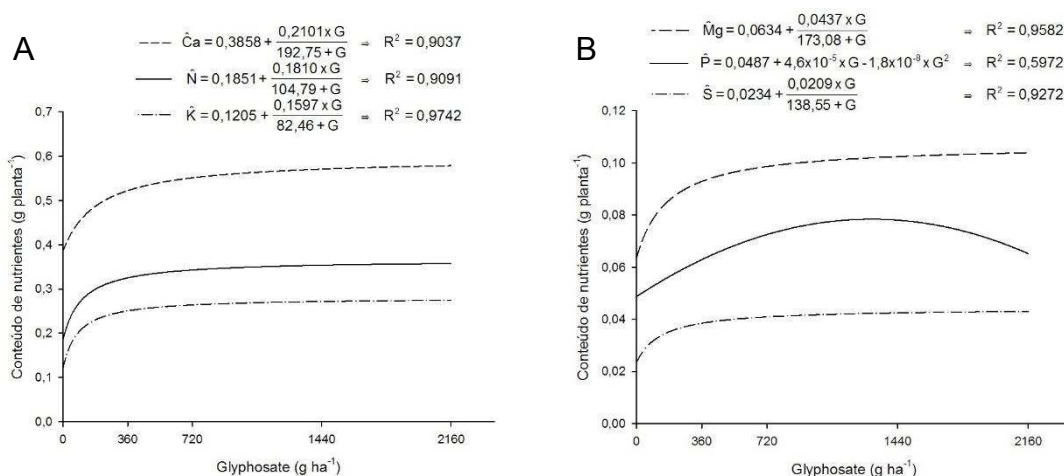


**Figura 7** - Estimativas da altura (A) e diâmetro (B) de plantas de eucalipto submetidas à possível exsudação radicular do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós por *Urochloa brizantha*, aos 56 DAA.

Assim como as características de crescimento, o conteúdo dos nutrientes nas folhas do eucalipto foi influenciado apenas pelo uso do glyphosate. Os

nutrientes N, K, S, Ca e Mg apresentaram mesmo tipo de resposta em relação ao aumento na dose desse herbicida. A menor dose do glyphosate (360 g ha<sup>-1</sup>) promoveu aumento significativo no conteúdo desses nutrientes nas folhas em relação à testemunha. A partir dessa dose, o incremento desses conteúdos não foi expressivo (Figura 8).

O conteúdo de fósforo nas folhas também foi afetado pelo uso do glyphosate, mas diferentemente dos demais nutrientes avaliados, o fósforo apresentou resposta quadrática para doses do glyphosate, com estimativa máxima proporcionada pela dose 1278 g ha<sup>-1</sup> desse herbicida (Figura 8B).

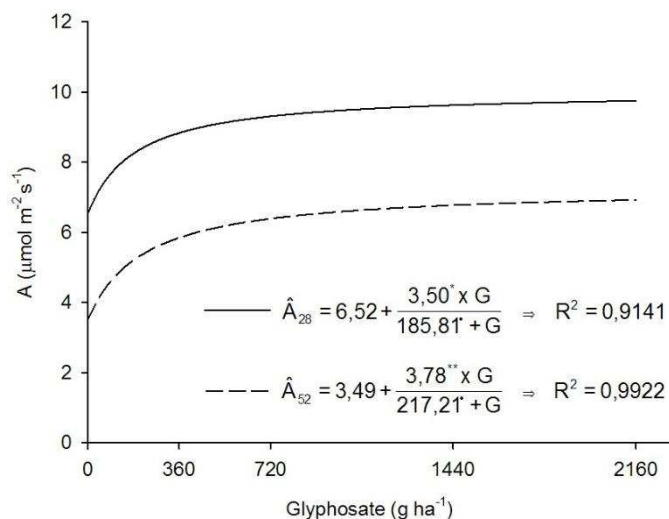


**Figura 8** - Estimativas dos conteúdos de nitrogênio, cálcio, potássio (A), magnésio, fósforo e enxofre (B) nas folhas de eucalipto submetidas à possível exsudação radicular do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós por *Urochloa brizantha*, aos 56 DAA.

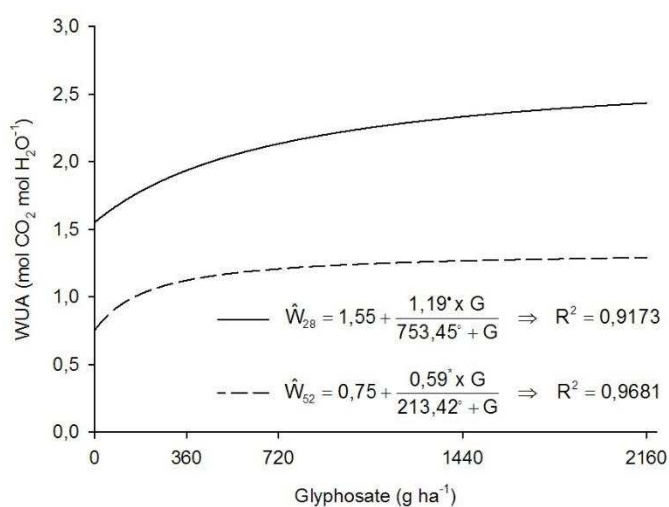
Não foram observadas diferenças entre as características fisiológicas avaliadas aos 10 DAA. Nas demais épocas, os tratamentos que receberam a aplicação do glyphosate apresentaram taxas fotossintéticas mais altas (Figura 9). A menor dose do herbicida (360 g ha<sup>-1</sup>) promoveu estimativa de taxa fotossintética 26% e 40% maior que a testemunha (0 g ha<sup>-1</sup>), respectivamente aos 28 e 52 DAA. Doses superiores a 360 g ha<sup>-1</sup> não resultaram em incrementos significativos da taxa fotossintética em relação a esta dose (Figura 9). As respostas da taxa fotossintética em relação às doses do glyphosate foram similares à eficiência no uso da água (Figura 10).

A eficiência do uso da água é caracterizada como a quantidade de água evapotranspirada por uma planta para a produção de certa quantidade de matéria seca. Dessa forma, plantas mais eficientes no uso da água produzem mais matéria seca por grama de água transpirada (Baptista et al., 2001). Como

o uso do glyphosate resultou em plantas de eucalipto com maior eficiência no uso da água, fica claro que a prevenção da competição com a braquiária permite melhores condições fisiológicas para o eucalipto, resultando em plantas com maior potencial de crescimento.



**Figura 9** - Estimativa da taxa fotossintética ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em plantas de eucalipto submetidas à possível exsudação radicular do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós por *Urochloa brizantha*.



**Figura 10** - Estimativa da eficiência no uso da água em plantas de eucalipto submetidas à possível exsudação radicular do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós por *Urochloa brizantha*.

Todas as características avaliadas no trabalho seguem mesma tendência, mostrando a coerência dos resultados e confirmando os efeitos destes produtos sobre as plantas de eucalipto.

## Conclusões

Não houve efeito da exsudação radicular do glyphosate e do Fertiactyl Pós por *U. brizantha* em plantas de eucalipto.

As diferenças observadas no eucalipto se deram pela competição exercida pela *U. brizantha*.

## Referências bibliográficas

BAPTISTA, J. M. et al. Programa nacional para o uso eficiente da água. **Lisboa: Instituto Superior de Agronomia**, p. 212, 2001.

FERREIRA, E. A. et al. Distribuição de glyphosate e acúmulo de nutrientes em biótipos de azevém. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 165–173, 2008.

FRANCO, D. A. S. et al. Avaliação do uso de glyphosate em soja geneticamente modificada e sua relação com o ácido chiquímico. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 659–666, 2012.

GLASS, R. L. Adsorption of glyphosate by soils and clay minerals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 35, n. 4, p. 497–500, 1987.

GRESSHOFF, P. M. Growth inhibition by glyphosate and reversal of its action by phenylalanine and tyrosine. **Functional Plant Biology**, v. 6, n. 2, p. 177–185, 1979.

JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine. Inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 20, n. 6, p. 1195–1198, 1972.

MACHADO, A. F. L. et al. Absorção, translocação e exsudação radicular de glyphosate em clones de eucalipto. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 549–554, 2009.

MACHADO, A. F. L. et al. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 319–327, 2010.

MACHADO, M. S. et al. Eucalypt growth in silvopastoral system under different crown diameters. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 851–857, 2013.

- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. R. **Guia de herbicidas**. 5. ed., Londrina: Edição dos Autores, 2005. 591 p.
- RODRIGUES, J. J. V.; WORSHAM, A. D.; CORBIN, F. T. Exudation of glyphosate from wheat (*Triticum aestivum*) plants and its effects on interplanted corn (*Zea mays*) and soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 30, n. 3, p. 316–320, 1982.
- RUEPPEL, M. L. et al. Metabolism and degradation of glyphosate in soil and water. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 25, n. 3, p. 517–528, 1977.
- SANTOS, J. B. et al. Tolerance of Bradyrhizobium strains to glyphosate formulations. **Crop Protection**, v. 24, n. 6, p. 543–547, 2005.
- SATCHIVI, N. M. et al. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science**, v. 48, n. 6, p. 675–679, 2000.
- SERCILOTO, C. M.; CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. DE C. E. Mitigation of glyphosate side effects on non-target plants: use of different agrochemicals as protectants in common bean plants. **Ambiência**, v. 10, n. 2, p. 615–623, 2014.
- SHANER, D.; BRIDGES, D. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 514–529.
- SHOVAL, S.; YARIV, S. The interaction between roundup (glyphosate) and montmorillonite. Part I, Infrared study of the sorption of glyphosate by montmorillonite. **Clays and Clay Minerals**, v. 27, n. 1, p. 19–28, 1979.
- SILVA, A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: Absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p. 83–148.
- SILVA, W. D. et al. Transpiratory rate of eucalypt seedlings in response to water levels in the soil and to association with brachiaria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 923–928, 2000.
- TIMAC AGRO. **Dossiê Fertiactyl Pós**: Dossiê Técnico-Científico. TIMAC AGRO, 2014. Acesso em: 28 abr. 2015.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Exsudação radicular do glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto e na respiração microbiana do solo. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 143–152, 2005.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 359–364, 2006a.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Intoxicação de eucalipto submetido à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 521–526, 2006b.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 133–137, 2007a.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Crescimento e concentração de nutrientes na parte aérea de eucalipto sob efeito da deriva do glyphosate. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 347–352, 2007b.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Exsudação radicular de glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 369–374, 2008.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Leaf anatomy and morphometry in three eucalypt clones treated with glyphosate. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 129–136, 2009.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 195–205, 2011.

## **Uso do Fertiactyl Pós na proteção do eucalipto atingido glyphosate**

**Resumo** – A deriva do glyphosate no eucalipto pode causar sérios danos a essa cultura e uma alternativa para reduzir estes danos é a utilização de antídotos capazes de proteger o eucalipto. Assim, objetivou-se avaliar a eficiência do Fertiactyl Pós na proteção de plantas de eucalipto atingidas pelo glyphosate. O ensaio foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 5, sendo os fatores doses de Fertiactyl Pós (0, 1, 2, 4 e 8 L ha<sup>-1</sup>) e de glyphosate (0, 360, 720, 1440 e 2160 g ha<sup>-1</sup>). Os tratamentos foram aplicados de modo que as caldas não atingiram o terço superior das plantas. Avaliou-se a porcentagem de intoxicação do eucalipto aos 7, 28 e 49 dias após a aplicação (DAA). Aos 56 DAA, avaliou-se a altura, a área foliar, o conteúdo de nutrientes nas folhas e a massa da matéria seca da parte aérea e raízes das plantas. Maiores doses do glyphosate (1440 e 2160 g ha<sup>-1</sup>) sem o uso do Fertiactyl Pós provocaram níveis de intoxicação acima de 90% aos 28 e 49 DAA. A combinação de 2160 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate com 8,0 L ha<sup>-1</sup> de Fertiactyl Pós resultou em estimativa de matéria seca total do eucalipto 7% maior que a testemunha e 97% maior que 2160 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate sem o Fertiactyl Pós. Conclui-se que o Fertiactyl Pós foi eficiente na supressão dos efeitos deletérios do glyphosate sobre plantas de eucalipto atingidas por esse herbicida.

**Palavras-chave:** Antídotos; controle químico; planta daninha, tecnologia de aplicação.

**Abstract** - The glyphosate drift on eucalypt can cause serious damage to this culture and a way of reducing this damage is the use of antidotes able to protect eucalypt. The objective was to evaluate the Fertiactyl Pó's efficiency in eucalypt protection affected by glyphosate. The experiment was conducted in a completely randomized design with four replications in a factorial 5 x 5, and the factors dose Fertiactyl Pó's (0, 1, 2, 4 and 8 L ha<sup>-1</sup>) and glyphosate (0, 360, 720, 1440 and 2160 g ha<sup>-1</sup>). Treatments were applied so that the herbicide does not reach the top of the plants. We evaluated the percentage of eucalypt intoxication at 7, 28 and 49 days after application (DAA). At 56 DAA, evaluated the height, leaf area, the content of nutrients in the leaves and dry matter of shoots and roots of plants. Higher doses of glyphosate (1440 and 2160 g ha<sup>-1</sup>) without the use of the Fertiactyl Pó's caused intoxication above 90% at 28 and 49 DAA. The combination of 2160 g ha<sup>-1</sup> of glyphosate with 8 L ha<sup>-1</sup> Fertiactyl Pó's resulted in estimated total dry matter eucalypt 7% higher than the control, and 97% higher than 2160 g ha<sup>-1</sup> of glyphosate without Fertiactyl Pó's. We conclude that the Fertiactyl Pó's was efficient in suppressing the harmful effects of glyphosate on eucalypt affected by this herbicide.

**Keywords:** antidotes; chemical control; weed; application technology.

## Introdução

O glyphosate é o principal herbicida usado no manejo de plantas daninhas na cultura do eucalipto. É um herbicida sistêmico e não seletivo, empregado em aplicações dirigidas através de pulverizadores de barra protegida (tipo conceição) ou de pulverizadores costais. Mesmo se adotando os devidos cuidados com a tecnologia de aplicação, ainda são frequentes os casos de intoxicação do eucalipto, provocados pelo contato indesejado com este herbicida. Esse contato se dá, principalmente, devido às dificuldades operacionais destas aplicações (Tiburcio et al., 2012).

Uma alternativa para reduzir os danos causados pelo glyphosate é a utilização de antídotos que protejam o eucalipto. Ray (1984) demonstrou que a adição de valina e isoleucina a herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS), como o chlorsulfuron, reverteu completamente a inibição do crescimento de raízes de ervilha (*Pisum sativum* var. Alaska). Shaner & Reider (1986), usando os mesmos aminoácidos, notaram a reversão da inibição do crescimento de milho, causada pelo herbicida imazapyr. Silva et al. (2011), usando o fluxofenim como protetor do herbicida S-metolachlor para o trigo, observaram que a cultivar testada apresentou aumento na atividade enzimática quando se utilizou esse protetor antes da aplicação do herbicida.

Para o glyphosate, a adição de aminoácidos aromáticos ao meio de cultura preveniu a inibição do crescimento de *B. japonicum*, uma vez que este microrganismo possui a enzima sensível ao glyphosate (Santos et al., 2005). A aplicação de sacarose a 2% em plantas de café, uma semana após a pulverização de glyphosate, reverteu a toxicidade causada por este herbicida (Martim, 2003). O uso de AminoPlus® (produto à base de aminoácidos) também reduziu os sintomas de toxicidade em soja resistente ao glyphosate (Zobiolo et al., 2011).

Um produto com possível efeito na proteção de plantas de eucalipto atingidas pelo glyphosate é o Fertiactyl Pós® (Timac Agro, 2014). Relatos de campo indicam que este produto tem sido eficiente na proteção de algumas culturas atingidas por este herbicida. Ele é um fertilizante foliar, a base de aminoácidos, cujo propósito é agir sobre a atividade fisiológica das plantas mantendo sua capacidade de produzir fotoassimilados.

Apesar de já ter sido estudado para diversas culturas, o uso de antídotos na prevenção dos danos do glyphosate ainda não é uma realidade para o eucalipto. Devido a importância desse herbicida nessa cultura e às dificuldades operacionais de se evitar o contato indesejado do glyphosate durante as aplicações, torna-se necessário a busca de alternativas que sejam eficientes na proteção dessa planta. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a eficiência do Fertiactyl Pós na proteção de plantas de eucalipto atingidas pelo glyphosate.

## Material e métodos

Mudas padronizadas de eucalipto (clone GG100), com aproximadamente 30 cm de altura foram plantadas em vasos de 10 dm<sup>3</sup> preenchidos com solo proveniente da região de Viçosa, corrigido e adubado conforme a análise de solo (Quadro 1) e recomendação para a cultura.

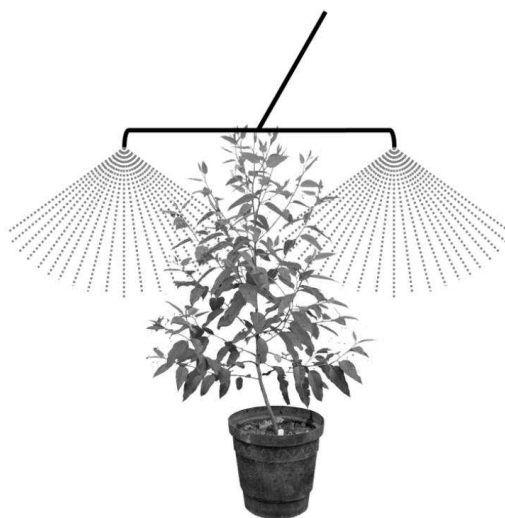
**Quadro 1** - Características químicas e físicas do solo usado no experimento em Viçosa-MG

| Análise química                                 |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
|---|---------------------|----------------------|------------------------------------|------------------|---------------------|------|------|---------|---------|
| pH  | P                   | K                    | Ca <sup>2+</sup>                   | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup>    | H+Al | SB   | CTC (t) | CTC (T) |
| H <sub>2</sub> O                                | mg dm <sup>-3</sup> |                      | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                  |                     |      |      |         |         |
| 4,4   | 1,2                 | 70                   | 1,7                                | 0,4              | 0,3                 | 3,96 | 2,28 | 2,58    | 6,24    |
| V   | m                   | MO                   | P-rem                              | Zn               | Fe                  | Mn   | Cu   | B       |         |
| %   |                     | dag Kg <sup>-1</sup> | mg L <sup>-1</sup>                 |                  | mg dm <sup>-3</sup> |      |      |         |         |
| 37  | 12                  | 1,65                 | 20                                 | 1                | 75,3                | 28,9 | 1,5  | 0,2     |         |
| Análise física                                  |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
| Análise granulométrica e classificação textural |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
| Argila  | Silte               | Areia                | Classificação textural             |                  |                     |      |      |         |         |
| %   |                     |                      | Argiloso                           |                  |                     |      |      |         |         |
| 49  | 10                  | 41                   |                                    |                  |                     |      |      |         |         |

Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos Viçosa Ltda. pH: em água, relação 1:2,5. P-K: Extrator Mehlich 1. Ca-Mg e Al: extrator KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>. H + Al: extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0. SB: soma de bases trocáveis. CTC (t): Capacidade de troca catiônica efetiva. CTC (T): capacidade de troca catiônica a pH 7,0. v: saturação de bases. m: saturação de alumínio. MO: matéria orgânica = C.org x 1,724 – Walkley-Black.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada vaso, contendo uma planta, considerado uma parcela experimental. O ensaio foi instalado em esquema fatorial 5 x 5, sendo os fatores doses de Fertiactyl Pós (0, 1, 2, 4 e 8 L ha<sup>-1</sup>) e de glyphosate (0, 360, 720, 1440 e 2160 g ha<sup>-1</sup>). As doses de glyphosate correspondem respectivamente a 0; 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 Kg ha<sup>-1</sup> do produto comercial Scout® (Glyphosate sal de amônio). Os tratamentos foram aplicados 80 dias após o transplântio das mudas de modo

que as caldas não atingiram o terço superior das plantas (Figura 1). Nesta ocasião as plantas apresentavam altura média de 60,6 cm e diâmetro médio de 7,75 mm.



**Figura 1** – Esquema da aplicação do Fertiactyl Pós e do glyphosate nas plantas de eucalipto.

Para a aplicação dos produtos foi utilizado um pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub> com pressão constante, munido de barra com duas pontas tipo leque TTI 11002, espaçados de 0,5 m entre si, 250 kPa de pressão e volume de calda correspondente a 150 L ha<sup>-1</sup>. No momento da aplicação a temperatura ambiente era 22°C, a umidade relativa do ar 66% e a velocidade do vento 1,5 Km h<sup>-1</sup>. Após a aplicação, as folhas das plantas permaneceram protegidas do contato com água da irrigação durante 24 horas, visando evitar a lavagem do produto.

Aos 7, 28 e 49 dias após a aplicação (DAA) foi determinado a porcentagem de intoxicação, atribuindo-se notas variando de zero (sem sintomas) a cem (morte da planta).

Aos 56 DAA foram avaliados a altura, as massas de matéria seca da parte aérea e das raízes, além da área foliar das plantas. Separadamente, caules, folhas e raízes foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa com circulação forçada de ar (65 ± 3 °C) até atingir massa constante. Após determinação da massa seca, foram estimados os conteúdos de nutrientes nas folhas. Para isso, uma amostra de folhas de cada planta foi coletada e submetida para análise em laboratório. Após a quantificação dos teores na amostra,

estimaram-se os conteúdos dos nutrientes nas folhas através da seguinte equação:

$$C = (T \times 10) \times \left( \frac{MSF}{1000} \right)$$

em que:

C – conteúdo do nutriente nas folhas (g planta<sup>-1</sup>);

T – Teor do nutriente amostrado nas folhas (dag Kg<sup>-1</sup>);

MSF – Massa de matéria seca de folhas (g planta<sup>-1</sup>).

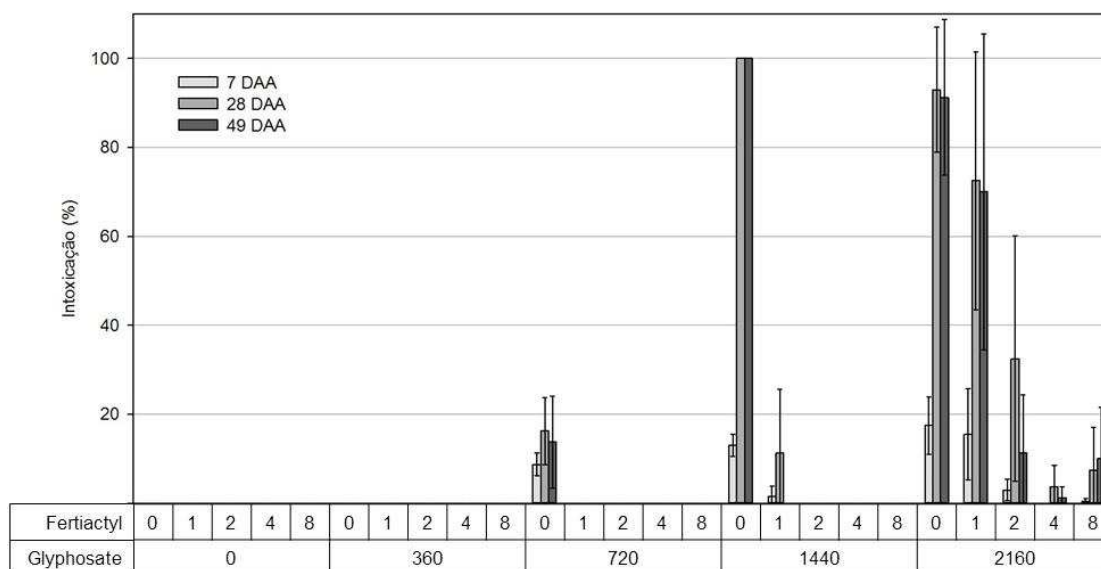
Os dados de intoxicação do eucalipto foram analisados descritivamente, os demais dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, se significativos, foram ajustadas equações de regressão.

### Resultados e discussão

O uso do Fertiactyl Pós reduziu os efeitos fitotóxicos do glyphosate (Figura 2). A utilização das maiores doses do glyphosate (1440 e 2160 g ha<sup>-1</sup>) sem o uso do Fertiactyl Pós provocaram níveis de intoxicação acima de 90%, aos 28 e 49 DAA (Figura 3). Esse nível de intoxicação é extremamente prejudicial ao eucalipto. Tuffi Santos et al. (2007), avaliando os efeitos da deriva de glyphosate no crescimento e na produção de madeira de eucalipto, relataram que apesar de se recuperarem visualmente, plantas com níveis de intoxicação superiores a 21% apresentaram menor estimativa de volume de madeira aos 360 DAA.



**Figura 2** – Plantas de eucalipto tratadas com 2160 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate: sem o Fertiactyl Pós (A) ou em mistura com 8 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós (B), aos 49 DAA.

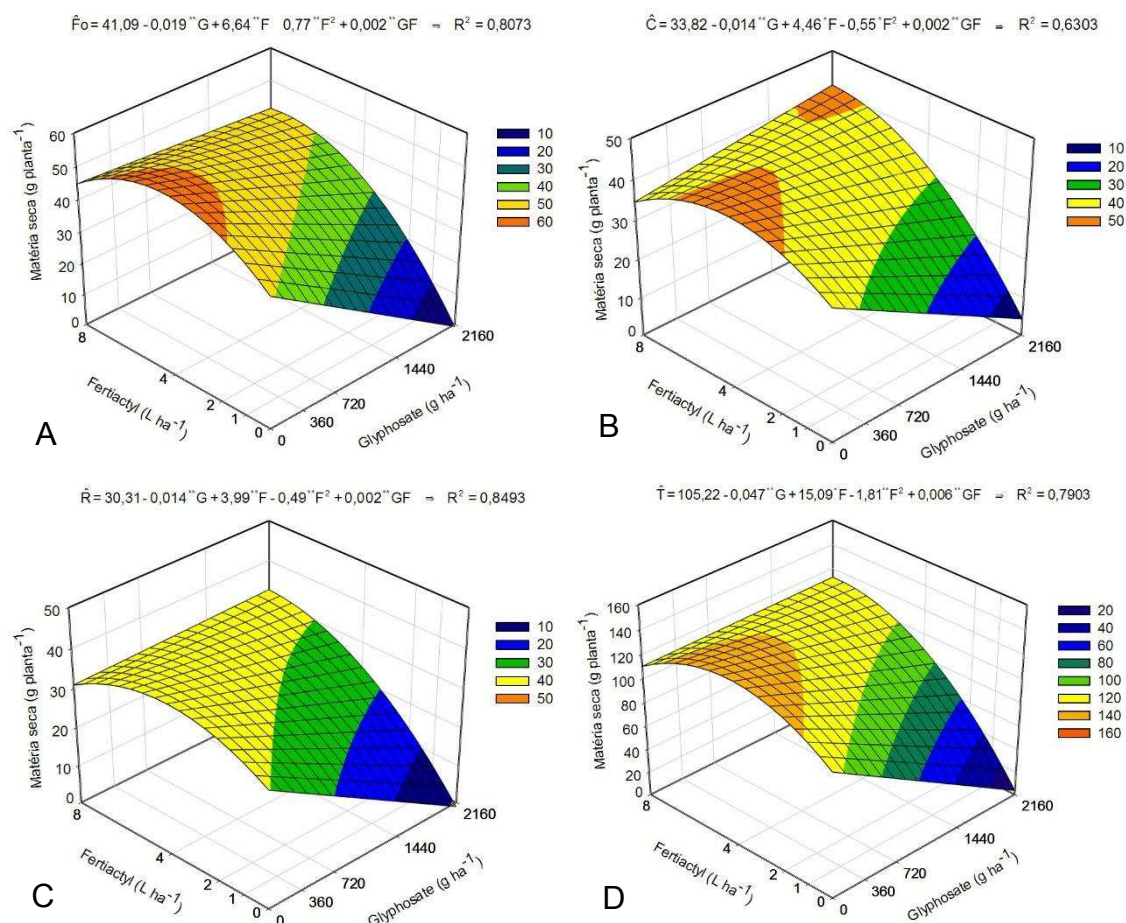


**Figura 3** - Porcentagem de intoxicação de plantas de eucalipto submetidas à aplicação do glyphosate ( $\text{g ha}^{-1}$ ) em mistura com o Fertiactyl Pó ( $\text{L ha}^{-1}$ ), aos 7, 28 e 49 dias após a aplicação.

O glyphosate é um herbicida sistêmico e não seletivo. Seu mecanismo de ação baseia-se na interrupção da rota do ácido chiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano (Cole; Caseley; Dodge, 1983; Shaner; Lindenmeyer; Ostlie, 2012). O glyphosate causa distúrbios nas principais rotas metabólicas das plantas, levando à inanição (Tuffi Santos et al., 2007). Desse modo, era esperado que plantas de eucalipto em contato com o glyphosate tivessem seu crescimento comprometido, sendo a amplitude da redução do crescimento dependente da dose de glyphosate a que a planta foi submetida. Esse resultado foi observado nos tratamentos sem o uso do Fertiactyl Pó, entretanto, nos tratamentos em que se utilizou esse produto, o efeito do glyphosate foi minimizado (Figura 4).

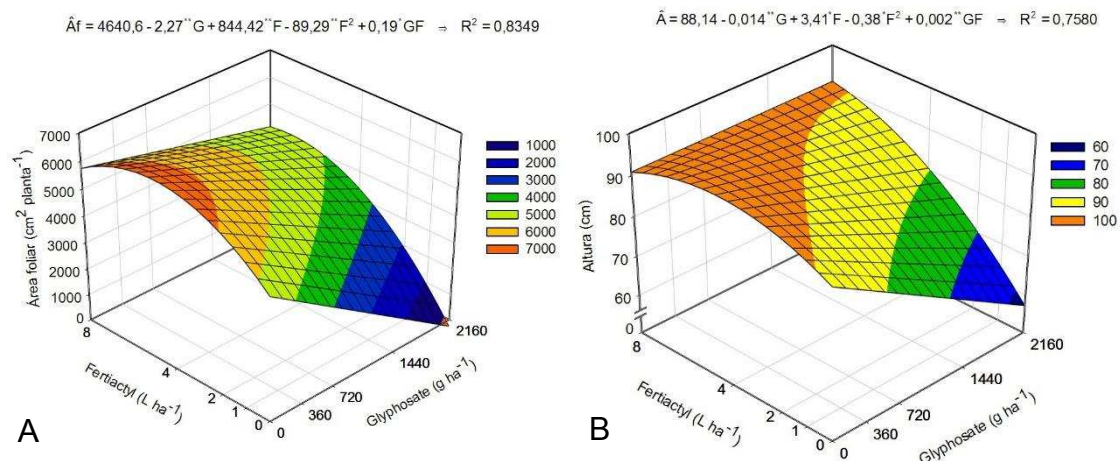
Doses crescentes do glyphosate, na ausência do Fertiactyl Pó, prejudicaram o acúmulo de massa de matéria seca de folhas, caule, raízes e total do eucalipto (Figura 4). O aumento na dose do Fertiactyl Pó reduziu os efeitos do glyphosate sobre o acúmulo de matéria seca do eucalipto. Essa redução fica evidente na combinação de  $2160 \text{ g ha}^{-1}$  do glyphosate com  $8,0 \text{ L ha}^{-1}$  de Fertiactyl Pó, que resultou em estimativa de matéria seca total do eucalipto 7% maior que a testemunha ( $0,0 \text{ g ha}^{-1}$  de glyphosate e  $0,0 \text{ L ha}^{-1}$  do Fertiactyl Pó) e 97% maior que  $2160 \text{ g ha}^{-1}$  de glyphosate sem o Fertiactyl Pó (Figura 4D). Mesmo o uso da maior dose do glyphosate ( $2160 \text{ g ha}^{-1}$ ) em mistura com doses acima de  $5,76 \text{ L ha}^{-1}$  do Fertiactyl Pó resultaram em acúmulo de

matéria seca total do eucalipto superiores à testemunha (Figura 4D). Atualmente, 720 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate têm sido a dose amplamente utilizada para o manejo das plantas daninhas no setor florestal. Para essa dose foi necessário 2,19 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós para promover acúmulo de matéria seca igual à testemunha (Figura 4D).



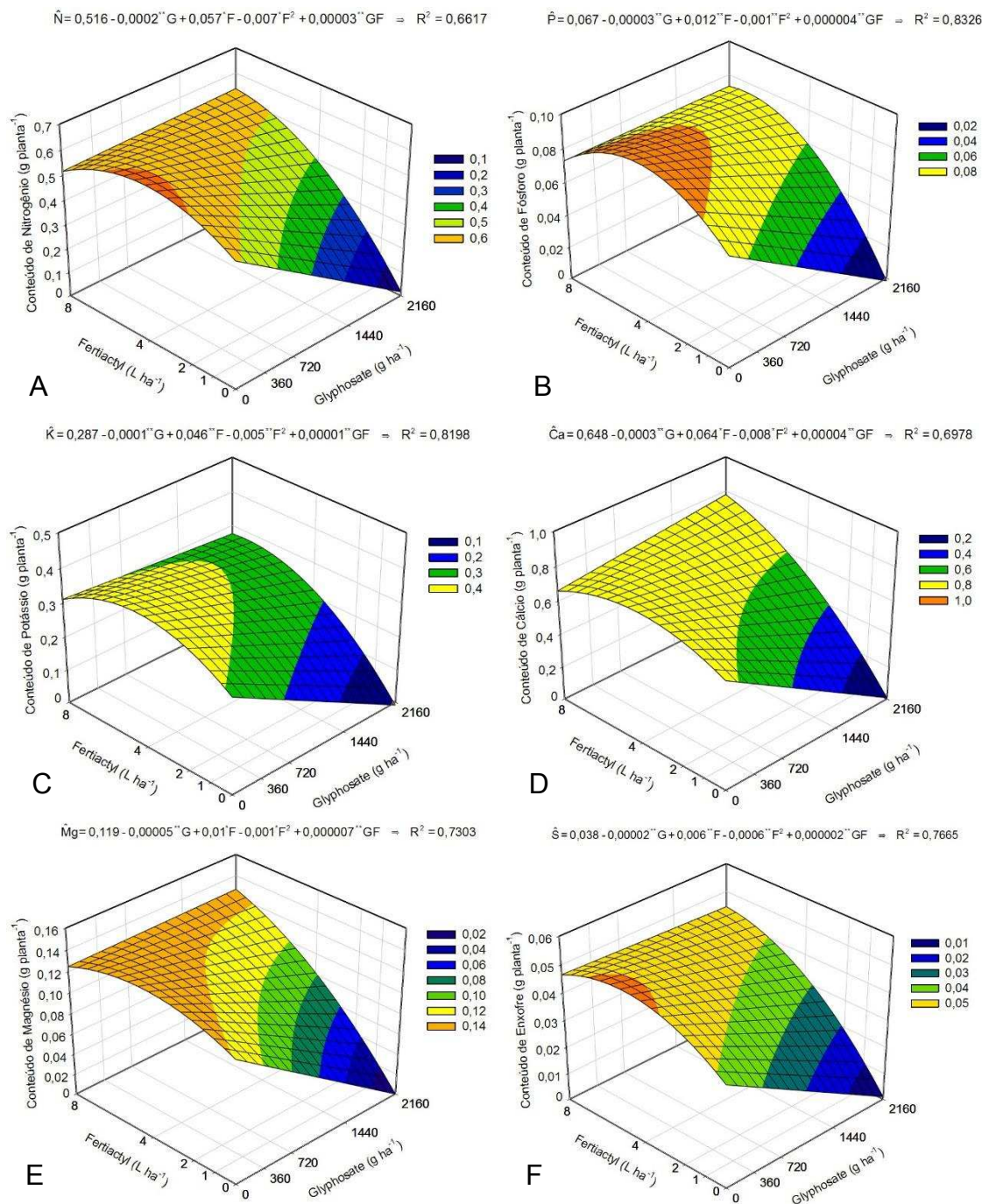
**Figura 4** - Estimativas das massas da matéria seca de folhas (A), caule (B), raízes (C) e total (D) de plantas de eucalipto submetidas à aplicação do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós, aos 56 DAA.

As estimativas da área foliar e da altura das plantas seguiram mesma tendência da matéria seca, com o Fertiactyl Pós reduzindo os efeitos danosos do glyphosate sobre o eucalipto (Figura 5). Para a área foliar, na ausência de glyphosate, a dose do Fertiactyl Pós que resultou em maior estimativa dessa característica foi 4,72 L ha<sup>-1</sup>. Com o uso de 1440 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate, a dose do Fertiactyl Pós que promoveu maior índice de área foliar foi 6,26 L ha<sup>-1</sup> e para 2160 g ha<sup>-1</sup> foi 7,03 L ha<sup>-1</sup> (Figura 5A). Esse resultado evidencia que a dose de Fertiactyl Pós necessária para neutralizar os efeitos nocivos do glyphosate sobre o eucalipto varia em função da quantidade do herbicida que atinge a planta.



**Figura 5** - Estimativas da área foliar (A) e da altura (B) de plantas de eucalipto submetidas à aplicação do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós, aos 56 DAA.

O conteúdo de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas apresentou comportamento semelhante ao descrito para as características morfológicas (Figura 6). Para o nitrogênio, a combinação de 2160 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate com 8 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós resultou em estimativa do conteúdo foliar desse nutriente de 0,54 g planta<sup>-1</sup>. Esse valor é 96% maior que o obtido com a mesma dose do glyphosate sem o Fertiactyl Pós. Para o cálcio essa diferença foi ainda maior, 99% (Figuras 6A e D).



**Figura 6** - Estimativas dos conteúdos de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) nas folhas de plantas de eucalipto submetidas à aplicação do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós, aos 56 DAA.

O conteúdo foliar de fósforo também apresentou grande incremento com o uso do Fertiactyl Pós, passando de 0,067 g planta<sup>-1</sup> na testemunha para 0,094 g planta<sup>-1</sup> com o uso de 4,0 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós sem o glyphosate (Figura 6B). Dentre os nutrientes essenciais, o fósforo apresenta grande importância para o eucalipto, sendo considerado um dos nutrientes mais limitantes do crescimento das plantas na fase inicial de produção (Graciano et

al., 2006). Por ser constituinte de compostos ricos de energia, como o ATP, o fósforo possui papel fundamental na vida das plantas, sendo essencial na divisão celular, reprodução e no metabolismo (Malavolta; Vitti; Oliveira, 1997).

Os resultados desta pesquisa mostram que o glyphosate provoca desequilíbrios nutricionais no eucalipto. Estes desequilíbrios, além de reduzir o potencial produtivo da planta, podem provocar mudanças morfológicas e bioquímicas, podendo inclusive tornar certos materiais genéticos susceptíveis à infecção por patógenos (Silveira; Higashi, 2003). Mostram também, que o Fertiactyl Pós, se usado na dose correta, tem potencial de minimizar esses danos, além de atuar como um promotor de crescimento, atuando como fertilizante foliar.

A utilização do Fertiactyl Pós aplicado em mistura com o glyphosate se mostrou eficiente na prevenção dos danos causados pela deriva desse herbicida no eucalipto. Novas pesquisas devem ser realizadas visando esclarecer a forma de atuação deste produto nas plantas e seu efeito sobre o controle de plantas daninhas. Além disso, é necessário também uma análise da viabilidade econômica do uso dessa tecnologia nas aplicações de glyphosate na cultura do eucalipto.

## **Conclusão**

O Fertiactyl Pós foi eficiente na supressão dos efeitos deletérios do glyphosate sobre plantas de eucalipto atingidas por esse herbicida.

## **Referências bibliográficas**

COLE, D. J.; CASELEY, J. C.; DODGE, A. D. Influence of glyphosate on selected plant processes. **Weed Research**, v. 23, n. 3, p. 173–183, 1983.

GRACIANO, C. et al. Fertilization with phosphorus increases soil nitrogen absorption in young plants of *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology and Management**, v. 236, n. 2–3, p. 202–210, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997, 319 p.

- MARTIM, S. A. **Pulverização do cafeeiro com açúcar: potencial de uso em mudas submetidas à deficiência hídrica e na recuperação de plantas atingidas pelo glifosato**. 2003, 67 p, Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- RAY, T. B. Site of Action of Chlorsulfuron Inhibition of Valine and Isoleucine Biosynthesis in Plants. **Plant Physiology**, v. 75, n. 3, p. 827–831, 1984.
- SANTOS, J. B. et al. Tolerance of Bradyrhizobium strains to glyphosate formulations. **Crop Protection**, v. 24, n. 6, p. 543–547, 2005.
- SHANER, D. L.; LINDENMEYER, R. B.; OSTLIE, M. H. What have the mechanisms of resistance to glyphosate taught us? **Pest Management Science**, v. 68, n. 1, p. 3–9, 2012.
- SHANER, D. L.; REIDER, M. L. Physiological responses of corn (*Zea mays*) to AC 243,997 in combination with valine, leucine, and isoleucine. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 25, n. 2, p. 248–257, 1986.
- SILVA, J. R. V. et al. Uso de fluxofenim em trigo como protetor ao herbicida s-metolachlor. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, p. 401–407, 2011.
- SILVEIRA, R. L. V. DE A.; HIGASHI, E. N. Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto. **Circular Técnica IPEF**, v. 200, p. 1–13, 2003.
- TIBURCIO, R. A. S. et al. Crescimento de mudas de clones de eucalipto submetidos à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Revista Árvore**, v. 36, n. 1, p. 65–73, 2012.
- TIMAC AGRO. **Dossiê Fertiactyl Pós**: Dossiê Técnico-Científico. TIMAC AGRO, 2014, 92 p. Acesso em: 28 abr. 2015.
- TUFFI SANTOS, L. D. et al. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 133–137, 2007.
- ZOBIOLE, L. H. S. et al. Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 195–205, 2011.

## **Efeito protetor do Fertiactyl Pós sobre plantas de eucalipto submetidas a aplicação de glyphosate**

**Resumo** - O uso de antídotos capazes de proteger o eucalipto dos danos provocados pelo glyphosate permitirá mudanças nas técnicas de aplicação desse herbicida, tornando-as, operações mais simples e com menor custo. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o efeito protetor do Fertiactyl Pós sobre plantas de eucalipto submetidas a aplicação de glyphosate. O ensaio foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 5, sendo os fatores doses de Fertiactyl Pós (0, 1, 2, 4 e 8 L ha<sup>-1</sup>) e de glyphosate (0, 90, 180, 360 e 720 g ha<sup>-1</sup>). Os tratamentos foram aplicados de modo que a calda pulverizada atingisse toda planta de eucalipto. Foram realizadas avaliações fisiológicas no eucalipto aos 10, 33 e 55 dias após a aplicação (DAA). Aos 56 DAA, avaliou-se a área foliar, o conteúdo de nutrientes nas folhas e a massa de matéria seca da parte aérea e das raízes do eucalipto. Com o uso do Fertiactyl Pós não foram observados efeitos visuais de intoxicação causados pelo glyphosate no eucalipto em nenhuma das doses avaliadas. A aplicação da maior dose de glyphosate em mistura com 0,56 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós resultou em estimativa da massa de matéria seca total de plantas igual à testemunha e 6,6% mais que o uso de 720 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate sem o Fertiactyl Pós. O uso do Fertiactyl Pós foi eficiente na redução dos danos do glyphosate aplicado em plantas de eucalipto, todavia, em altas doses esse produto pode prejudicar essa cultura.

**Palavras-chave:** Tecnologia de aplicação; antídotos, matocompetição.

**Abstract** - The use of antidotes capable of protecting eucalypt damage caused by glyphosate herbicide that allows changes in application techniques, making them simpler and cheaper operations. In this sense, the objective was to evaluate the protective effect of Fertiactyl Póss on eucalypt plants submitted the application of glyphosate. The experiment was conducted in a completely randomized design with four replications in a factorial 5 x 5, and the factors dose Fertiactyl Póss (0, 1, 2, 4 and 8 L ha<sup>-1</sup>) and glyphosate (0, 90, 180, 360 and 720 g ha<sup>-1</sup>). The treatments were applied such that the sprayed herbicide to reach all eucalypt plant. Physiological evaluations were carried out in the eucalypt at 10, 33 and 55 days after application (DAA). At 56 DAA, evaluated the leaf area, the content of nutrients in the leaves and dry mass of shoots and roots of eucalypt. Using the Fertiactyl Póss were not observed visual effects of glyphosate in eucalypt in any of the evaluated doses. The application of the highest dose of glyphosate in mixture with 0.56 L ha<sup>-1</sup> Fertiactyl Póss resulted in estimated total dry matter equal to the control plants and 6.6% more than the use of 720 g ha<sup>-1</sup> of glyphosate without Fertiactyl Póss. The use of Fertiactyl Póss was effective in reducing the damage glyphosate applied in eucalypt plants, however, at high doses, this product can damage this culture.

**Keywords:** Application technology; antidotes, weed competition.

## Introdução

O controle químico tem sido amplamente usado no manejo das plantas daninhas na cultura do eucalipto. Isso é resultado das extensas áreas cultivadas, da escassez de mão de obra, do menor custo e da maior eficiência desse método de controle. Dentre os herbicidas usados nessa cultura, destaca-se o glyphosate, por controlar grande número de espécies daninhas, por ser considerado de baixo impacto ambiental (Malik; Barry; Kishore, 1989) e, também, por ter a liberação de uso por parte das certificadoras florestais.

Por se tratar de um herbicida sistêmico e não seletivo, o glyphosate é usado em aplicações dirigidas, através de pulverizadores de barra protegida (tipo conceição) ou costais, apresentando riscos de deriva. Pesquisas já demonstraram os prejuízos causados pela deriva de herbicidas em eucalipto e em culturas anuais (Alves; Silva; Souza, 2000; Magalhães et al., 2001; Tuffi Santos et al., 2005, 2006a, 2006b, 2007a, 2007b, 2009). Suas causas são muitas e estão, na maioria das vezes, relacionadas com os equipamentos e técnicas de aplicação, com as formulações e as condições meteorológicas (Tiburcio et al., 2012).

Devido à dificuldade operacional, às barreiras impostas pela legislação trabalhista brasileira (ABRAF, 2013) e aos riscos de deriva durante as aplicações dirigidas de glyphosate, torna-se necessário a busca de alternativas que protejam o eucalipto de danos causados pelo contato indesejado com o glyphosate, visando tornar mais fácil esta operação. Uma opção para essa proteção é a utilização de antídotos que sejam capazes de proteger as plantas. Alguns estudos já mostraram que o uso de antídotos (a base de aminoácidos) em plantas atingidas por herbicidas que agem no metabolismo de aminoácidos, como o glyphosate, pode reduzir os efeitos desses herbicidas e manter o crescimento dessas plantas (Jaworski, 1972; Gresshoff, 1979; Zobiolo et al., 2011; Serciloto et al., 2014).

Além de reduzir os danos provocados pela deriva do glyphosate, o uso de antídotos com capacidade de proteger efetivamente o eucalipto poderá permitir mudanças nas técnicas de aplicação dos herbicidas, tornando-as operações mais simples e com menor custo. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito

protetor do Fertiactyl Pós sobre plantas de eucalipto submetidas a aplicação de glyphosate.

## Material e métodos

Mudas padronizadas de eucalipto (clone GG100), com aproximadamente 30 cm de altura foram plantadas em vasos de 10 dm<sup>3</sup> preenchidos com solo, proveniente da região de Viçosa, corrigido e adubado, conforme a análise de solo (Quadro 1) e recomendação para a cultura.

**Quadro 1** - Características químicas e físicas do solo usado no experimento em Viçosa-MG

| Análise química                                 |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
|---|---------------------|----------------------|------------------------------------|------------------|---------------------|------|------|---------|---------|
| pH  | P                   | K                    | Ca <sup>2+</sup>                   | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup>    | H+Al | SB   | CTC (t) | CTC (T) |
| H <sub>2</sub> O                                | mg dm <sup>-3</sup> |                      | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                  |                     |      |      |         |         |
| 4,4   | 1,2                 | 70                   | 1,7                                | 0,4              | 0,3                 | 3,96 | 2,28 | 2,58    | 6,24    |
| V   | m                   | MO                   | P-rem                              | Zn               | Fe                  | Mn   | Cu   | B       |         |
| %   |                     | dag Kg <sup>-1</sup> | mg L <sup>-1</sup>                 |                  | mg dm <sup>-3</sup> |      |      |         |         |
| 37  | 12                  | 1,65                 | 20                                 | 1                | 75,3                | 28,9 | 1,5  | 0,2     |         |
| Análise física                                  |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
| Análise granulométrica e classificação textural |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
| Argila  | Silte               | Areia                | Classificação textural             |                  |                     |      |      |         |         |
| %   |                     |                      | Argiloso                           |                  |                     |      |      |         |         |
| 49  | 10                  | 41                   |                                    |                  |                     |      |      |         |         |

Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos Viçosa Ltda. pH: em água, relação 1:2,5. P-K: Extrator Mehlich 1. Ca-Mg e Al: extrator KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>. H + Al: extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0. SB: soma de bases trocáveis. CTC (t): Capacidade de troca catiônica efetiva. CTC (T): capacidade de troca catiônica a pH 7,0. v: saturação de bases. m: saturação de alumínio. MO: matéria orgânica = C.org x 1,724 – Walkley-Black.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada vaso, com uma planta, considerado uma parcela experimental. O ensaio foi instalado em esquema fatorial 5 x 5, sendo os fatores doses de Fertiactyl Pós (0, 1, 2, 4 e 8 L ha<sup>-1</sup>) e doses de glyphosate (0, 90, 180, 360 e 720 g ha<sup>-1</sup>). As doses de glyphosate corresponderam respectivamente a 0; 0,125; 0,25; 0,5 e 1,0 Kg ha<sup>-1</sup> do produto comercial Scout® (Glyphosate sal de amônio). Os tratamentos foram aplicados 80 dias após o transplante das mudas, quando as plantas apresentavam altura média de 60,6 cm e diâmetro médio de 7,75 mm.

Para a aplicação dos produtos, foi utilizado um pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub> com pressão constante, munido de barra com duas pontas

tipo leque TTI 11002, espaçados de 0,5 m entre si, operando 250 kPa de pressão e aplicando o volume de calda correspondente a 150 L ha<sup>-1</sup>. No momento da aplicação a temperatura do ambiente era 22°C, a umidade relativa do ar 66% e a velocidade do vento 1,5 Km h<sup>-1</sup>. Após a aplicação as folhas das plantas ficaram protegidas do contato com água da irrigação por 24 horas, visando evitar a lavagem da calda depositada nas folhas.

Aos 14, 35 e 49 dias após a aplicação (DAA) foi determinado a porcentagem de intoxicação, atribuindo-se notas variando de zero (sem sintomas) a cem (morte da planta).

Foram realizadas avaliações das taxas de trocas gasosas através de um analisador de gás infravermelho (IRGA) portátil, modelo LI-6400 XT, aos 10, 33 e 55 DAA. As leituras com o IRGA foram realizadas entre 8h e 11h em uma folha completamente expandida no terço superior de cada planta. Foi avaliada a taxa fotossintética (A - μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e calculada a eficiência do uso da água (WUA – mol CO<sub>2</sub> mol H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>) a partir dos valores de quantidade de CO<sub>2</sub> fixado pela fotossíntese e quantidade de água transpirada.

Aos 56 DAA foram avaliadas as massas de matéria seca da parte aérea e das raízes, além da área foliar das plantas. Separadamente, caules, folhas e raízes foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa com circulação forçada de ar (65 ± 3 °C), até atingir massa constante. Após determinação da massa seca, foram estimados os conteúdos de nutrientes nas folhas. Para isso, uma amostra de folhas de cada planta foi coletada e submetida para análise em laboratório. Após a quantificação dos teores na amostra, estimaram-se os conteúdos dos nutrientes nas folhas através da seguinte equação:

$$C = (T \times 10) \times \left( \frac{MSF}{1000} \right)$$

em que:

C – conteúdo do nutriente nas folhas (g planta<sup>-1</sup>);

T – Teor do nutriente amostrado nas folhas (dag Kg<sup>-1</sup>);

MSF – Massa de matéria seca de folhas (g planta<sup>-1</sup>).

Os dados de intoxicação do eucalipto foram analisados descritivamente, os demais dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, se significativos, foram ajustadas equações de regressão.

### Resultados e discussão

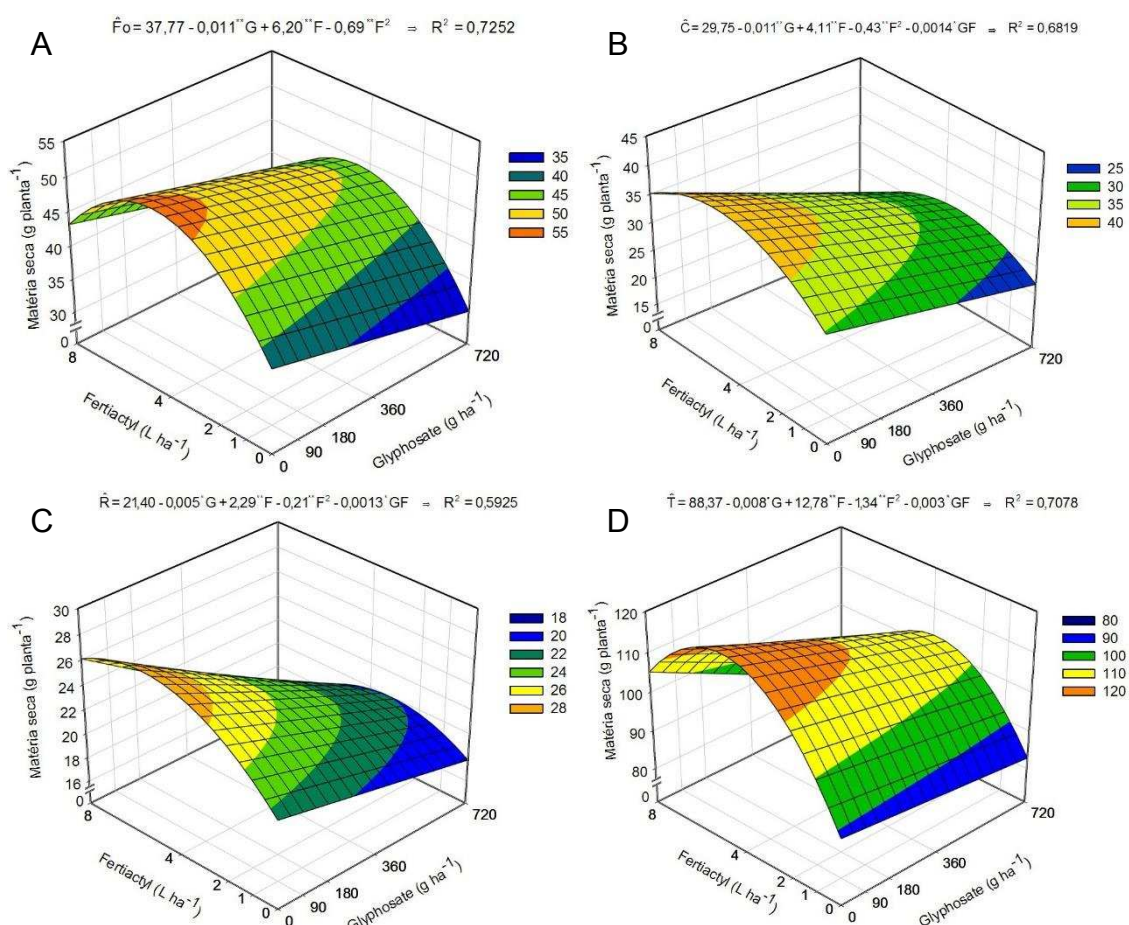
Com o uso do Fertiactyl Pós não foram observados efeitos visuais de intoxicação causados pelo glyphosate no eucalipto em nenhuma das doses avaliadas (Figuras 1 e 2). Nas plantas tratadas com 360 ou 720 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate sem o Fertiactyl Pós foram observados necroses e cloroses foliares nos ramos do eucalipto. Plantas com maior intensidade de intoxicação apresentavam também cloroses nos ápices caulinares (Figura 1).



**Figura 1** – Plantas de eucalipto tratadas com 720 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate: sem o Fertiactyl (A) ou em mistura com 1 L ha<sup>-1</sup> de Fertiactyl Pós (B), aos 49 DAA.



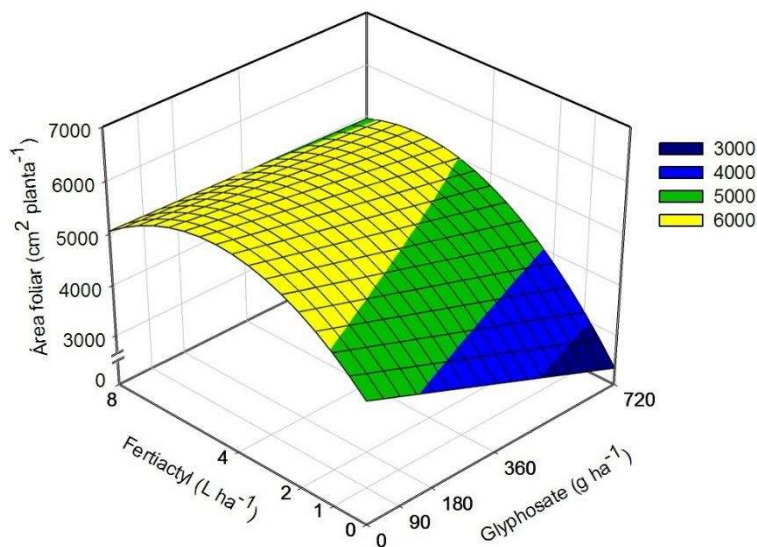
Fertiactyl Pós, que resultou em estimativa de matéria seca total de plantas 14,3% maior que a testemunha (88,4 g planta<sup>-1</sup>), e 19,6% maior que o uso de 720 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate isolado (sem o Fertiactyl Pós) (Figura 3D).



**Figura 3** - Estimativas das massas da matéria seca de folhas (A), caule (B), raízes (C) e total (D) de plantas de eucalipto submetidas a aplicação do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós, aos 56 DAA.

Para a área foliar das plantas, notou-se comportamento semelhante ao descrito para a massa de matéria seca. O máximo de área foliar foi proporcionado pela combinação de 4,58 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós sem o glyphosate (Figura 4). A combinação de 720 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate com 3,12 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós proporcionou estimativa de área foliar igual à testemunha e 47% maior que o uso de 720 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate sem o Fertiactyl Pós (Figura 4). Este resultado evidencia o efeito protetor que o Fertiactyl Pós exerce sobre as plantas de eucalipto atingidas pelo herbicida. Considerando que as folhas são os órgãos responsáveis pela captação de energia solar e pelas trocas gasosas para a realização da fotossíntese, espera-se que plantas com maior área foliar tenham maior potencial de crescimento.

$$\hat{A}f = 4411 - 2,88^{**}G + 637,1^{**}F - 69,58^{**}F^2 + 0,34^{*}GF \Rightarrow R^2 = 0,7030$$



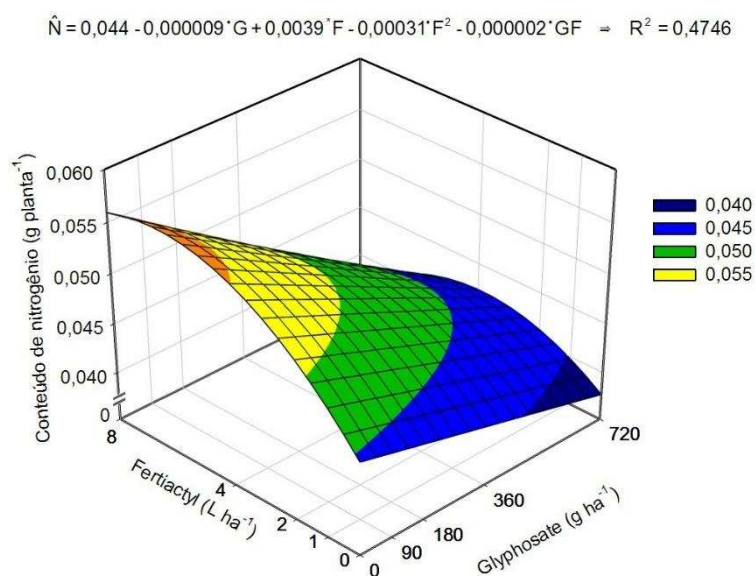
**Figura 4** - Estimativa da área foliar das plantas de eucalipto submetidas a aplicação do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós, aos 56 DAA.

Na análise de variância para o conteúdo de nutrientes nas folhas, não se constatou efeitos significativos dos tratamentos para fósforo e cálcio. Este resultado corrobora com Tuffi Santos et al. (2007a), que relatam que o glyphosate não afetou os teores de fósforo em plantas de eucalipto.

O conteúdo de nitrogênio nas folhas do eucalipto seguiu a mesma tendência já descrita para a matéria seca e área foliar das plantas, com efeito quadrático para o Fertiactyl Pós e linear para o glyphosate. Para esta característica, o uso de 6,33 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós sem o glyphosate foi a combinação que proporcionou maior acúmulo de nitrogênio nas folhas (Figura 5). O aumento na dose do glyphosate resultou em decréscimo no conteúdo de nitrogênio no eucalipto, mesmo na presença do Fertiactyl Pós (Figura 5). Reddy; Bellaloui; Zablutowicz, (2010) e Serra et al. (2011) relatam que o glyphosate também causou redução no conteúdo de nitrogênio em plantas de soja RR e de milho.

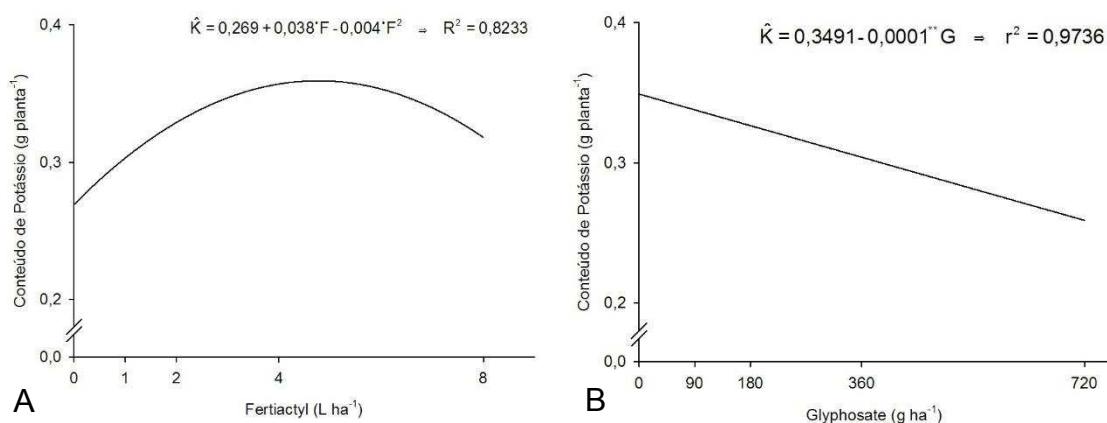
A redução no conteúdo de nitrogênio pode estar relacionada com o efeito do glyphosate sobre a enzima nitrato redutase. Em milho convencional, sensível ao glyphosate, este herbicida provoca a redução na atividade dessa enzima (Reddy; Bellaloui; Zablutowicz, 2010). Ela é responsável pela redução do nitrato à nitrito que é reduzido à amônia, que é fixada via glutamato sintase/glutamina sintase (GS/GOGAT) nos aminoácidos, glutamina e glutamato que por sua vez servem de substrato para a produção de aminoácidos necessários à síntese de

proteínas (Taiz; Zeiger, 2004). A via de assimilação do nitrato é um processo biológico essencial, por ser a principal rota pela qual o nitrogênio inorgânico é incorporado em compostos orgânicos (Falcão, 2006).



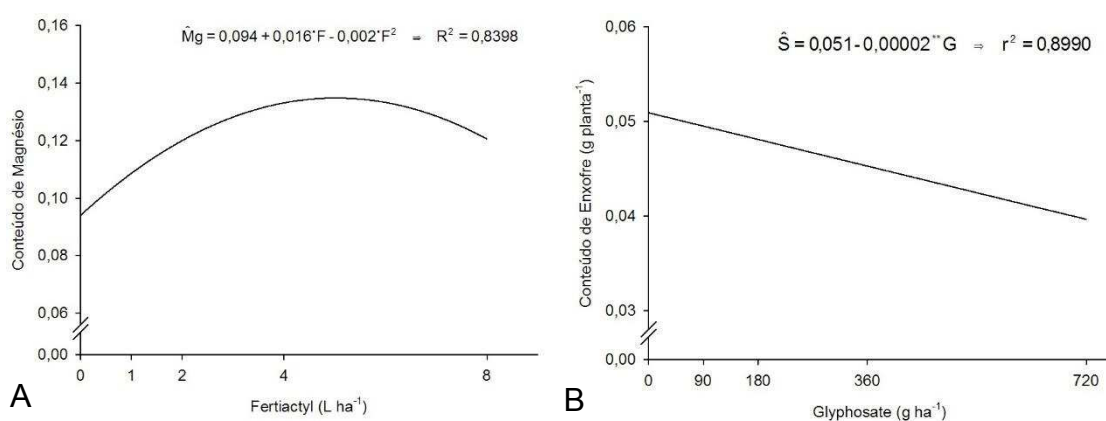
**Figura 5** - Estimativa do conteúdo de nitrogênio nas folhas do eucalipto submetido a aplicação do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós, aos 56 DAA.

O conteúdo de potássio nas folhas foi afetado tanto pelo glyphosate quanto pelo Fertiactyl Pós, mas não houve efeito da interação desses fatores. Para esta característica foi ajustado o modelo quadrático em função das doses do Fertiactyl Pós. O uso de 4,72 L ha<sup>-1</sup> deste produto resultou no maior acúmulo de potássio nas folhas (Figura 6A). Para o glyphosate, observou-se decréscimo no conteúdo de potássio com o aumento nas doses do herbicida (Figura 6B). A deficiência de potássio nas plantas diminui a velocidade de cicatrização de injúrias, reduz espessura da parede celular e da cutícula, além de comprometer a regulação osmótica da planta (Silveira; Higashi, 2003).



**Figura 6** - Estimativas dos conteúdos de potássio nas folhas do eucalipto em função de doses do Fertiactyl Pós (A) e do glyphosate (B), aos 56 DAA.

Em relação ao conteúdo de magnésio, não houve efeito significativo do glyphosate e da interação glyphosate x Fertiactyl Pós. Os dados foram significativos apenas para o Fertiactyl Pós, com a dose 4,72 L ha<sup>-1</sup> proporcionando o maior conteúdo deste nutriente (Figura 7A). Para o conteúdo de enxofre, também não houve efeito da interação, mas diferentemente do observado para o magnésio, o enxofre foi afetado pelo glyphosate e o aumento das doses do herbicida resultou em decréscimo no conteúdo deste nutriente (Figura 7B).



**Figura 7** - Estimativas dos conteúdos de magnésio (A) e enxofre (B) nas folhas do eucalipto submetido a aplicação do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós, aos 56 DAA.

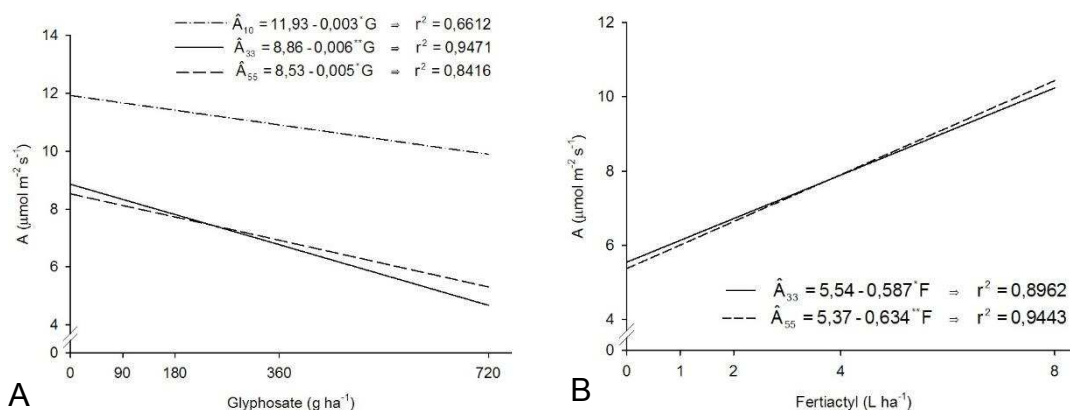
Os efeitos do glyphosate sobre o conteúdo de nutrientes no eucalipto, sempre que significativo, foi prejudicial a essas plantas. Isso indica que o glyphosate pode afetar a absorção radicular, comprometendo o balanço nutricional adequado do eucalipto. Machado et al. (2010) comentam que, por ser um herbicida sistêmico e se translocar para os pontos de crescimento das plantas, os danos causados na parte aérea do eucalipto são, provavelmente, os mesmos efeitos causados por este herbicida nos ápices radiculares, comprometendo assim a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas atingidas.

A taxa fotossintética do eucalipto ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), nas três épocas avaliadas, foi reduzida de forma linear pelo incremento nas doses do glyphosate (Figura 8A). Esse comportamento também foi observado para a eficiência no uso da água (Figura 9A). As alterações fisiológicas provocadas pelo glyphosate podem ser explicadas pela forma de atuação desse herbicida em plantas sensíveis. Por pertencer à classe dos herbicidas inibidores de EPSPs, ele promove um desbalanço metabólico, ocasionando colapso e desarranjo na formação e

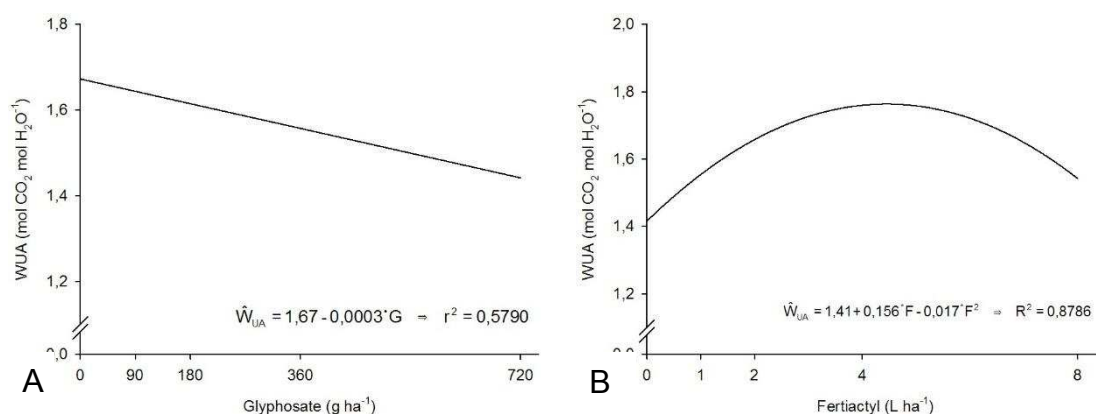
manutenção das estruturas da planta, devido a inibição da síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano (Pereira et al., 2010). Estes três aminoácidos, além de serem necessários para a síntese proteica, servem de substrato para a produção de muitos outros compostos secundários, que, conseqüentemente, podem ser afetados quando a planta é atingida por este herbicida (Whetten; Sederoff, 1995; Gruys; Sikorski, 1999).

O Fertiactyl Pós também influenciou a taxa fotossintética do eucalipto ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) nas avaliações de 33 e 55 DAA, mas diferente do glyphosate, o aumento na dose desse produto resultou em maior taxa de assimilação de carbono (Figura 8B). Apesar de ter apresentado taxa fotossintética crescente para as doses do Fertiactyl Pós, o uso de altas doses desse produto afetou negativamente a área foliar do eucalipto (Figura 4), o que pode comprometer a assimilação de carbono pelas plantas.

A eficiência no uso da água apresentou efeito quadrático para o aumento nas doses do Fertiactyl Pós (Figura 9B). Esse comportamento já foi descrito para as demais características avaliadas neste trabalho e confirma que, em altas doses, o Fertiactyl Pós se torna prejudicial ao eucalipto.



**Figura 8** - Estimativas da taxa fotossintética ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em plantas de eucalipto em função do glyphosate (A) do Fertiactyl Pós (B).



**Figura 9** - Estimativa da eficiência no uso da água em plantas de eucalipto em função do glyphosate (A) e do Fertiactyl Pós (B), aos 10 DAA.

## Conclusão

O uso do Fertiactyl Pós foi eficiente na redução dos danos do glyphosate aplicado em área total sobre plantas de eucalipto. Todavia, em altas doses esse produto pode prejudicar a cultura.

## Referências bibliográficas

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, DF, 2013. 148 p.

ALVES, L. W. R.; SILVA, J. B.; SOUZA, I. F. Efeito da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, simulando deriva sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 4, p. 889–897, 2000.

FALCÃO, V. R. **Aspectos moleculares de nitrato redutase da macroalga marinha *Gracilaria tenuistipitata* (RHODOPHYTA): seqüenciamento do gene e estudo da expressão do RNA mensageiro**. 2006, 132 p., Tese de doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GRESSHOFF, P. M. Growth inhibition by glyphosate and reversal of its action by phenylalanine and tyrosine. **Functional Plant Biology**, v. 6, n. 2, p. 177–185, 1979.

GRUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: **Plant Amino Acids: Biochemistry and Biotechnology**. New York: CRC Press, 1999. p. 357–384.

JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine. Inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 20, n. 6, p. 1195–1198, 1972.

- MACHADO, A. F. L. et al. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 319–327, 2010.
- MAGALHÃES, P. C. et al. Efeito de doses reduzidas de glyphosate e paraquat simulando deriva na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 19, n. 2, p. 247–253, 2001.
- MALIK, J.; BARRY, G.; KISHORE, G. The herbicide glyphosate. **BioFactors**, v. 2, n. 1, p. 17–25, 1989.
- PEREIRA, M. R. R. et al. Efeito da deriva de glyphosate sobre algumas características fisiológicas em plantas de eucalipto. **Interciencia**, v. 35, n. 4, p. 279–283, 2010.
- REDDY, K. N.; BELLALLOUI, N.; ZABLOTOWICZ, R. M. Glyphosate effect on shikimate, nitrate reductase activity, yield, and seed composition in corn. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 6, p. 3646–3650, 2010.
- ROCHA, J. H. T. et al. Produção e desenvolvimento de mudas de eucalipto em função de doses de fósforo. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 535–543, 2013.
- SERCILOTO, C. M.; CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. C. Mitigation of glyphosate side effects on non-target plants: use of different agrochemicals as protectants in common bean plants. **Ambiência**, v. 10, n. 2, p. 615–623, 2014.
- SERRA, A. P. et al. Influência do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, v. 41, n. 1, p. 77–84, 2011.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto. **Circular Técnica IPEF**, v. 200, p. 1–13, 2003.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artemed, 719 p., 2004.
- TIBURCIO, R. A. S. et al. Crescimento de mudas de clones de eucalipto submetidos à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Revista Árvore**, v. 36, n. 1, p. 65–73, 2012.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Exsudação radicular do glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto e na respiração microbiana do solo. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 143–152, 2005.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 359–364, 2006a.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Intoxicação de eucalipto submetido à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 521–526, 2006b.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 133–137, 2007a.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Crescimento e concentração de nutrientes na parte aérea de eucalipto sob efeito da deriva do glyphosate. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 347–352, 2007b.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Leaf anatomy and morphometry in three eucalypt clones treated with glyphosate. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 129–136, 2009.

WHETTEN, R.; SEDEROFF, R. Lignin Biosynthesis. **The Plant Cell**, v. 7, n. 7, p. 1001–1013, 1995.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 195–205, 2011.

## **Efeito protetor em plantas de eucalipto e controle de *Urochloa brizantha* tratadas com glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós**

**Resumo** – O que se espera de um antídoto eficaz, aplicado junto com um herbicida, é que ele proteja a cultura dos danos provocados pelo herbicida sem prejudicar sua ação sobre as plantas daninhas. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o efeito protetor do Fertiactyl Pós em plantas de eucalipto e o controle de *U. brizantha* submetidas a aplicação de glyphosate. Foram utilizados vasos de 10 dm<sup>3</sup> contendo uma planta de eucalipto e quatro de braquiária (*Urochloa brizantha*). O ensaio foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 4 x 7, sendo os fatores doses de Fertiactyl Pós (0, 1, 2 e 3 L ha<sup>-1</sup>) e de glyphosate (0, 90, 180, 360, 540, 720 e 1080 g ha<sup>-1</sup>). A aplicação foi realizada sem nenhuma proteção, de modo que a calda atingisse toda parte aérea das plantas. Avaliou-se a porcentagem de intoxicação do eucalipto aos 14, 35 e 49 dias após a aplicação (DAA). Aos 49 DAA, foram avaliados a massa de matéria seca da parte aérea e das raízes, além da área foliar das plantas de eucalipto. Nessa mesma data, avaliou-se ainda a massa da matéria seca da braquiária. O aumento na dose do glyphosate reduziu o acúmulo de matéria seca da braquiária, sendo que 1080 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate provocou a morte dessa planta, independente do uso ou não do Fertiactyl Pós. Nas doses de 90, 180, 360 e 540 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate, o uso do Fertiactyl Pós causou redução nos efeitos danosos do glyphosate sobre a braquiária. Maiores doses do glyphosate provocaram maior intoxicação do eucalipto e o uso do Fertiactyl Pós amenizou essa intoxicação. Altas doses do glyphosate aumentam o nível de controle da braquiária, mas aumentam também os danos causados pelo herbicida sobre o eucalipto, sendo que o uso do Fertiactyl Pós tende a reduzir esses danos. A combinação de 540 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate com 3 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós controlou a braquiária sem causar danos ao eucalipto.

**Palavras-chave:** Tecnologia de aplicação; antídotos; braquiária; planta daninha.

**Abstract** - What is expected of an effective antidote, applied with an herbicide, it is that it protects the culture of the damage caused by the herbicide without damaging their action on the weeds. In this sense, the objective was to evaluate the protective effect of Fertiactyl Póss in eucalypt plants and *U. brizantha* control subject to application of glyphosate. Pots (10 dm<sup>3</sup>) were used containing a eucalypt plant and four brachiaria (*U. brizantha*). The experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in a factorial 4 x 7, and the doses factors Fertiactyl Póss (0, 1, 2 and 3 L ha<sup>-1</sup>) and glyphosate (0, 90, 180, 360, 540, 720 and 1080 g ha<sup>-1</sup>). The application was carried out without any protection, in order to reach the herbicide throughout the plant. We evaluated the percentage of eucalypt intoxication at 14, 35 and 49 days after application (DAA). At 49 DAA, we evaluated the dry weight of shoots and roots, as well as leaf area of eucalypt plants. On the same date, also assessed whether it dry matter of brachiaria. The increase in glyphosate dose reduced the dry matter of brachiaria, and 1080 g ha<sup>-1</sup> glyphosate caused the death of the plant, regardless of whether or not the Fertiactyl Póss. At doses of 90, 180, 360 and 540 g ha<sup>-1</sup> of glyphosate, the use of Fertiactyl Póss caused a reduction in the harmful effects of glyphosate on brachiaria. Higher doses of glyphosate caused most intoxication in the eucalypt and the use of Fertiactyl Póss softened this intoxication. High glyphosate doses increase the level of control of brachiaria, but also increase the damage caused by the herbicide on the eucalypt, and the use of Fertiactyl Póss tends to reduce such damage. The combination of 540 g ha<sup>-1</sup> glyphosate with 3 L ha<sup>-1</sup> of Fertiactyl Póss controlled brachiaria without causing damage to eucalypt.

**Keywords:** Application technology; antidotes; brachiaria; weed.

## Introdução

No manejo das plantas daninhas na cultura do eucalipto, o glyphosate se destaca como uma das principais ferramentas de controle. Ele é um herbicida sistêmico e não seletivo. Atua inibindo a biossíntese dos aminoácidos aromáticos, provocando a paralisação da síntese de proteínas e a desregulação da via chiquimato, levando a perturbações metabólicas e morte da planta (Reddy; Bellaloui; Zablotowicz, 2010).

Por ter ação sistêmica e não seletiva, o glyphosate é usado em aplicações dirigidas na cultura do eucalipto. Entretanto, apesar dos cuidados durante as aplicações é frequente o relato de intoxicações causadas pela deriva desse herbicida (Tuffi Santos et al., 2006a, 2006b). Mesmo em culturas resistentes ao glyphosate, como a soja RR, é comum a ocorrência de intoxicações por este herbicida (Zobiolo et al., 2009, 2011). Nesses casos, o uso de antídotos com a capacidade de proteger as culturas dos danos provocados pelo glyphosate têm sido recomendados (Zobiolo et al., 2011; Kraehmer et al., 2014; Serciloto et al., 2014).

Os antídotos são substâncias que impedem a ação de uma toxina sobre um organismo qualquer (Holanda Ferreira, 1975). Assim, o que se espera de um antídoto eficaz, aplicado junto com o herbicida, é que ele proteja a cultura dos danos provocados por este herbicida sem prejudicar sua ação sobre as plantas daninhas. Autores já relataram os efeitos de antídotos na proteção de diversas culturas (Jaworski, 1972; Gresshoff, 1979; Silva; Gomes; Freitas, 2009; Zobiolo et al., 2011; Serciloto et al., 2014), entretanto, pouco se sabe sobre os efeitos desses produtos sobre culturas arbóreas, como o eucalipto e sobre as plantas daninhas.

O uso de antídotos cuja composição contenha aminoácidos específicos podem contribuir na proteção dos sintomas de intoxicação provocados pelo glyphosate nas culturas (Zobiolo et al., 2011; Serciloto et al., 2014). Por outro lado, a presença desses aminoácidos pode também resultar em proteção sobre as plantas daninhas, por conseguinte, na menor eficiência no controle de algumas espécies, principalmente aquelas de difícil controle.

A definição de estratégias de manejo, baseadas no uso de antídotos, que visem amenizar os danos do glyphosate sobre o eucalipto sem comprometer sua

ação herbicida são fundamentais para garantir o potencial produtivo do eucalipto, além de tornar mais simples as operações de aplicação deste herbicida. Objetivou-se avaliar o efeito protetor do Fertiactyl Pós em plantas de eucalipto e o controle de *U. brizantha* submetidas a aplicação de glyphosate.

## Material e métodos

Mudas padronizadas de eucalipto (clone GG100) foram plantadas em vasos de 10 dm<sup>3</sup> preenchidos com solo proveniente da região de Viçosa-MG, corrigido e adubado conforme a análise de solo (Quadro 1) e recomendação para a cultura.

**Quadro 1** - Características químicas e físicas do solo usado no experimento em Viçosa-MG

| Análise química                                 |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
|---|---------------------|----------------------|------------------------------------|------------------|---------------------|------|------|---------|---------|
| pH  | P                   | K                    | Ca <sup>2+</sup>                   | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup>    | H+Al | SB   | CTC (t) | CTC (T) |
| H <sub>2</sub> O                                | mg dm <sup>-3</sup> |                      | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                  |                     |      |      |         |         |
| 4,4   | 1,2                 | 70                   | 1,7                                | 0,4              | 0,3                 | 3,96 | 2,28 | 2,58    | 6,24    |
| V   | m                   | MO                   | P-rem                              | Zn               | Fe                  | Mn   | Cu   | B       |         |
| %   |                     | dag Kg <sup>-1</sup> | mg L <sup>-1</sup>                 |                  | mg dm <sup>-3</sup> |      |      |         |         |
| 37  | 12                  | 1,65                 | 20                                 | 1                | 75,3                | 28,9 | 1,5  | 0,2     |         |
| Análise física                                  |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
| Análise granulométrica e classificação textural |                     |                      |                                    |                  |                     |      |      |         |         |
| Argila  | Silte               | Areia                | Classificação textural             |                  |                     |      |      |         |         |
| %   |                     |                      | Argiloso                           |                  |                     |      |      |         |         |
| 49  | 10                  | 41                   |                                    |                  |                     |      |      |         |         |

Análise realizada no Laboratório de Análise de Solos Viçosa Ltda. pH: em água, relação 1:2,5. P-K: Extrator Mehlich 1. Ca-Mg e Al: extrator KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>. H + Al: extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0. SB: soma de bases trocáveis. CTC (t): Capacidade de troca catiônica efetiva. CTC (T): capacidade de troca catiônica a pH 7,0. v: saturação de bases. m: saturação de alumínio. MO: matéria orgânica = C.org x 1,724 – Walkley-Black.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, sendo cada vaso, com uma planta de eucalipto e quatro de braquiária, considerado uma parcela experimental. O ensaio foi instalado em esquema fatorial 4 x 7, sendo os fatores doses de Fertiactyl Pós (0, 1, 2 e 3 L ha<sup>-1</sup>) e de glyphosate (0; 90; 180; 360; 540; 720; 1080 g ha<sup>-1</sup>). As doses de glyphosate corresponderam respectivamente a 0; 0,125; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 e 1,5 Kg ha<sup>-1</sup> do produto comercial Scout® (Glyphosate sal de amônio). Os tratamentos foram aplicados 40 dias após o transplante das mudas, quando as plantas apresentavam altura média de 41,3 cm e diâmetro médio de 5,33 mm.

Para a aplicação dos produtos, foi utilizado um pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub> com pressão constante, munido de duas pontas tipo leque TTI 11002, espaçados de 0,5 m entre si, operando a 250 kPa de pressão e aplicando o volume de calda correspondente a 150 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi realizada sem nenhuma proteção, de modo que a calda atingisse toda parte aérea das plantas. No momento da aplicação a temperatura ambiente era de 23°C, a umidade relativa do ar 72% e a velocidade do vento 1,6 Km h<sup>-1</sup>. As folhas das plantas permaneceram protegidas do contato com água da irrigação durante 24 horas, visando evitar a lavagem do produto.

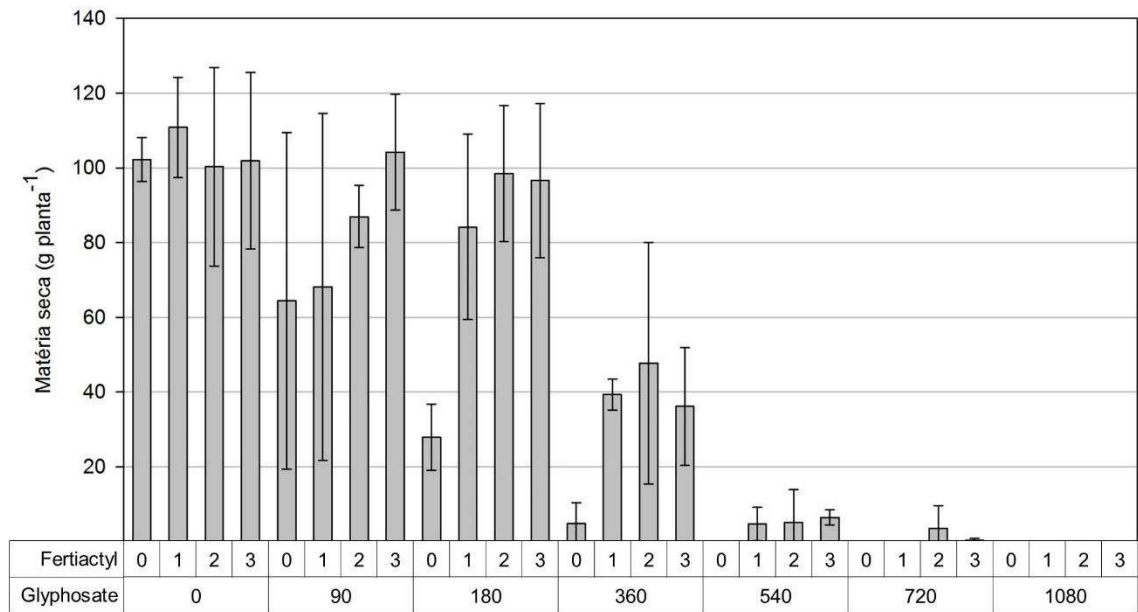
Aos 14, 35 e 49 dias após a aplicação (DAA) foi determinado a porcentagem de intoxicação, atribuindo-se notas variando de zero (sem sintomas) a cem (morte da planta).

Aos 49 DAA foram avaliadas as massas de matéria seca da parte aérea e das raízes, além da área foliar das plantas. Separadamente, caules, folhas e raízes foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa com circulação forçada de ar (65 ± 3 °C) até atingir massa constante. Nessa mesma data, avaliou-se também a massa da matéria seca das plantas de braquiária.

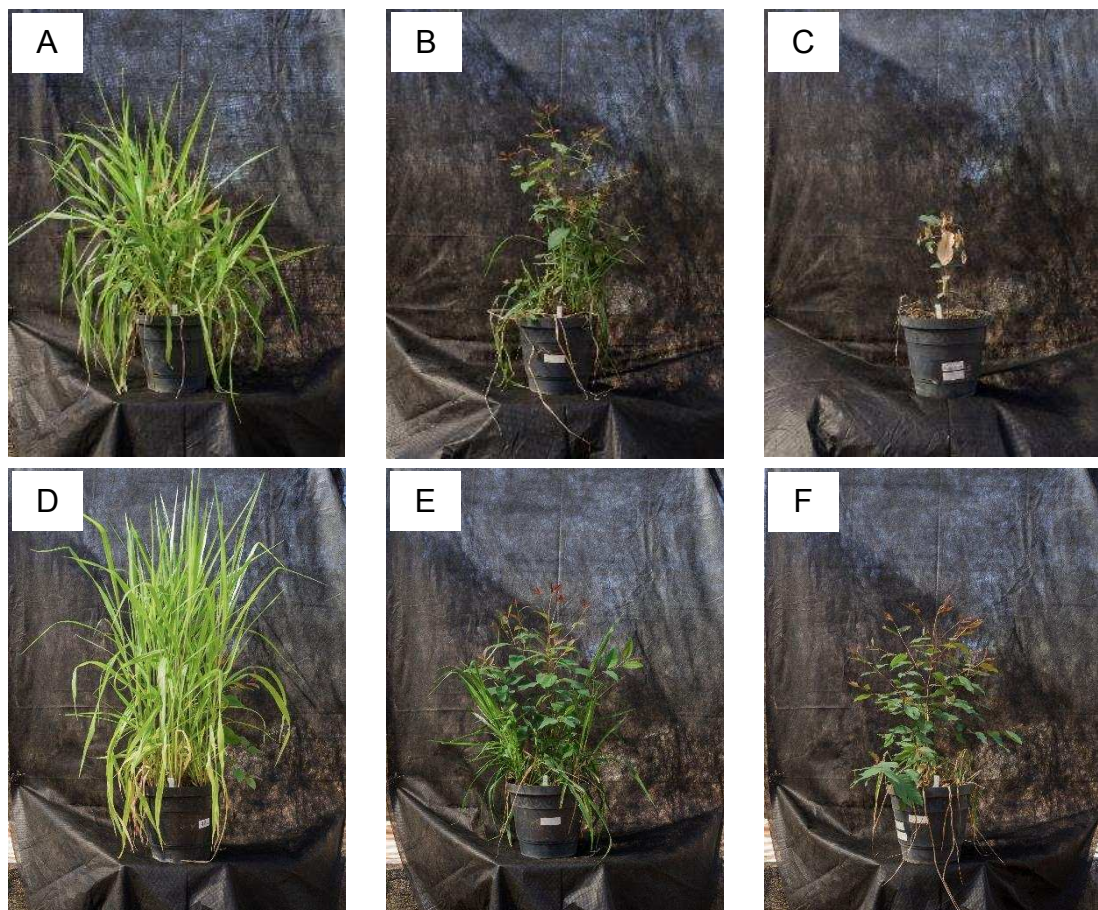
Os dados de massa de matéria seca da braquiária e da intoxicação do eucalipto foram analisados descritivamente, os demais dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, se significativos, foram ajustadas equações de regressão.

## **Resultados e discussão**

O aumento na dose do glyphosate reduziu o acúmulo de massa de matéria seca da braquiária, sendo que 1080 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate provocou a morte da braquiária, independente do uso ou não do Fertiactyl Pós (Figuras 1 e 2). Nas doses de 90, 180, 360 e 540 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate, o uso do Fertiactyl Pós causou redução nos efeitos danosos do glyphosate sobre a braquiária. Quanto maior a dose do glyphosate, menor foi a influência do Fertiactyl Pós sobre essa planta daninha (Figura 1).

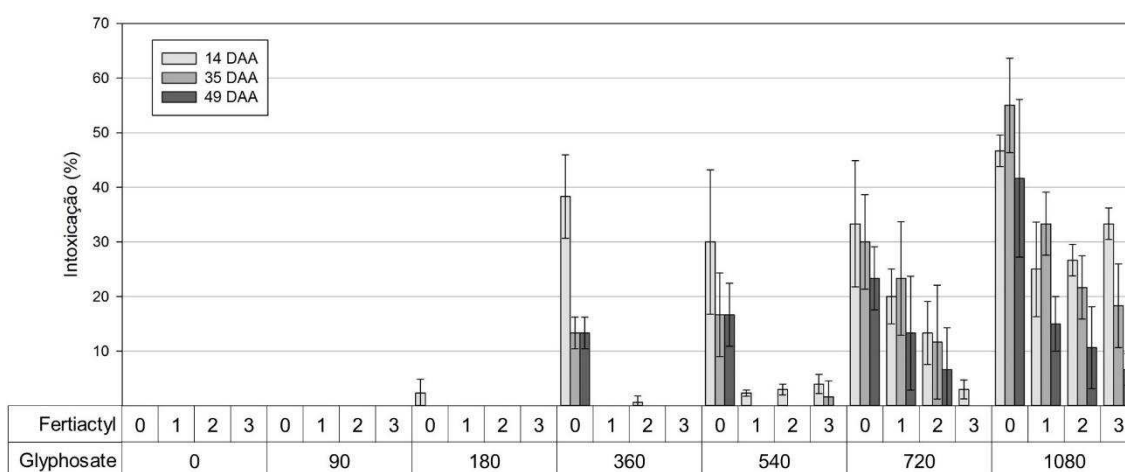


**Figura 1** - Massa da matéria seca das plantas de braquiária tratadas com o glyphosate ( $\text{g ha}^{-1}$ ) em mistura com o Fertiactyl Pó ( $\text{L ha}^{-1}$ ), aos 49 DAA.



**Figura 2** – Unidades experimentais, aos 49 DAA, tratadas com  $0 \text{ g ha}^{-1}$  (A),  $360 \text{ g ha}^{-1}$  (B),  $1080 \text{ g ha}^{-1}$  (C) de glyphosate ambos sem o Fertiactyl Pó e  $0 \text{ g ha}^{-1}$  (D),  $360 \text{ g ha}^{-1}$  (E),  $1080 \text{ g ha}^{-1}$  (F) de glyphosate ambos com o  $3 \text{ L ha}^{-1}$  de Fertiactyl Pó.

Maiores doses do glyphosate provocaram maior intoxicação do eucalipto e o uso do Fertiactyl Pós reduziu essa intoxicação na cultura (Figura 3). Tuffi Santos et al. (2009) comentam que a intoxicação provocada pelo glyphosate depende da quantidade desse produto que atinge e é absorvido pela planta. Apesar disso, a aplicação da maior dose do glyphosate ( $1080 \text{ g ha}^{-1}$ ), associado com  $3 \text{ L ha}^{-1}$  do Fertiactyl Pós, resultou, aos 49 DAA, em menores sintomas de intoxicação no eucalipto do que quando se aplicou  $360 \text{ g ha}^{-1}$  sem o Fertiactyl Pós (Figura 3). Isso indica que o Fertiactyl Pós tem potencial para proteger o eucalipto dos danos causados pelo glyphosate. O mecanismo que confere essa proteção deve ser melhor estudado através de novas pesquisas. Entretanto, por este ser um produto que contém aminoácidos em sua formulação (Timac Agro, 2014), acredita-se que essa proteção se dê através do suprimento de aminoácidos. O suprimento exógeno de aminoácidos já foi relatado como uma forma de reduzir os danos causados pelo glyphosate em soja (Zobiole et al., 2011).

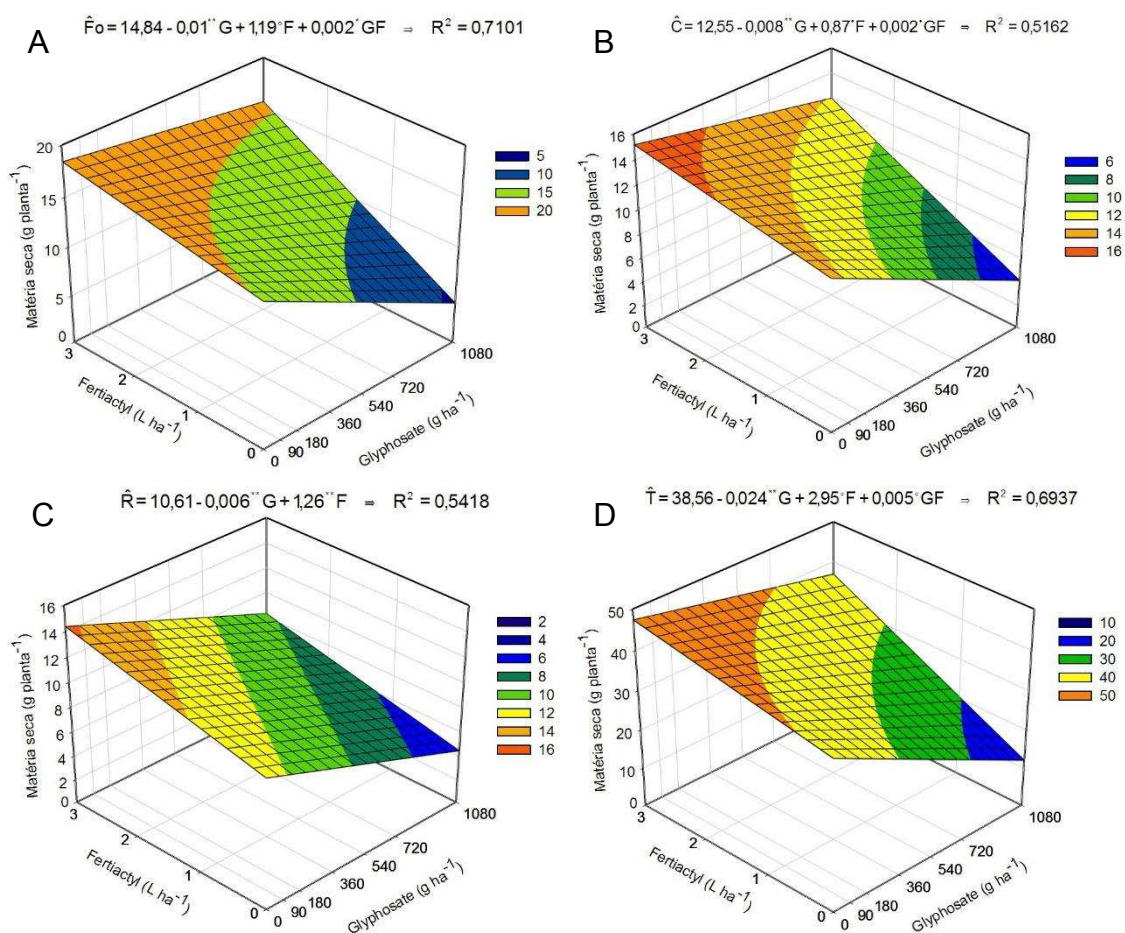


**Figura 3** - Porcentagem de intoxicação de plantas de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate ( $\text{g ha}^{-1}$ ) em mistura com o Fertiactyl Pós ( $\text{L ha}^{-1}$ ), aos 14, 35 e 49 dias após a aplicação.

Os resultados de massa de matéria seca de folha, caule, raízes e total das plantas seguiram mesma tendência da intoxicação do eucalipto. Sendo que o aumento na dose do glyphosate reduziu linearmente esta característica, e, o uso do Fertiactyl Pós tendeu a amenizar os efeitos deletérios deste herbicida (Figura 4). A aplicação de  $1080 \text{ g ha}^{-1}$  de glyphosate sem o Fertiactyl Pós resultou em estimativa de massa de matéria seca total das plantas de  $12,1 \text{ g planta}^{-1}$ . Quando essa dose do glyphosate foi aplicada associada com  $3 \text{ L ha}^{-1}$  do

Fertiactyl Pós a estimativa de massa seca foi de 36,8 g planta<sup>-1</sup>, ou seja, três vezes superior à aplicação sem o protetor (Figura 4D).

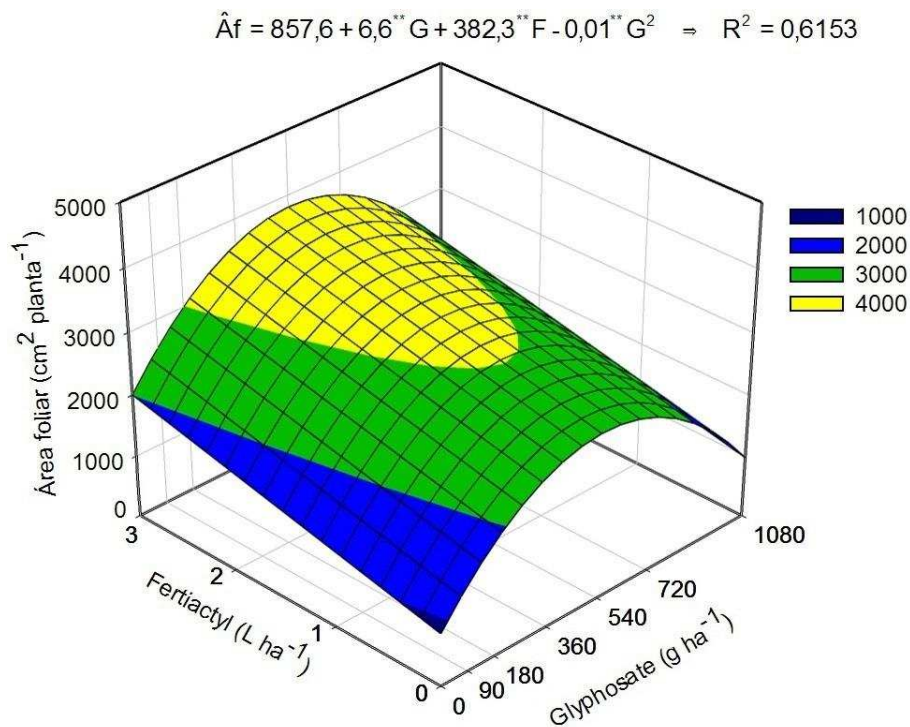
O aumento na dose do Fertiactyl Pós, além de reduzir o efeito do glyphosate sobre o eucalipto, ainda estimulou o acúmulo de matéria seca dessas plantas. Esse efeito estimulante fica evidente com o uso das doses crescentes do Fertiactyl Pós na ausência do glyphosate (Figura 4). O efeito bioestimulante do Fertiactyl Pós já foi relatado por Costa et al. (2008) em melancia e por Bezerra et al. (2007) na produção de mudas de alface.



**Figura 4** - Estimativas das massas da matéria seca de folhas (A), caule (B), raízes (C) e total (D) de plantas de eucalipto em convivência com *U. brizantha* submetidas à deriva do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós, aos 49 DAA.

O Fertiactyl Pós também reduziu os efeitos danosos do glyphosate sobre a área foliar do eucalipto, proporcionando maiores valores dessa característica nas plantas (Figura 5). O aumento na dose do glyphosate resultou em resposta quadrática para área foliar, sendo 549 g ha<sup>-1</sup> a dose que promoveu maior acúmulo dessa característica (Figura 5). Doses inferiores a esta, resultaram em não controle da braquiária (Figura 1), que exerceu forte competição com o

eucalipto, enquanto que, em doses superiores, o glyphosate causou danos ao eucalipto (Figura 3). A combinação da mistura que proporcionou maior área foliar das plantas foi 549 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate com 3 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós (Figura 5).



**Figura 5** - Estimativa da área foliar de plantas de eucalipto em convivência com *U. brizantha* submetidas à deriva do glyphosate em mistura com o Fertiactyl Pós, aos 49 DAA.

Embora sejam promissores os resultados deste trabalho, novas pesquisas devem ser realizadas, tanto em laboratório quanto no campo, visando elucidar a forma de atuação do Fertiactyl Pós nas plantas e o controle de outras espécies de plantas daninhas, além de definir as estratégias para o melhor aproveitamento dessa tecnologia.

## Conclusões

Altas doses do glyphosate aumentam o nível de controle da braquiária, mas aumentam também os danos causados pelo herbicida sobre o eucalipto, sendo que o uso do Fertiactyl Pós tende a reduzir esses danos.

A combinação de 540 g ha<sup>-1</sup> do glyphosate com 3 L ha<sup>-1</sup> do Fertiactyl Pós controlou a braquiária sem causar danos ao eucalipto.

## Referências bibliográficas

BEZERRA, P. S. G. et al. Utilização de bioestimulante na produção de mudas de alface. **Científica**, v. 35, n. 1, p. 46–50, 2007.

COSTA, C. L. L. et al. Utilização de bioestimulante na produção de mudas de melancia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentavel**, v. 3, n. 3, p. 110-115, 2008.

GRESSHOFF, P. M. Growth inhibition by glyphosate and reversal of its action by phenylalanine and tyrosine. **Functional Plant Biology**, v. 6, n. 2, p. 177–185, 1979.

HOLANDA FERREIRA, A. B. **Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 5. ed. Rio de Janeiro: Positivo, 1975.

JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine. Inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 20, n. 6, p. 1195–1198, 1972.

KRAEHMER, H. et al. Herbicides as Weed Control Agents: State of the Art: I. Weed Control Research and Safener Technology: The Path to Modern Agriculture. **Plant Physiology**, v. 166, n. 3, p. 1119–1131, 2014.

REDDY, K. N.; BELLALOU, N.; ZABLOTOWICZ, R. M. Glyphosate effect on shikimate, nitrate reductase activity, yield, and seed composition in corn. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 6, p. 3646–3650, 2010.

SERCILOTO, C. M.; CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. DE C. E. Mitigation of glyphosate side effects on non-target plants: use of different agrochemicals as protectants in common bean plants. **Ambiência**, v. 10, n. 2, p. 615–623, 2014.

SILVA, C. M. M.; GOMES, M. M. A.; FREITAS, S. P. Interferência de herbicidas, associados a um análogo de brassinosteróide, no aparato fotossintético de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 789–797, 2009.

TIMAC AGRO. **Dossiê Fertiactyl Pós**: Dossiê Técnico-Científico. TIMAC AGRO, 2014. Acesso em: 28 abr. 2015.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 359–364, 2006a.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Intoxicação de eucalipto submetido à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 521–526, 2006b.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Leaf anatomy and morphometry in three eucalypt clones treated with glyphosate. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 129–136, 2009.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 195–205, 2011.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**, v. 328, n. 1-2, p. 57–69, 2009.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho permitem afirmar que o Fertiactyl Pós tem potencial para reduzir os danos causados pelo contato do glyphosate em plantas de eucalipto, sendo que, a dose desse antídoto é dependente da quantidade de glyphosate que atinge as plantas. Entretanto, se mal empregado, com aplicações em altas doses, o Fertiactyl Pós poderá prejudicar o crescimento do eucalipto, além de reduzir a eficiência de controle da braquiária pelo herbicida.

Apesar de serem promissores os resultados desta pesquisa, ainda existem diversas perguntas a serem respondidas sobre o uso dessa tecnologia. É necessário conhecer como esse produto penetra e age nas plantas, além de analisar os efeitos do seu uso em experimentos de campo, testando o nível de controle de outras espécies de plantas daninhas, o efeito sobre diferentes clones de eucalipto, formas e épocas de aplicação. É necessário ainda, uma análise da viabilidade econômica do uso dessa tecnologia nas aplicações de glyphosate na cultura do eucalipto.

Uma das oportunidades que se abre com a confirmação da eficiência do Fertiactyl Pós na proteção do eucalipto é a aplicação do glyphosate em área total nas operações de manutenção florestal. Isso facilitará as aplicações, aumentando a eficiência operacional, além de reduzir a dependência de mão de obra especializada, reduzindo drasticamente os custos desta operação. Tudo isso mantendo, ou até melhorando, a eficiência no controle das plantas daninhas.