

JARDEL LOPES PEREIRA

**IMPACTO DO CULTIVO DA SOJA RESISTENTE AO GLYPHOSATE SOBRE
ARTRÓPODES E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA CULTURA**

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*.

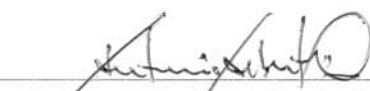
**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009**

JARDEL LOPES PEREIRA

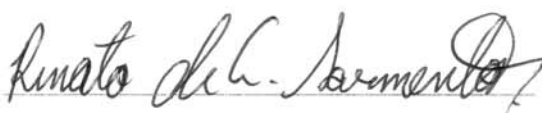
**IMPACTO DO CULTIVO DA SOJA RESISTENTE AO GLYPHOSATE SOBRE
ARTRÓPODES E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA CULTURA**

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: 17 de novembro de 2009.



Prof. Antonio Alberto da Silva
(Coorientador)

Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes

Prof. Renato de Almeida Sarmento

Dra. Nelsa Maria Pinho Guedes

Prof. Marcelo Coutinho Picanço
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida, saúde, força, seu amor e por ter me abençoado, ajudando a superar mais uma etapa da vida.

Aos meus pais Gabriel Pereira Filho e Maria Amélia Lopes Pereira e aos meus irmãos Everton Lopes Pereira, Gabrieli Lopes Pereira e Joice Nazaré Pereira, pelo apoio, pela compreensão e pelo carinho.

Aos meus sobrinhos Gabriel e Geovana pelo inigualável amor e alegria que sempre me proporcionam.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do Curso de Pós-Graduação.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro, possibilitando a realização deste trabalho.

Ao professor Marcelo Coutinho Picanço, pela orientação, pelo exemplo de dedicação na atividade acadêmica, pela ética, pela compreensão e pela amizade ao longo desses anos de convívio. Meus agradecimentos também a sua esposa Kátia e seus filhos Mayara, Luisa e Marcelo pelo agradável convívio.

Ao professor Antonio Alberto da Silva, pela amizade, pela orientação, pelo exemplo e pela ética.

Ao amigo de todas as horas Marcelo Rodrigues dos Reis pela amizade e pelo exemplo de dedicação as atividades acadêmicas, contribuindo fundamentalmente na execução deste trabalho.

Ao professor Raul Narciso Guedes e sua esposa Nelsa Maria Pinho Guedes pela amizade, carinho, atenção e pelas sugestões sempre oportunas.

Aos funcionários Francisco Ribeiro, José Evaristo Lopes, e todos os funcionários da Estação Experimental de Coimbra pela amizade, ajuda na condução dos experimentos e momentos de descontração.

Aos amigos do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas: Adriano, Aelton, Amanda, Ariel, Dalton, Darley, Elisângela, Eliseu, Emerson, Ézio, Flávio, Fernanda, Gerson, Henrique, Jander, Jorgiane, Júlio, Leandro Bacci, Luma, Maria Elisa, Mateus Campos, Matheus Chediak, Mayara, Nilson, Pablo, Paulo, Renan, Renata, Ricardo, Rogério, Rômulo, Silvério, Shaiene, Suelen, Suzana, Tarcísio e Vânia, pelo convívio agradável e auxílio na condução dos experimentos.

Aos amigos do Laboratório de Taxonomia: Alberto, Erick, Hudson e Ronnie pela amizade e convívio agradável.

Aos amigos do Laboratório de Plantas Daninhas: Adriano, Alessandra, Alexandre, Aroldo, Edson, Evander, José Barbosa, Leandro, Luiz e Luciano pelo convívio agradável.

Aos irmãos e amigos de república: Alci, André, Claudinei, Emerson, Felipe, Guilherme e Vitor pela amizade e companheirismo.

Aos participantes da banca examinadora de defesa de tese: Antonio Alberto da Silva, Raul Narciso Carvalho Guedes, Renato de Almeida Sarmento e Nelsa Maria Pinho Guedes pelas críticas e sugestões.

Aos professores Antonio Alberto da Silva e Cristina Schetino Bastos e os pesquisadores André Luiz Barreto Crespo e Alfredo Henrique Rocha Gonring pelas críticas e sugestões que deram na participação da banca de qualificação.

Ao coordenador do programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, o professor Claudio Horst Bruckner, pela competência na execução de seu árduo trabalho.

Às secretárias da Fitotecnia e Entomologia, Mara, Tatiane, Paula e Miriam, pela competência e dedicação ao trabalho.

Aos taxonomistas Antonio Domingos Brescovit, Elisiana Pereira de Oliveira, Cidália Gabriela Santos Marinho, Jeferson Luiz de Carvalho Mineiro e Paulo Sérgio Fiuza Ferreira pelo auxílio inestimável na condução deste trabalho.

A minha querida companheira Paula pelo amor, amizade, companheirismo, confiança e compreensão demonstrada ao longo desses anos de convivência. Os meus sinceros agradecimentos também aos seus pais Paulo Sérgio Rinaldi e Élia Natalino Rinaldi pela confiança depositada em mim e pelos momentos de descontração.

E finalmente a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do presente trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

JARDEL LOPES PEREIRA, filho de Gabriel Pereira Filho e Maria Amélia Lopes Pereira, nasceu em 11 de outubro de 1980, em Visconde do Rio Branco, MG.

Em fevereiro de 2000, iniciou o curso de graduação em Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, MG, concluindo-o em julho de 2004. Durante a graduação, foi estagiário nos Laboratórios de Manejo Integrado de Pragas do DBA/UFV e de Plantas Daninhas no Departamento de Fitotecnia sob orientação dos Profs. Marcelo Coutinho Picanço e Antonio Alberto da Silva, onde desenvolveu vários trabalhos com manejo integrado de pragas de hortaliças, grandes culturas, fruteiras; e impacto de sistemas de cultivo, plantas transgênicas e integração agricultura pecuária sobre artrópodes e plantas daninhas. Nesse período foi bolsista de Iniciação Científica da EMBRAPA por dois anos consecutivos, e da FAPEMIG por um ano e meio.

Em agosto de 2006, tornou-se mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa. Nesse mesmo mês, iniciou o curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, nessa mesma universidade, submetendo-se à defesa de tese em 17 de novembro de 2009, sendo ambos os títulos financiados pelo CNPq.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
LITERATURA CITADA.....	5
I. IMPACTO DO CULTIVO DA SOJA RESISTENTE AO GLYPHOSATE SOBRE ARTRÓPODES DO DOSSEL DA CULTURA.....	9
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3. RESULTADOS.....	15
4. DISCUSSÃO.....	30
5. LITERATURA CITADA.....	32
II. IMPACTO DO CULTIVO DA SOJA RESISTENTE AO GLYPHOSATE SOBRE ARTRÓPODES DA SUPERFÍCIE DO SOLO.....	37
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
1. INTRODUÇÃO.....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3. RESULTADOS.....	42
4. DISCUSSÃO.....	55
5. LITERATURA CITADA.....	56

III. IMPACTO DO CULTIVO DA SOJA RESISTENTE AO GLYPHOSATE SOBRE ARTRÓPODES DO INTERIOR DO SOLO.....	60
RESUMO.....	60
ABSTRACT.....	61
1. INTRODUÇÃO.....	62
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	63
3. RESULTADOS.....	65
4. DISCUSSÃO.....	78
5. LITERATURA CITADA.....	80
 IV. IMPACTO DO CULTIVO DA SOJA RESISTENTE AO GLYPHOSATE NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA CULTURA.....	 85
RESUMO.....	85
ABSTRACT.....	86
1. INTRODUÇÃO.....	87
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	88
3. RESULTADOS.....	91
4. DISCUSSÃO.....	101
5. LITERATURA CITADA.....	103
 V. CONCLUSÕES GERAIS.....	 108

RESUMO

PEREIRA, Jardel Lopes, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2009. **Impacto do cultivo da soja resistente ao glyphosate sobre artrópodes e componentes de produção da cultura.** Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Coorientadores: Antonio Alberto da Silva e Leandro Bacci.

A área mundial cultivada com plantas transgênicas atingiu, em 2008, 125 milhões de hectares, sendo que a soja resistente ao glyphosate ocupou 53% desta área. A rápida aceitação desta tecnologia deveu-se a sua alta eficiência, baixo custo e facilidade de adoção. Todavia, o uso abusivo de um herbicida de largo espectro de ação causa impactos diretos e indiretos. O impacto direto é provocado pelo cultivo da soja transgênica com a inserção do gene de resistência ao glyphosate (CP4 EPSPS) da estirpe CP4 da bactéria *Agrobacterium*. Já os indiretos estão relacionados às alterações nas práticas de manejo da cultura, principalmente devido ao uso do glyphosate em pós-emergência da soja. Neste trabalho objetivou-se avaliar o impacto do cultivo da soja resistente ao glyphosate e seu manejo com glyphosate sobre a comunidade de artrópodes e os componentes de produção da cultura. O experimento foi realizado na estação experimental da Universidade Federal de Viçosa em Coimbra, MG nos biênios agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009. Os tratamentos estudados foram: soja não transgênica e transgênica com capina mecânica das plantas daninhas; e soja transgênica com uma e três aplicações de glyphosate. O cultivo da soja resistente ao glyphosate não afetou a riqueza e nem a abundância dos artrópodes no dossel das plantas, na superfície e no

interior do solo. No dossel da soja transgênica, com três aplicações de glyphosate, a densidade total de artrópodes (no segundo ano de cultivo) e do fitófago mastigador *Cerotoma arcuatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) foi menor do que as observadas nos demais tratamentos. O mesmo ocorreu com a densidade total de artrópodes na superfície do solo, sobretudo os predadores *Achaearanea* sp. (Araneae: Theridiidae), *Oxypodini* sp. (Coleoptera: Staphylinidae) e *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae) e os detritívoros Entomobryidae (Collembola), *Hypogastrura* sp. (Collembola: Hypogastruridae) e *Xyleborus* sp. (Coleoptera: Scolytidae). Já o inverso foi observado para os fitófagos sugadores *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Caliothrips brasiliensis* (Thysanoptera: Thripidae) e *Tetranychus* sp. (Acari: Tetranychidae) no dossel das plantas. A aplicação de glyphosate (uma ou três) reduziu as densidades do predador *Solenopsis* sp. e do detritívoro *Hypogastrura* sp. no dossel da planta. O mesmo ocorreu com os predadores Acari: Galumnidae, *Neivamyrmex* sp. (Hymenoptera: Formicidae) e *Solenopsis* sp. e dos Collembola detritívoros Entomobryidae, *Hypogastrura* sp. e Onychiuridae no interior do solo. A transgenia e o manejo de plantas daninhas na soja transgênica com glyphosate não afetaram os componentes de produção, o crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura.

ABSTRACT

PEREIRA, Jardel Lopes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2009. **Impact of soybean crops resistant to glyphosate on arthropods and components of plant yield**. Adviser: Marcelo Coutinho Picanço. Co-advisers: Antonio Alberto da Silva and Leandro Bacci.

The global area planted with transgenic crops was 125 million hectares in 2008. Of this total, 53% was occupied by soybean modified for tolerance to glyphosate. The rapid acceptance of this technology is due to high efficiency, low cost and easy to implement. However, the abuse use of a broad spectrum herbicide can cause direct and indirect impacts. The direct impact is caused by the cultivation of transgenic soybean by inserting the gene for glyphosate resistance (CP4 EPSPS) from the *Agrobacterium* sp. strain CP4. Indirect effects may include changes in management practices of culture, mainly due to utilization of glyphosate in post-emergence of soybean. This work aimed to evaluate the impact of soybean crops resistant to glyphosate and their management with glyphosate on arthropods and components of plant yield. The experiment was conducted during the growing seasons of 2007/2008 and 2008/2009 in experimental station of Universidade Federal de Viçosa in Coimbra, Minas Gerais State, Brazil. The treatments studied were: non-GM and GM soybean with mechanical weed control; and GM soybean with one and three applications of glyphosate. Transgenic soybean, resistant to glyphosate did not affect the richness and abundance of arthropods in the canopy of plants, and the surface and inside the soil. In transgenic soybean canopy, with three

applications of glyphosate, the total density of arthropods (in the second year of cultivation) and phytophagous chewer *Cerotoma arcuatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) was lower than those observed in other treatments. The same occurred with the total density of arthropods on the soil surface, especially predators *Achaearanea* sp. (Araneae: Theridiidae), *Oxypodini* sp. (Coleoptera: Staphylinidae) and *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae) and detritivorous Entomobryidae (Collembola), *Hypogastrura* sp. (Collembola: Hypogastruridae) and *Xyleborus* sp. (Coleoptera: Scolytidae). Since the reverse was observed for the phytophagous sucking *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Caliothrips brasiliensis* (Thysanoptera: Thripidae) and *Tetranychus* sp. (Acari: Tetranychidae) in the plant canopy. The application of glyphosate (one or three) reduced the densities of predator *Solenopsis* sp. and detritivore *Hypogastrura* sp. the canopy of the plant. The same occurred inside the soil, with the predators Acari: Galumnidae, *Neivamyrmex* sp. (Hymenoptera: Formicidae) and *Solenopsis* sp. and the detritivorous Entomobryidae, *Hypogastrura* sp. Onychiuridae. The soybean resistant to glyphosate and their management with glyphosate did not affect the components of plant yield; growth, development and crop productivity.

INTRODUÇÃO GERAL

Os organismos geneticamente modificados possuem seus genomas alterados pela engenharia genética, com a introdução de sequências de DNA de outro organismo ou pela inativação de parte de seus genes (Terada *et al.*, 2002). Um dos mais importantes e promissores desdobramentos desta tecnologia esta associada ao desenvolvimento de variedades de plantas transgênicas (Oraby *et al.*, 2007; Manuela Rigano *et al.*, 2009; Murén *et al.*, 2009).

Estudos com culturas transgênicas visam alterar, adicionar ou remover um caractere de interesse, levando-se em conta as necessidades sociais e econômicas de consumidores e produtores. Para que uma planta transgênica possa ser efetivada como nova tecnologia é necessário a sua integração com os sistemas produtivos. Também é fundamental que esta nova planta não represente riscos à saúde humana e ao ambiente (Fontes & Melo, 1999).

Atualmente, sementes modificadas de abóbora, alfafa, algodão, álamo, beterraba, canola, cravo, mamão, milho, petúnia, pimentão, soja e tomate são cultivados em 25 países distribuídos nas Américas do Norte, Central e do Sul; África; Ásia; Europa e Oceania. A soja foi a principal cultura biotecnológica em 2008, ocupando 65,8 milhões de hectares ou 53% da área global com cultivos biotecnológicos, seguida pelo milho biotecnológico com 30%, algodão biotecnológico com 12 % e canola biotecnológica com 5% (James, 2008).

A resistência a herbicida empregada na soja, milho, canola, algodão e alfafa ocuparam 63% da área global com culturas biotecnológicas. Das culturas transgênicas resistentes a herbicida, a soja resistente ao glyphosate é a mais

cultivada (James, 2008). A alta adoção da soja resistente ao glyphosate é atribuída basicamente ao baixo custo do controle de plantas daninhas, a maior flexibilidade e simplificação do sistema, e ao amplo espectro de ação deste herbicida (Gianessi, 2005; Cerdeira & Duke, 2006).

Com a introdução da soja transgênica resistente ao glyphosate foram observadas profundas mudanças nos sistemas de controle de plantas daninhas. Assim vários herbicidas ou combinações de produtos utilizados foram substituídos por um único ingrediente ativo, o glyphosate (Young, 2006; Usda-National Agricultural Statistics Service, 2008). Somente nos Estados Unidos, verificou-se aumento de 52 milhões de litros de glyphosate comercializados entre os anos de 1997 e 2004 (Benbrook, 2004).

O uso da soja transgênica resistente ao glyphosate pode causar impactos diretos ou indiretos sobre os componentes do agroecossistema. O impacto direto é provocado pelo cultivo da soja transgênica com a inserção do gene de resistência ao glyphosate (CP4 EPSPS) proveniente da bactéria *Agrobacterium* estirpe CP4 (Clemente *et al.*, 2000; Mello-Farias & Chaves, 2008; Wang & Xu, 2008). Já os efeitos indiretos estão relacionados com as alterações nas práticas de manejo da cultura, principalmente pela utilização do glyphosate em pós-emergência da soja. Tais impactos atingem de forma geral os componentes bióticos do sistema, podendo afetar a comunidade de microrganismos e artrópodes ou mesmo alterar o crescimento, desenvolvimento e produtividade da soja.

O impacto do glyphosate na comunidade de artrópodes pode ser devido à toxicidade de sua molécula ou pode ser provocado pelas alterações causadas por este herbicida na comunidade de plantas daninhas. Segundo Strong *et al.* (1984) 45% das espécies de artrópodes utilizam as plantas como fonte de alimentos. Entre os artrópodes que estão associados a plantas daninhas estão espécies fitófagas, inimigos naturais e detritívoros.

Os artrópodes constituem o grupo de organismos mais abundante e diverso do planeta e podem ser utilizados como bioindicadores de impactos ambientais, uma vez que são sensíveis às mudanças no agroecossistema (Linden *et al.*, 1994). Com relação aos nichos ecológicos eles atuam como detritívoros, fitófagos, parasitas, parasitóides, predadores, polinizadores, entre

outros (Ehrlich *et al.*, 1980; Den Boer, 1981; Rosenberg *et al.*, 1986; De Souza & Brown, 1994).

A avaliação da comunidade de artrópodes como ferramenta de estudos de impacto ambiental tornou-se mais eficiente com uso de análises multivariadas. Estas análises possibilitam expansão na geração de hipóteses permitindo que o conjunto de dados seja condensado em poucas informações sem perder o poder estatístico. A análise multivariada é utilizada quando se pretende de estudar simultaneamente uma série de variáveis que podem ser associadas a um determinado fenômeno (Anderson, 1984). Assim, em estudos de campo, onde grande parte das condições não é controlada, esta ferramenta se torna essencial.

Outro aspecto importante do uso da soja transgênica resistente ao glyphosate está relacionado aos impactos sobre o crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura. Na região sul do Brasil estudos tem demonstrado que a produtividade da soja RR varia entre 2,3 e 2,6 toneladas por hectare, 6% a menos do que o obtido nas áreas cultivadas com as variedades não transgênicas (Belmonte, 2005). Este mesmo autor afirma que em condições de temperatura elevada e estresse hídrico, a soja transgênica pode ter sua produtividade reduzida em mais de 25% em relação aos cultivares não transgênicos.

No estudo do impacto das plantas transgênicas nos componentes de produção duas ferramentas de pesquisa importantes são as tabelas de vida das culturas e as análises de crescimento das plantas. As tabelas de vida das culturas é uma ferramenta que permite a identificação e quantificação dos fatores de perdas nos componentes de produção da cultura. Elas possibilitam a obtenção de dados cumulativos e comparáveis das perdas ocorridas nos componentes de produção da cultura (Picanço, 1992; Picanço & Marquini, 1999). Picanço (1992) desenvolveu para a cultura da ervilha um modelo de tabela de vida que possibilita a determinação das perdas por unidade de área para cada componente de produção da cultura. Esta ferramenta possibilita a identificação do componente crítico e do fator chave de perdas para a cultura. O componente crítico é aquele que possui maior regulação sobre as perdas ocorridas na cultura. Já o fator chave de perda é aquele que apresenta maior influência na flutuação das perdas totais no componente crítico de perdas.

A análise de crescimento das plantas possibilita estudar as mudanças na produção vegetal em função do tempo (Urchei *et al.*, 2000). Sua adoção permite estabelecer uma ligação entre o rendimento das culturas com avaliações fisiológicas e de crescimento e desenvolvimento das plantas sem a necessidade de equipamentos sofisticados (Kvet *et al.*, 1971; Benincasa, 1988; Urchei *et al.*, 2000; Aguilera *et al.*, 2004).

Considerando o aumento expressivo da área cultivada com soja transgênica resistente ao glyphosate é importante a realização de pesquisas sobre o impacto ambiental desta tecnologia. Estes estudos possibilitam a geração de alternativas que garantam incrementos de produtividade, de forma ecologicamente sustentável.

Nesta tese, dividida em quatro capítulos, objetivou-se avaliar o impacto ambiental da soja transgênica resistente ao glyphosate e seu manejo com uma e três aplicações de glyphosate sobre os artrópodes, componentes de produção e o desenvolvimento da cultura. Nos três primeiros capítulos avaliou o impacto da soja resistente ao glyphosate e seu manejo com glyphosate sobre a comunidade de artrópodes do dossel das plantas, superfície do solo e interior do solo, respectivamente. No último capítulo o impacto da soja transgênica e seu manejo com glyphosate sobre os componentes de produção da cultura usando tabelas de vida e análise de crescimento, foram avaliados.

LITERATURA CITADA:

Aguilera, D.B.; Ferreira, F.A.; Cecon, P.R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.43 - 51. 2004.

Anderson, T.W. **An introduction to multivariate statistical analysis**. New York: John Wiley & Sons. 1984

Belmonte, R.V. **Os problemas ambientais da soja transgênica**. <http://www.agrisustentavel.com/trans/soja.html>: 1 p. 2005.

Benbrook, C.M. **Genetically engineered crops and pesticide use in the United States: The first nine years**. 2004.

Benincasa, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP. 1988. 42 p.

Cerdeira, A.L. & Duke, S.O. The current status and environmental impacts of Glyphosate-resistant crops: a review. **Journal of Environmental Quality**, v.35, n.5, p.1633 - 1658. 2006.

Clemente, T.E.; Lavalley, B.J.; Howe, A.R.; Conner-Ward, D.; Rozman, R.J.; Hunter, P.E.; Broyles, D.L.; Kasten, D.S.; Hinchey, M.A. Progeny analysis of

glyphosate selected transgenic soybeans derived from *Agrobacterium*-mediated transformation. **Crop Science**, v.40, p.797 - 803. 2000.

De Souza, O.F.F. & Brown, V.K. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. **Journal of Tropical Ecology** v.10, p.197 - 206. 1994.

Den Boer, P.J. On the survival of populations in a heterogeneous and variable environment. **Oecologia**, v.50, p.39 - 53. 1981.

Ehrlich, P.R.; Murphy, D.D.; Singer, M.C.; Sherwood, C.B.; White, R.R.; Brown, I.L. Extinction, reduction, stability and increase: the response of checkerspot butterflies to the California drought. **Oecologia**, v.46, p.101 - 105. 1980.

Fontes, E.M.G. & Melo, P.E. Avaliação de riscos na introdução no ambiente de plantas transgênicas. In: Torres, A.C.;Caldas, L.S.;Buso, J.A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPH, v.2, 1999, p.815 – 843.

Gianessi, L. Economic and herbicide use impacts of Glyphosate-resistant crops. **Pest Management Science**, v.61, n.3, p.241 - 245. 2005.

James, C. Preview: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops:2008 Isaaa. Ithaca, NY. 37: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/39/executivesummary/pdf/Brief%2039%20-%20Executive%20Summary%20-%20Portuguese.pdf> p. 2008.

Kvet, J.; Ondock, J.P.; Necas, J.; Jarvis, P.G. Methods of growth analysis. In: Sestak, Z.;Catsky, J.;Jarvis, P. G. (Ed.). **Plant photosyntetic production: manual of methods**. The Hague: Springer, 1971. p.343 - 391

Linden, D.R.; Hendrix, F.Q.; Coleman, D.C.; Van-Vliet, P.C.J. Indicators of soil quality. In: Doran, J.W.;Coleman, D.C.;Bezdicek, D.F.;Stewart, B.A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994, p.91 – 103.

Manuela Rigano, M.; Manna, C.; Giulini, A.; Pedrazzini, E.; Capobianchi, M.; Castilletti, C.; Di Caro, A.; Ippolito, G.; Beggio, P.; De Giuli Morghen, C.; Monti, L.; Vitale, A.; Cardì, T. Transgenic chloroplasts are efficient sites for high-yield production of the vaccinia virus envelope protein A27L in plant cells. **Plant Biotechnology Journal**, v.7, n.1, p.577 - 591. 2009.

Mello-Farias, P.C. & Chaves, A.L.S. Advances in *Agrobacterium*-mediated plant transformation with emphasis on soybean. **Scientia Agricola**, v.65, n.1, p.95 - 106. 2008.

Murén, E.; Nilsson, A.; Ulfstedt, M.; Johansson, M.; Ronne, H. Rescue and characterization of episomally replicating DNA from the moss *Physcomitrella*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.106, n.46, p.19444 - 19449. 2009.

Oraby, H.; Venkatesh, B.; Dale, B.; Ahmad, R.; Ransom, C.; Oehmke, J.; Sticklen, M. Enhanced conversion of plant biomass into glucose using transgenic rice-produced endoglucanase for cellulosic ethanol. **Transgenic Research**, v.16, n.1, p.739 - 749. 2007.

Picanço, M.C. **Entomofauna e danos das pragas associadas à cultura de ervilha (*Pisum sativum* L.), em quatro épocas de plantio e 54 variedades.** (Doutorado). Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992. 310 p.

Picanço, M.C. & Marquini, F. Manejo integrado de pragas de hortaliças em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v.20, n. 200/201, p.126 - 133. 1999.

Rosenberg, D.M.; Danks, H.V.; Lehmküh, D.M. Importance of insects in environmental impact assessment. **Environmental Management**, v.10, n.6, p.773 - 783. 1986.

Strong, D.R.; Lawton, J.H.; Southwood, R. **Insects on plants: community patterns and mechanisms**. Oxford: Blackwell Scientific, v.1. 1984. 313 p.

Terada, R.; Urawa, H.; Inagaki, Y.; Tsugane, K.; Lida, S. Efficient gene targeting by homologous recombination in rice. **Nature Biotechnology**, v.20, n.11, p.1030 - 1034. 2002.

Urchei, M.; Rodrigues, J.D.; Stone, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.497 - 506. 2000.

Usda-National Agricultural Statistics Service. Crop report for week ending may 18. **Indiana Crop & Weather Report**. West Lafayette: Indiana Field Office. 2008.

Wang, G. & Xu, Y. Hypocotyl-based *Agrobacterium*-mediated transformation of soybean (*Glycine max*) and application for RNA interference. **Plant Cell Reports**, v.27, p.1177 - 1184. 2008.

Young, B.G. Changes in herbicide use patterns and production practices resulting from Glyphosate-resistant. **Weed Technol**, v.20, p.301 - 307. 2006.

I. IMPACTO DO CULTIVO DA SOJA RESISTENTE AO GLYPHOSATE SOBRE ARTRÓPODES DO DOSSEL DA CULTURA

RESUMO

O cultivo da soja resistente ao glyphosate pode causar impactos diretos ou indiretos nos componentes do agroecossistema. O impacto direto é provocado pelo cultivo da soja com gene de resistência ao glyphosate. Já os efeitos indiretos estão relacionados com as alterações nas práticas de manejo da cultura, principalmente pela utilização do glyphosate em pós-emergência da soja. Neste trabalho objetivou-se avaliar o impacto do cultivo da soja resistente ao glyphosate sobre a comunidade de artrópodes do dossel das plantas. O experimento foi realizado na estação experimental da UFV em Coimbra, MG nos biênios agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009, em blocos casualizados com cinco repetições. Os tratamentos foram: soja transgênica e não transgênica com capina mecânica das plantas daninhas; e soja transgênica com uma e três aplicações de glyphosate. As populações de artrópodes no dossel das plantas foram amostradas ao longo dos dois cultivos. O cultivo da soja com gene de resistência ao glyphosate não afetou a riqueza e nem a abundância de artrópodes no dossel das plantas. No segundo ano de cultivo a densidade total de artrópodes foi menor na soja transgênica com três aplicações de glyphosate em relação aos demais tratamentos. O mesmo ocorreu com a densidade do fitófago mastigador *Cerotoma arcuatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) nos dois anos de cultivo. Já as densidades dos fitófagos sugadores *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Caliothrips brasiliensis* (Thysanoptera: Thripidae) e *Tetranychus* sp. (Acari: Tetranychidae) foram maiores na soja transgênica com três aplicações de glyphosate do que nos demais tratamentos. A aplicação de glyphosate (uma ou três) reduziu densidades do predador *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae) e do detritívoro *Hypogastrura* sp. (Collembola: Hypogastruridae).

Palavras chave: *Glycine max*, transgenia, fitófagos, predadores, parasitóides, detritívoros.

I. IMPACT OF SOYBEAN CROPS RESISTANT TO GLYPHOSATE ON ARTHROPODS OF THE PLANT CANOPY

ABSTRACT

The cultivation of transgenic soybean resistant to glyphosate can cause direct or indirect impacts on components of the agroecosystem. The direct impact is caused by the cultivation of transgenic soybean by inserting the gene for glyphosate. Indirect effects may include changes in management practices of culture, mainly due to utilization of glyphosate in post-emergence of soybean. This work aimed to evaluate the impact of soybean crops resistant to glyphosate on the arthropod community of the plant canopy. The experiment was conducted during the growing seasons of 2007/2008 and 2008/2009 in experimental station of Universidade Federal de Viçosa in Coimbra, Minas Gerais State, Brazil. The treatments studied were: non-GM and GM soybean with mechanical weed control; and GM soybean with one and three applications of glyphosate. The populations of arthropods in the canopy of the plants were sampled along over the days in both crops. Transgenic soybean, resistant to glyphosate did not affect the richness and abundance of arthropods in the canopy of plants. In the second year of cultivation the total density of arthropods was lower in transgenic soybean with three applications of glyphosate in relation to other treatments. The same occurred with the density of phytophagous chewer *Cerotoma arcuatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) in two years of cultivation. Since the densities of phytophagous sucking *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Caliothrips brasiliensis* (Thysanoptera: Thripidae) and *Tetranychus* sp. (Acari: Tetranychidae) were higher in transgenic soybean with three applications of glyphosate than in other treatments. The application of glyphosate (one or three) reduced densities of predator *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae) and the scavenger *Hypogastrura* sp. (Collembola: Hypogastruridae).

Keywords: *Glycine max*, phytophagous, predators, parasitoids, detritivores.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a mais importante oleaginosa, sendo utilizada diretamente na alimentação humana, produção de óleos e alimentação animal. Em 2005, a soja transgênica resistente ao glyphosate foi oficialmente liberada para plantio no Brasil. Deste momento em diante foram observadas profundas mudanças nos sistemas de controle de plantas daninhas no país, tendo em vista que vários produtos ou combinações de produtos utilizados no passado foram substituídos por um único ingrediente ativo, o glyphosate (Young, 2006; Usda-Nass, 2008).

A alteração molecular da soja pela inserção do gene (CP4 EPSPS) da bactéria *Agrobacterium* estirpe CP4 tornou essa cultura resistente ao glyphosate. Em consequência disto ocorreram profundas alterações nas técnicas para o manejo de plantas daninhas nesta cultura, com reflexos nos agroecossistemas. Entre os principais componentes dos agroecossistemas estão os artrópodes cujas comunidades são compostas por espécies fitófagas, predadoras, parasitóides e detritívoras (Schwartz *et al.*, 2000; Langellotto & Denno, 2004).

O impacto do glyphosate na entomofauna pode ser devido à toxicidade de sua molécula ou provocado pelas alterações deste herbicida sobre a comunidade de plantas daninhas. Segundo Strong *et al.* (1984) 45% das espécies de artrópodes utilizam as plantas como fonte de alimentação. Entre os artrópodes que se alimentam de plantas daninhas estão espécies fitófagas, inimigos naturais e detritívoras. Muitos destes artrópodes alimentam-se das plantas daninhas e podem ter suas populações reduzidas pelo comprometimento de suas fontes alimentares devido à aplicação dos herbicidas. Isto pode interferir nas relações ecológicas e comprometer as teias alimentares, o que pode culminar em explosões populacionais de insetos praga. Vários autores mencionam que o controle de plantas daninhas pode afetar a abundância de artrópodes (Shelton & Edwards, 1983; Buntin & Pedigo, 1986; Norris & Kogan, 2004). Shelton & Edwards (1983) verificaram que na soja livre de plantas daninhas ocorreu maior número de pragas e na presença destas plantas predominaram espécies predadoras.

Considerando a importância dos artrópodes no agroecossistema, frente aos benefícios que estes causam ao ambiente, ou aos prejuízos no caso de insetos-praga, estudos sobre o impacto da soja transgênica e seus métodos de manejo como a aplicação de glyphosate em plantas de soja, são essenciais para o aprimoramento de alternativas que garantam a produtividade da cultura e a sustentabilidade do agroecossistema da soja.

Neste trabalho avaliou-se o impacto da soja resistente ao glyphosate e seu manejo com glyphosate sobre a comunidade de artrópodes do dossel das plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Condições Experimentais

O experimento foi realizado na Estação Experimental da Universidade Federal de Viçosa em Coimbra, Estado de Minas Gerais (20°51'24"S, 42°48'10"W e altitude de 720 m) em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, fase terraço (Tabela 1).

O experimento foi conduzido em dois anos agrícolas subsequentes, o primeiro no biênio 2007/2008 e o segundo no biênio 2008/2009. Aos 15 dias antes da semeadura da soja, realizou-se a dessecação química da área com glyphosate (1440 g ha⁻¹). As variedades utilizadas foram a soja transgênica BRS Favorita RR (Roundup Ready®) e a soja não transgênica MG/BR-46 Conquista. Por ter como parental a cultivar Conquista a Favorita, ambas são consideradas bastante semelhantes, apresentando ciclo médio de 115 dias, hábito de crescimento determinado, mesmo padrão de resistência a doenças e indicadas para o cultivo na região Centro-sul do Brasil. A semeadura direta da soja transgênica BRS Favorita RR (Roundup Ready®) e da soja não transgênica MG/BR-46 Conquista foi realizada na primeira quinzena do mês de dezembro do primeiro biênio agrícola 2007/2008 e na segunda quinzena de novembro para o biênio agrícola de 2008/2009. As sementes de soja transgênica e não transgênica nos dois anos de cultivo foram tratadas com carbendazin + tiram (0,30 + 0,70 g kg⁻¹ de sementes) e inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 587 e SEMIA 5019 (4,2 x 10⁹ células viáveis kg⁻¹ de sementes).

Os valores diários de precipitação pluvial; umidade relativa do ar e temperaturas médias, máximas e mínimas do ar durante o ciclo da cultura nos dois biênios agrícolas foram avaliados utilizando estação meteorológica instalada no local de cultivo sendo que a variação dos elementos climáticos está representada na Figura 1.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições. Cada parcela experimental foi constituída por área de 10 x 10 m com as linhas da cultura da soja espaçadas de 0,5 m e com densidade de plantio de 18 sementes por metro. Os tratamentos estudados no campo foram: 1- soja não transgênica com capina mecânica das plantas daninhas, 2- soja transgênica com capina mecânica das plantas daninhas, 3- soja transgênica com uma aplicação de glyphosate (1.080 g ha^{-1}) aos 15 dias após a emergência; 4- soja transgênica com três aplicações de glyphosate (1.080 g ha^{-1}) aos 15, 30 e 45 dias após a emergência.

A utilização de uma aplicação de glyphosate representa a frequência de uso deste herbicida pelos sojicultores nos anos iniciais de implantação do cultivo da soja transgênica resistente a este herbicida. Já a realização de três aplicações de glyphosate representa a frequência de uso deste herbicida alguns anos após a implantação do cultivo da soja transgênica resistente ao glyphosate, situação na qual os sojicultores enfrentam problemas de controle devido ao aumento de densidade de espécies tolerantes e ao surgimento de biótipos resistentes a esse herbicida (Roman *et al.*, 2004; Smith & Hallett, 2006; Heap, 2008). Para o estudo do impacto do cultivo da soja transgênica foram realizadas comparação entre os tratamentos soja transgênica capinada e soja não transgênica capinada. Já para estudo do impacto do glyphosate inerente ao cultivo da soja transgênica foram comparados os tratamentos soja transgênica capinada com os tratamentos soja transgênica com uma aplicação e três aplicações de glyphosate.

2.2. Avaliação das populações de artrópodes

As populações de artrópodes do dossel das plantas de soja foram avaliadas no primeiro cultivo aos 10, 15, 31, 37, 46, 57, 64, 94 e 108 após a emergência das plantas. No segundo cultivo essas populações foram avaliadas

aos 10, 15, 31, 50, 69, 90 e 105 após a emergência das plantas. Para amostragem dos artrópodes em cada parcela o ponteiro de cinco plantas foram batidos em bandeja plástica branca (35 cm de comprimento x 30 cm de largura x 5 cm de profundidade) conforme Moura et al. (2007). Os artrópodes coletados foram conservados em frascos com álcool etílico 70%, sendo posteriormente separados em morfoespécies e enviados a taxonomistas para sua identificação.

2.3. Análise dos dados

O impacto do cultivo da soja transgênica e do seu manejo com glyphosate sobre a comunidade de artrópodes associado ao dossel da soja foi realizado comparando-se a riqueza e a abundância relativa dos artrópodes em cada tratamento.

A riqueza de artrópodes foi representada pelo número total de espécies e o número de espécies presentes em cada uma das guildas de fitófagos mastigadores, fitófagos sugadores, predadores, parasitóides e detritívoros observados em cada um dos tratamentos nos dois cultivos. Quanto ao impacto sobre a abundância de artrópodes os dados coletados nos dois anos foram submetidos a processo seletivo para se determinar quais das espécies mais abundantes que explicaram a variância observada (PROC STEPDISC com seleção STEPWISE; SAS Institute, 2001). As espécies foram selecionadas de acordo com três critérios: (1) espécies cuja frequência média de ocorrência no experimento nos dois anos de cultivo foi maior que 10%, (2) valor de F da análise de covariância significativo a $p < 0,10$ (as espécies selecionadas agem como covariáveis e os tratamentos como variáveis dependentes) e (3) correlação canônica parcial significativa a $p < 0,10$ (prediz os impactos dos tratamentos a partir das espécies controlando-se os efeitos das espécies) (SAS Institute, 2001).

Os dados de abundância relativa das espécies selecionadas foram submetidos à análise de variáveis canônicas (CVA). Esta técnica de ordenação indireta permite a representatividade dos dados originais num conjunto de variáveis que possibilita representar graficamente as respostas da comunidade em função dos tratamentos (Kedwards *et al.*, 1999). A significância da diferença na abundância da comunidade de artrópodes em função dos

tratamentos foi verificada pelo teste F aproximado ($p < 0,05$), usando a distância de Mahalanobis entre as classes de médias canônicas. As análises foram feitas usando o procedimento CANDISC (Sas Institute, 2001). Foram consideradas como as principais espécies aquelas cujos coeficientes canônicos mais contribuíram para a divergência entre os tratamentos nos eixos significativos.

Para as principais espécies foram confeccionadas curvas de flutuação populacional (média $\pm$ erro padrão) para cada tratamento nos dois anos. Os dados de abundância relativa destas espécies foram submetidos à análise de variância por medidas repetidas para se estudar em que períodos os tratamentos afetaram estas espécies. Tal procedimento foi utilizado devido às avaliações das populações dos artrópodes ao longo do tempo terem sido realizadas nas mesmas parcelas experimentais. Assim a análise de variância por medida repetida é recomendada para evitar o problema de pseudo-repetição no tempo. Essas análises foram feitas usando o procedimento ANOVA do SAS com a especificação PROFILE, como sugerido por von Ende (1993). A normalidade e a homogeneidade das variâncias foram testadas usando o procedimento UNIVARIATE (SAS Institute, 2001).

3. RESULTADOS

3.1. Impacto dos tratamentos sobre a riqueza de artrópodes

No primeiro ano de cultivo foram observadas 105 espécies de artrópodes no dossel das plantas, sendo 12 de fitófagos mastigadores, 33 de fitófagos sugadores, 43 de predadores, seis de parasitóides e 11 de detritívoros. A riqueza total de artrópodes no primeiro ano variou de 73 espécies na soja transgênica sem aplicação de herbicidas a 60 espécies na soja transgênica com três aplicações de glyphosate (Tabela 2). Já no segundo ano de cultivo foram observadas 56 espécies de artrópodes no dossel das plantas. Destas, cinco espécies são fitófagas mastigadores, 20 fitófagas sugadoras, 22 predadoras, três parasitóides e seis detritívoras. A riqueza de espécies no segundo ano variou de 43 espécies na soja não transgênica a 36 na soja transgênica com uma ou três aplicações de glyphosate (Tabela 2).

3.2. Impacto dos tratamentos sobre a abundância dos artrópodes

3.2.1. Espécies de artrópodes com capacidade preditiva dos impactos dos tratamentos

Das 105 e 56 espécies de artrópodes observadas no primeiro e segundo ano, respectivamente; apenas 11 espécies apresentaram frequência de ocorrência maior que 10% nos dois anos de cultivo. Os artrópodes de maior frequência de ocorrência em cada guilda nos dois anos de cultivo foram o fitófago mastigador *Cerotoma arcuatus*, os fitófagos sugadores *Bemisia tabaci*, *Caliothrips brasiliensis*, e *Tetranychus* sp., os predadores *Crematogaster* sp., *Doru luteipes*, *Franklinothrips* spp., *Solenopsis* sp. e *Tapinoma* sp. o parasitóide *Trichogramma* sp. e o detritívoro *Hypogastrura* sp. (Tabela 3)

Os fitófagos *B. tabaci*, *C. brasiliensis*, *C. arcuatus* e *Tetranychus* sp.; os predadores *D. luteipes* e *Solenopsis* sp. e o detritívoro *Hypogastrura* sp. foram as espécies que melhor explicaram a máxima discriminação entre os tratamentos sendo incluídas na análise de variáveis canônicas (Tabela 4).

Baseando-se nos coeficientes canônicos as espécies que mais contribuíram positivamente para a divergência entre os tratamentos nos eixos canônicos foram *Solenopsis* sp. (eixo 1 nos dois cultivos), *C. arcuatus* (eixo 1 no segundo cultivo) e *B. tabaci* (eixo 2 nos dois cultivos). Já as espécies que mais contribuíram negativamente para a divergência entre os tratamentos nos eixos canônicos foram *C. brasiliensis* (eixo 1 no primeiro cultivo) e *C. arcuatus* (eixo 2 nos dois cultivos) (Tabela 5). Portanto, o fitófago mastigador *C. arcuatus*; os fitófagos sugadores *B. tabaci* e *C. brasiliensis* e o predador *Solenopsis* sp. foram as principais espécies com capacidade preditiva dos impactos dos tratamentos. Espécies estas, que melhor possibilitam o entendimento dos efeitos do cultivo da soja transgênica e da manipulação de glyphosate sobre a maioria das espécies destas guildas.

3.2.2. Impacto dos tratamentos sobre os artrópodes

A análise de variáveis canônicas indicou diferenças significativas entre os tratamentos no primeiro (Wilks' lambda = 0,1825 e F = 13,83 e gl

(numerador/denominador) = 21/359 e $P < 0,0001$) e segundo cultivo (Wilks' lambda = 0,5026 e $F = 3,56$ e gl (numerador/denominador) = 21/276,21 e $P < 0,0001$). Quatro eixos canônicos foram calculados, sendo dois significativos no primeiro ($P < 0,0001$ e $P < 0,0001$) e dois no segundo cultivo ($P < 0,0001$ e $P = 0,025$) (Tabela 5). O primeiro e segundo eixos canônicos explicaram no primeiro cultivo 67% e 27% da variância acumulada e 69% e 17% no segundo ano, respectivamente (Tabela 5).

Verificou-se por meio dos diagramas de ordenação contendo os dois eixos canônicos significativos que no primeiro cultivo, tanto a soja transgênica quanto as aplicações de glyphosate não afetaram a riqueza e abundância de artrópodes. (Figura 2). Já no segundo cultivo a abundância total de artrópodes na soja transgênica com três aplicações de glyphosate foi menor que nos demais tratamentos (Figura 2).

3.2.3. Impacto dos tratamentos sobre as principais espécies de artrópodes durante o cultivo de soja

Não se detectaram diferenças significativas nas densidades das principais espécies de artrópodes fitófagas, predadoras e detritívoras entre a soja transgênica e a soja não transgênica nos dois anos de cultivo (Tabelas 6 e 6; Figuras 3 e 4).

Para todas as espécies de fitófagos, predadores e detritívoras selecionadas, a análise de medidas repetidas não demonstrou diferença significativa entre os tratamentos soja transgênica e soja não transgênica (Tabelas 6 e 7; Figuras 3 e 4).

Entretanto, verificou-se impacto do glyphosate sobre a abundância de algumas das principais espécies de artrópodes associadas ao dossel das plantas de soja. Verificou-se maiores densidades dos fitófagos sugadores *B. tabaci* e *C. brasiliensis* no primeiro cultivo e *Tetranychus* sp. no segundo cultivo no tratamento soja transgênica com três aplicações de glyphosate em relação a soja transgênica capinada mecanicamente. Padrão oposto de resposta foi observado para o fitófago mastigador *C. arcuatus* cuja densidade foi menor no tratamento soja transgênica com três aplicações de glyphosate nos dois cultivos (Tabela 6 e Figura 3).

O predador *Solenopsis* sp. teve a densidade reduzida na soja transgênica com uma ou com três aplicações de glyphosate nos dois anos de cultivo. O detritívoro *Hypogastrura* sp. apresentou menor densidade na soja transgênica com uma ou três aplicações de glyphosate no primeiro cultivo. Já no segundo cultivo a menor densidade deste detritívoro foi observada na soja transgênica com três aplicações de glyphosate (Tabela 7 e Figura 4).

Foram observadas variações nas densidades dos artrópodes ao longo do tempo nos dois anos de cultivo com exceção de *Solenopsis* sp. (Tabelas 6 e 7).

Tabela 1. Composição química da camada de 0-10 cm de profundidade do solo argiloso proveniente de sistema de plantio direto (SPD) e não transgênica (SPC) utilizado no experimento. Coimbra, MG. 2007-2009.

Análise Química										
2007-2008										
pH	P	K ⁺	H+Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC Tt	V	m	MO
H ₂ O	mg dm ³		Cmol _c dm ⁻³					%		dag kg ⁻¹
5,40	10,4	138	5,78	0	2,4	0,8	9,33	38	0	1,70
2008-2009										
pH	P	K ⁺	H+Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC Tt	V	m	MO
H ₂ O	mg dm ³		Cmol _c dm ⁻³					%		dag kg ⁻¹
5,0	9,6	112	5,02	0,2	2,3	0,6	8,65	36	4	2,02

*Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da UFV, segundo a metodologia descrita pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA (1997).

Tabela 2. Total de espécies de artrópodes detritívoros, fitófagos mastigadores, fitófagos sugadores, predadores, parasitóides e total de espécies por guilda no dossel das plantas de soja transgênica (ST) e soja não transgênica (SNT) com uma e três aplicações de glyphosate (1 Gly e 3 Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

Guilda	Riqueza (nº de espécies/tratamento)				Espécies por guilda
	SNT	ST	ST-1Gly	ST-3Gly	
2007/2008					
Fitófagos mastigadores	9	10	6	6	12
Fitófagos sugadores	26	26	22	20	33
Predadores	32	28	24	20	43
Parasitóides	4	4	4	6	6
Detritívoros	8	7	10	8	11

Espécies por tratamento	71	73	66	60	105
2008/2009					
Fitófagos mastigadores	5	4	4	4	5
Fitófagos sugadores	18	16	12	13	20
Predadores	14	14	15	12	22
Parasitóides	3	3	3	3	3
Detritívoros	3	3	2	4	6

Espécies por tratamento	43	39	36	36	56

Tabela 3. Abundância (indivíduos/amostra) e frequência (Freq.) dos artrópodes mais abundantes (frequência > 10%) no dossel das plantas de soja transgênica (ST) e soja não transgênica (SNT) com uma e três aplicações de glyphosate (1 Gly e 3 Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

Artrópodes*	Guilda	Número de indivíduos/amostra (média ± erro padrão)				Freq. (%)
		SNT	ST	ST-1Gly	ST-3Gly	
2007/2008						
<i>Cerotoma arcuatus</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) (Ad)	Fm	4,11 ± 0,93	4,39 ± 0,98	3,88 ± 0,57	2,78 ± 0,68	67
<i>Bemisia tabaci</i> biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) (Ad)	Fs	1,66 ± 0,53	1,67 ± 0,71	1,47 ± 0,71	3,08 ± 0,98	78
<i>Caliothrips brasiliensis</i> (Thysanoptera: Thripidae) (Nf + Ad)	Fs	4,63 ± 2,44	3,67 ± 1,64	3,69 ± 1,81	6,94 ± 3,46	89
<i>Tetranychus</i> sp. (Acari: Tetranychidae) (Ad)	Fs	3,08 ± 1,58	2,42 ± 1,00	2,56 ± 2,46	4,28 ± 2,88	86
<i>Crematogaster</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae).(Ad)	Pd	0,64 ± 0,62	0,92 ± 1,34	0,42 ± 0,56	0,58 ± 1,08	24
<i>Doru luteipes</i> (Dermaptera: Forficulidae) (Ad)	Pd	0,53 ± 1,01	0,19 ± 0,29	0,00 ± 0,00	0,03 ± 0,08	10
<i>Franklinothrips</i> spp. (Thysanoptera: Aeolothripidae) (Nf + Ad)	Pd	28,13 ± 11,23	27,03 ± 12,05	29,50 ± 12,43	37,41 ± 19,16	81
<i>Solenopsis</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	3,75 ± 0,86	3,75 ± 0,81	0,68 ± 0,61	0,70 ± 0,40	24
<i>Tapinoma</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,86 ± 0,70	0,55 ± 0,64	0,44 ± 0,47	0,58 ± 0,48	30
<i>Trichogramma</i> sp. (Hymenoptera:Trichogrammatidae) (Ad)	Pa	0,75 ± 0,59	1,36 ± 0,79	0,86 ± 0,69	0,86 ± 0,57	48
<i>Hypogastrura</i> sp. (Collembola: Hypogastruridae) (J+ Ad)	Dt	14,11 ± 6,38	12,73 ± 5,68	6,11 ± 4,65	4,72 ± 3,54	84
2008/2009						
<i>Cerotoma arcuatus</i> (Coleoptera: Chrysomelidae) (Ad)	Fm	1,39 ± 0,37	1,61 ± 0,46	1,54 ± 0,44	0,94 ± 0,34	78
<i>Bemisia tabaci</i> biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) (Ad)	Fs	1,10 ± 0,83	0,68 ± 0,56	0,54 ± 0,46	0,21 ± 0,39	28
<i>Caliothrips brasiliensis</i> (Thysanoptera: Thripidae) (Nf + Ad)	Fs	3,71 ± 1,20	2,89 ± 1,30	2,36 ± 0,91	3,57 ± 1,36	88
<i>Tetranychus</i> sp. (Acari: Tetranychidae) (Ad)	Fs	2,93 ± 2,30	2,78 ± 2,69	2,00 ± 1,45	4,54 ± 2,69	56
<i>Crematogaster</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae).(Ad)	Pd	0,71 ± 0,47	0,54 ± 0,50	1,25 ± 1,33	0,78 ± 0,50	44
<i>Doru luteipes</i> (Dermaptera: Forficulidae) (Ad)	Pd	0,21 ± 0,25	0,57 ± 0,63	0,10 ± 0,20	0,03 ± 0,09	13
<i>Franklinothrips</i> spp. (Thysanoptera: Aeolothripidae) (Nf + Ad)	Pd	5,75 ± 2,32	4,60 ± 2,01	5,29 ± 2,56	5,39 ± 2,33	86
<i>Solenopsis</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	2,03 ± 1,00	1,89 ± 1,38	0,89 ± 0,32	0,93 ± 0,36	58
<i>Tapinoma</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	1,03 ± 0,58	0,68 ± 0,56	0,89 ± 0,67	0,82 ± 0,72	45
<i>Trichogramma</i> sp. (Hymenoptera:Trichogrammatidae) (Ad)	Pa	0,28 ± 0,30	0,07 ± 0,13	0,07 ± 0,14	0,11 ± 0,15	12
<i>Hypogastrura</i> sp. (Collembola: Hypogastruridae) (J+ Ad)	Dt	14,57 ± 5,20	15,05 ± 4,83	11,17 ± 3,09	9,89 ± 3,94	93

*J=Jovens, Lv=Larva, Ad=Adulto, Nf=Ninfa, Pd=Predador, Fm=Fitófago mastigador, Fs=Fitófago sugador, Pa=Parasitóide, Dt=Detritívoro.

Tabela 4. Resumo da seleção pelo STEPWISE com procedimento STEPDISC do SAS STEPWISE visando selecionar espécies de fitófagos, inimigos naturais e detritívoros a serem incluídas na análise de variáveis canônicas obtendo-se a máxima discriminação entre os tratamentos. Coimbra, MG. 2007-2009.

Variáveis	R ² Parcial	Test F – da análise de covariância		Correlação quadrada parcial	
		F	<i>p</i>	Média da correlação canônica quadrada	<i>p</i>
Fitófagos					
<i>Bemisia tabaci</i>	0,0921	8,46	<0,0001	0,0127	<0,0001
<i>Caliothrips brasiliensis</i>	0,0421	3,65	0,0133	0,6331	<0,0001
<i>Cerotoma arcuatus</i>	0,1276	12,23	<0,0001	0,0976	<0,0001
<i>Tetranychus</i> sp.	0,0386	3,29	0,0212	0,1643	<0,0001
Predadores					
<i>Doru luteipes</i>	0,0352	3,02	0,0306	0,1459	<0,0001
<i>Solenopsis</i> sp.	0,1655	16,66	<0,0001	0,0551	<0,0001
Detritívoro					
<i>Hypogastrura</i> sp.	0,0312	2,65	0,0494	0,1543	<0,0001

Tabela 5. Eixos canônicos e seus coeficientes (entre estrutura canônica) do efeito da soja não transgênica e da soja transgênica com uma ou três aplicações de glyphosate sobre as espécies do grupo de fitófagos e do grupo de inimigos naturais e detritívoros selecionadas pelo STEPWISE com procedimento STEPDISC do SAS STEPWISE. Coimbra, MG. 2007-2009.

Variáveis	Eixos canônicos			
	1	2	1	2
	2007-2008		2008-2009	
Fitófagos				
<i>Bemisia tabaci</i>	-0,080	0,443	0,219	0,482
<i>Caliothrips brasiliensis</i>	-0,012	0,067	-0,128	0,405
<i>Cerotoma arcuatus</i>	0,029	-0,502	1,102	-0,046
<i>Tetranychus</i> sp.	-0,066	0,075	-0,117	0,080
Predadores				
<i>Doru luteipes</i>	0,079	0,239	0,742	0,576
<i>Solenopsis</i> sp.	0,655	0,092	0,537	0,093
Detritívoro				
<i>Hypogastrura</i> sp.	0,036	0,005	0,003	0,007
F	13,83	8,53	3,56	2,01
gl (numerador; denominador)	21/359	12/252	21/276	12/194
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,025
Correlação canônica parcial	0,67	0,27	0,69	0,17

Tabela 6. Análise multivariada por medidas repetidas na abundância dos artrópodes fitófagos associados ao dossel das plantas de soja não transgênica (SNT) e soja transgênica (ST) com uma ou três aplicações de glyphosate (1Gly e 3Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

Fonte de variação	2007/2008			2008/2009		
	Huynh-Feldt	F	P	Huynh-Feldt	F	P
<i>Bemisia tabaci</i>						
SNT x ST	2,26	1,28	0,340	1,94	0,71	0,461
ST x ST-1Gly	3,47	0,05	0,838	1,11	0,14	0,731
ST x ST-3Gly	1,52	42,34	0,007	2,33	8,59	0,061
Tempo	0,93	19,49	<0,001	1,12	3,35	0,007
Tempo x ST x ST	-	2,26	0,058	-	0,44	0,844
Tempo x ST x ST-1Gly	-	3,88	0,005	-	1,33	0,295
Tempo x ST x ST-3Gly	-	7,02	<0,001	-	0,80	0,580
<i>Caliothrips brasiliensis</i>						
SNT x ST	2,37	0,56	0,507	11,45	4,57	0,122
ST x ST-1Gly	1,80	0,13	0,745	1,24	1,04	0,383
ST x ST-3Gly	3,07	62,06	0,004	0,99	3,27	0,343
Tempo	1,71	6,54	<0,001	1,06	23,37	<0,001
Tempo x SNT x ST	-	1,01	0,457	-	1,31	0,303
Tempo x ST x ST-1Gly	-	0,76	0,643	-	4,87	0,004
Tempo x ST x ST-3Gly	-	0,24	0,134	-	2,88	0,038
<i>Cerotoma arcuatus</i>						
SNT x ST	1,72	4,65	0,314	2,47	1,29	0,340
ST x ST 1Gly	1,45	2,58	0,206	0,89	0,06	0,824
ST x ST 3Gly	2,20	19,22	0,022	2,16	62,49	0,004
Tempo	1,54	5,08	<0,001	0,86	5,12	0,003
Tempo x SNT x ST	-	4,07	0,003	-	2,71	0,047
Tempo x ST x ST-1Gly	-	4,09	0,003	-	0,27	0,944
Tempo x ST x ST-3Gly	-	3,59	0,007	-	2,73	0,045
<i>Tetranychus</i> sp.						
SNT x ST	0,47	0,001	0,9538	1,77	0,01	0,915
ST x ST-1Gly	0,53	0,11	0,763	2,04	0,69	0,467
ST x ST-3Gly	1,42	0,001	0,974	1,27	4,20	0,013
Tempo	0,45	13,91	<0,001	0,74	27,14	<0,001
Tempo x SNT x ST	-	0,51	0,835	-	0,41	0,860
Tempo x ST x ST-1Gly	-	0,65	0,729	-	0,75	0,617
Tempo x ST x ST-3Gly	-	1,69	0,154	-	0,36	0,895

Tabela 7. Análise multivariada por medidas repetidas na abundância dos artrópodes predadores e detritívoro associados ao dossel das plantas de soja não transgênica (SNT) e soja transgênica (ST) com uma ou três aplicações de glyphosate (1Gly e 3 Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

Fonte de variação	2007/2008			2008/2009		
	Huynh-Feldt	F	P	Huynh-Feldt	F	P
<i>Doru luteipes</i>						
SNT x ST	0,41	0,73	0,456	0,79	2,03	0,250
ST x ST-1Gly	1,10	0,86	0,423	1,13	4,41	0,127
ST x ST-3Gly	1,04	2,00	0,252	0,99	6,31	0,087
Tempo	0,26	2,26	0,032	0,52	11,14	<0,001
Tempo x SNT x ST	-	0,73	0,660	-	2,02	0,115
Tempo x ST x ST-1Gly	-	1,70	0,151	-	3,37	0,021
Tempo x ST x ST-3Gly	-	1,77	0,133	-	5,97	0,001
<i>Solenopsis sp.</i>						
SNT x ST	2,18	0,001	1,000	4,34	2,16	0,238
ST x ST-1Gly	0,63	981,34	<0,001	2,36	3,22	0,011
ST x ST-3Gly	1,51	76,80	0,003	5,22	2,78	0,034
Tempo	0,14	1,17	0,327	1,30	1,71	0,135
Tempo x SNT x ST	-	0,40	0,909	-	1,44	0,683
Tempo x ST x ST-1Gly	-	0,97	0,480	-	1,98	0,123
Tempo x ST x ST-3Gly	-	1,37	0,276	-	0,51	0,792
<i>Hypogastrura sp.</i>						
SNT x ST	1,81	0,15	0,726	0,57	0,40	0,574
ST x ST-1Gly	1,43	11,46	0,043	0,54	0,23	0,139
ST x ST-3Gly	2,52	86,80	0,003	1,03	12,55	0,003
Tempo	1,75	14,51	<0,001	0,34	171,79	<0,001
Tempo x SNT x ST	-	1,49	0,212	-	0,06	1,00
Tempo x ST x ST-1Gly	-	1,67	0,158	-	9,28	0,001
Tempo x ST x ST-3Gly	-	0,69	0,657	-	9,82	<0,001

Tabela 8. Densidade das espécies de plantas daninhas observadas aos 107 dias após a emergência da soja nos dois anos de cultivo. Coimbra, MG. 2007-2009.

Tratamento	Densidade média planta daninha (m ²)	
	2007-2008	2008-2009
Soja não transgênica capinada	244,5 Aa	25,0 Ab
Soja transgênica capinada	265,5 Aa	30,0 Ab
Soja transgênica- 1 glyphosate	226,5 Aa	18,75 ABb
Soja transgênica- 3 glyphosate	83,5 Ba	1,5 Bb

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e a mesma minúscula na linha, não diferem, entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

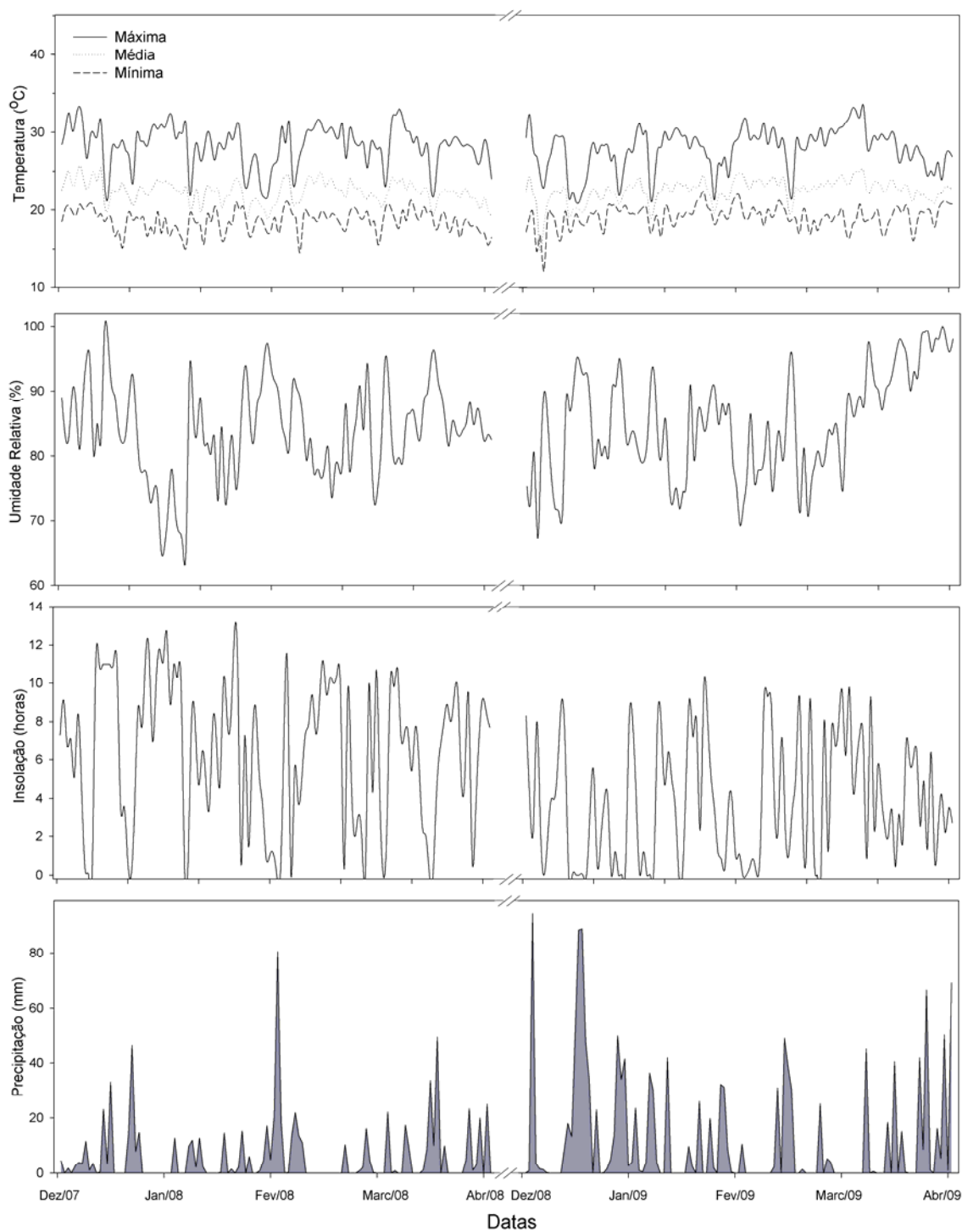


Figura 1. Temperaturas do ar (máxima, média e mínima); umidade relativa do ar, insolação e precipitação pluvial, durante os dois cultivos de soja. Coimbra, MG, 2007-2009.

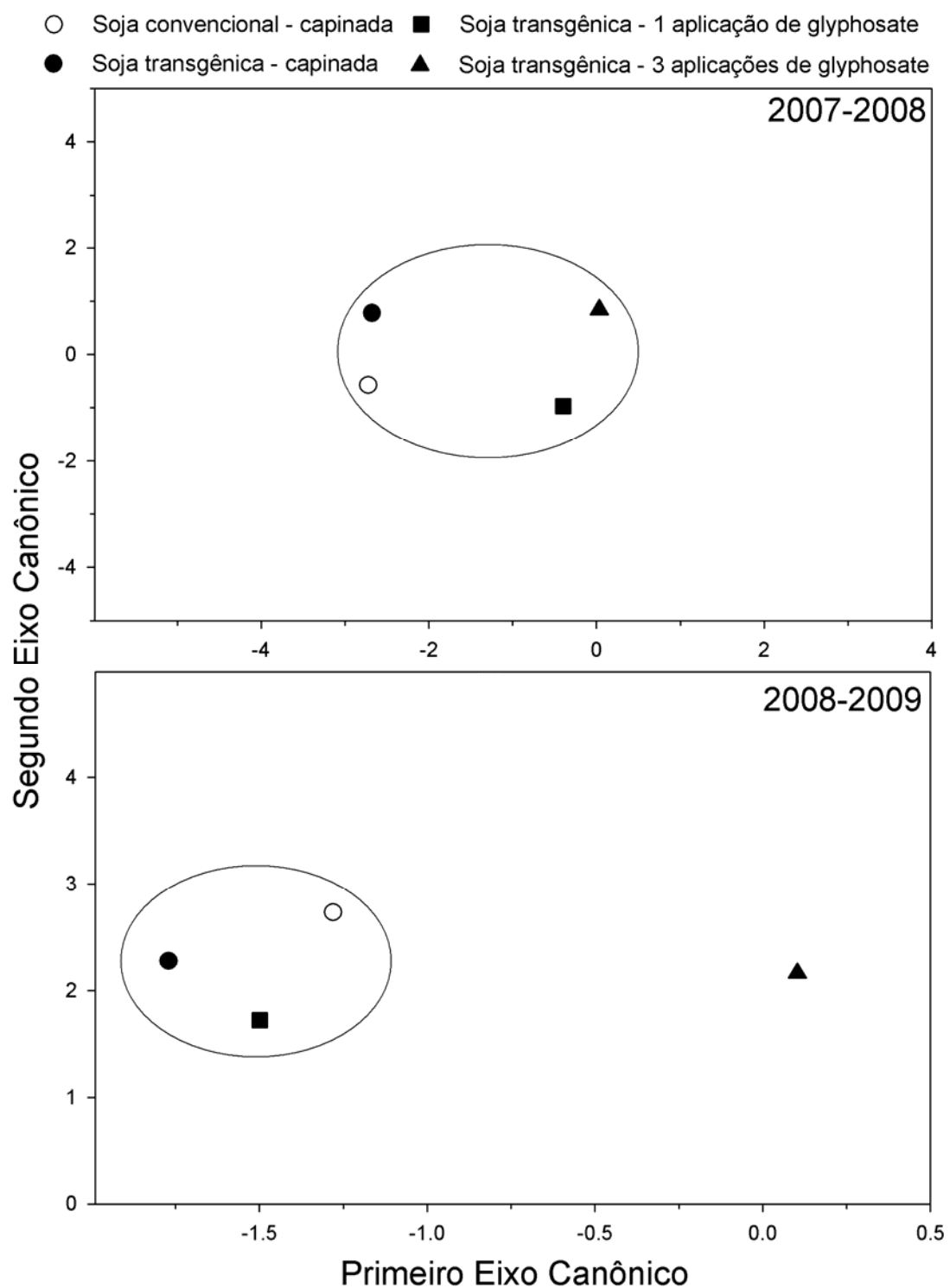


Figura 2. Diagrama de ordenação (CVA) da comunidade de artrópodes no dossel das plantas de soja. Tratamentos fora do mesmo círculo diferem pelo teste F ($P < 0,05$), baseado na distância de Mahalanobis entre as médias das classes. Coimbra, MG. 2007-2009.

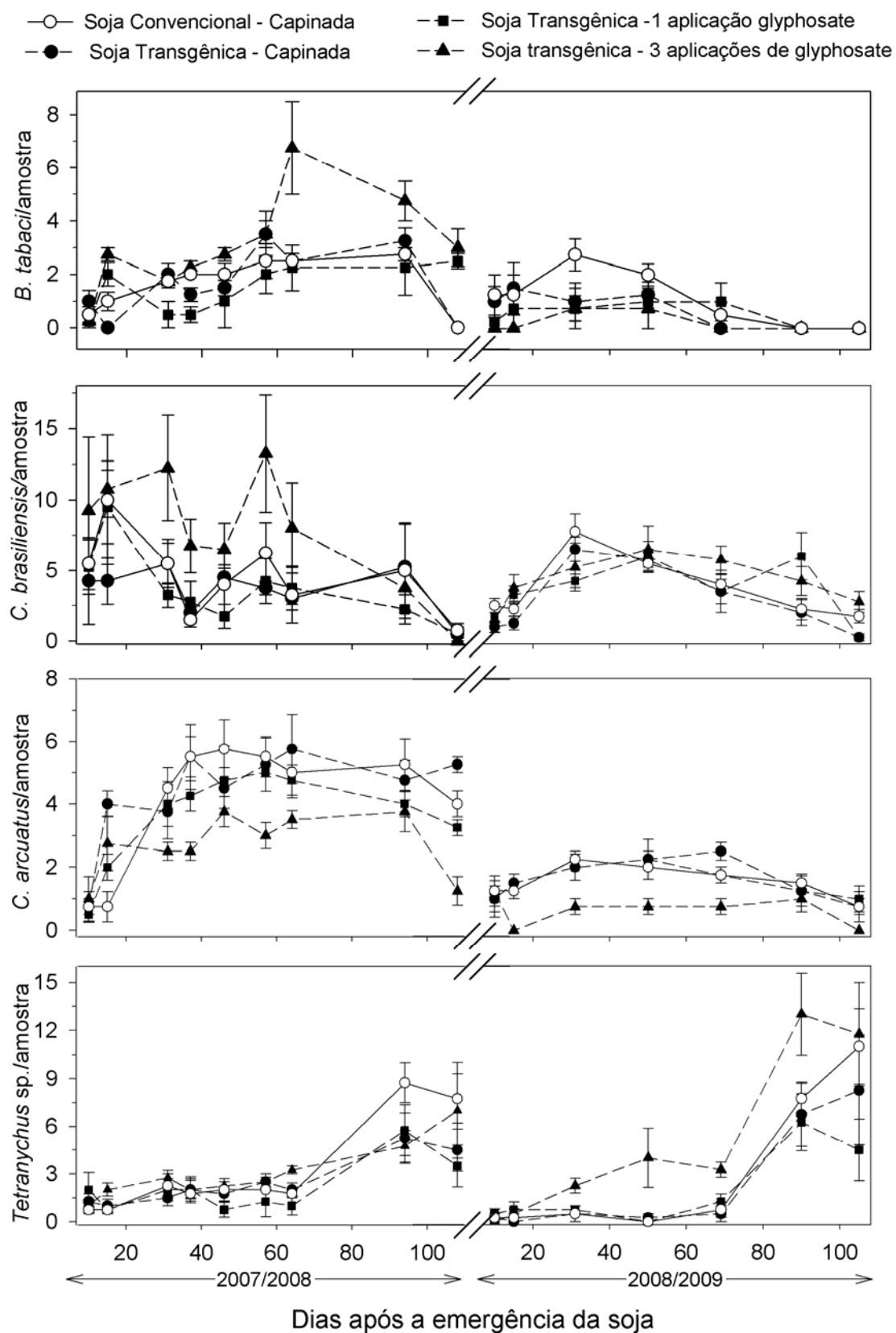


Figura 3. Abundância (média $\pm$ erro padrão) dos insetos fitófagos no dossel da soja não transgênica capinada e da soja transgênica capinada e com uma ou três aplicações de glyphosate. Coimbra, MG. 2007-2009.

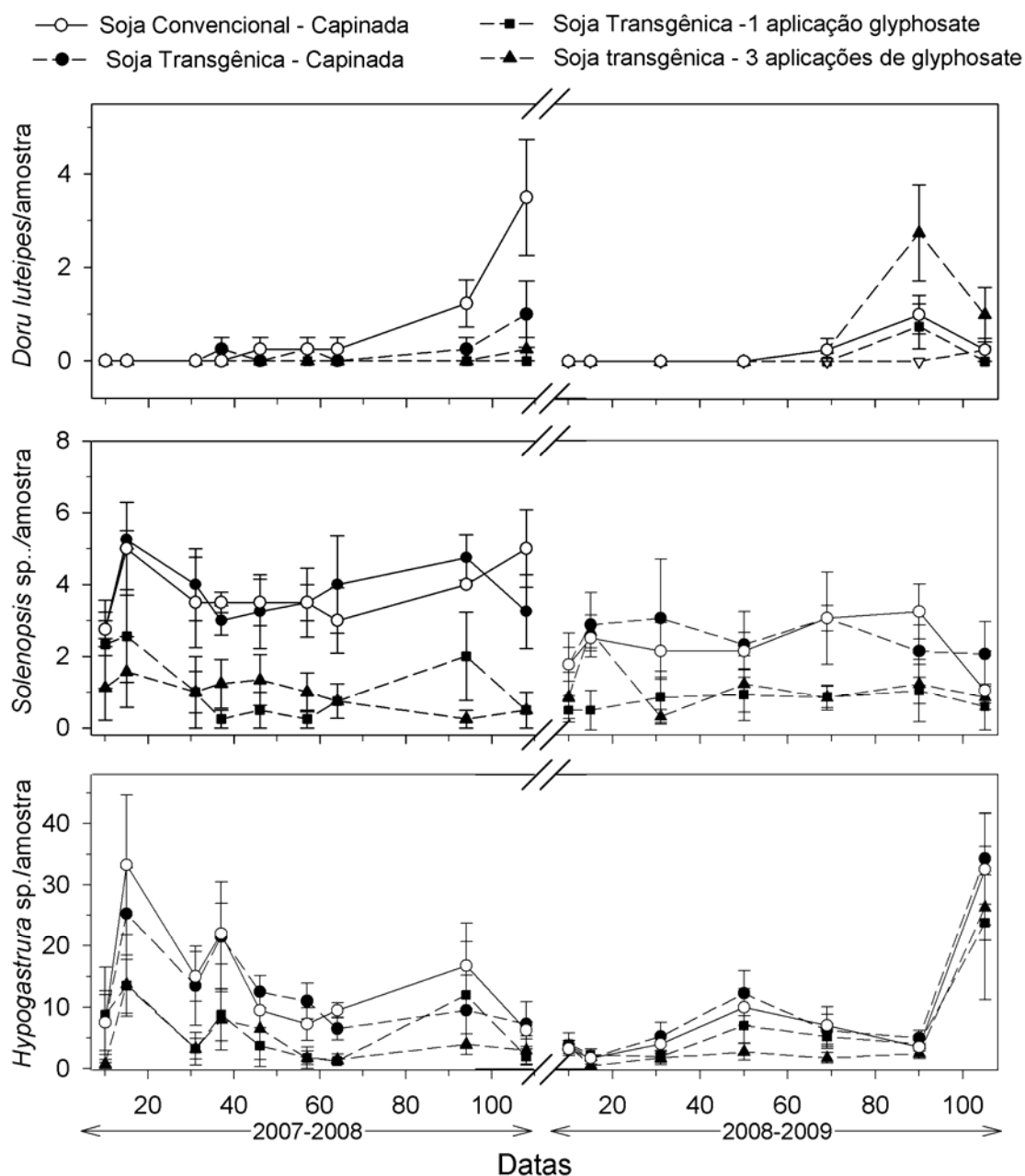


Figura 4. Abundância (média $\pm$ erro padrão) dos insetos predadores e detritívoro no dossel da soja não transgênica capinada e da soja transgênica capinada e com uma ou três aplicações de glyphosate (1Gly e 3 Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

4. DISCUSSÃO

A não observância de variações na riqueza, densidade total de artrópodes e flutuação populacional das espécies selecionadas entre a soja transgênica e a soja não transgênica indica que o cultivo da soja resistente ao glyphosate não afetou a diversidade total de artrópodes no dossel das plantas. Os poucos trabalhos disponíveis na literatura a cerca dos efeitos da soja resistente ao glyphosate nos artrópodes abordam o seu impacto na abundância das espécies não existindo até o momento estudos sobre seu impacto na diversidade desta comunidade. Funderburk et al. (1999) afirmam que o cultivo da soja resistente ao glyphosate não afeta a variação sazonal dos artrópodes fitófagos e não promove o surgimento de novas pragas no cultivo.

A riqueza de artrópodes no segundo cultivo foi inferior ao primeiro. Variações sazonais e anuais na riqueza e abundância dos artrópodes ocorrem e estão relacionadas com alterações na temperatura do ar, chuvas, fotoperíodo, umidade relativa do ar, decomposição da matéria orgânica e cobertura vegetal (Denlinger, 1986; Wolda, 1988; Basset, 1991; Pinheiro *et al.*, 2002; Danks, 2006). Na região tropical geralmente o fator mais importante dentre estes é a chuva, por constituir o principal causador de mortalidade de artrópodes nesta região (Levings & Windsor, 1982; Frith & Frith, 1990; Miranda *et al.*, 1998; Gonring *et al.*, 2003; Pereira *et al.*, 2007; Sabu *et al.*, 2008). Assim, a menor riqueza de artrópodes no segundo cultivo pode estar relacionada a alta taxa pluvial, valor este superior ao observado no primeiro cultivo (Figura 1). A mortalidade causada pelas chuvas se deve ao impacto de suas gotas nos artrópodes e a maior atuação e disseminação de fungos entomopatogênicos (Swamy & Proctor, 1994; Sundarapandian, 2005; Clark *et al.*, 2008).

A maior riqueza de fitófagos em relação aos artrópodes das demais guildas deve estar relacionada ao fato da cultura ter sido conduzida em monocultivo e ao alimento dos artrópodes detritívoros se encontrarem no solo. Monocultivos favorecem aos fitófagos devido à facilidade de localização das plantas hospedeiras e a menor atuação dos inimigos naturais nestes agroecossistemas. Já os inimigos naturais são desfavorecidos por terem menor disponibilidade de abrigo e diversidade de alimento nestes agroecossistemas simplificados (Bastos *et al.*, 2003).

A aplicação do glyphosate reduziu a riqueza e a abundância total de artrópodes nos tratamentos com aplicações deste herbicida. Semelhantemente o fitófago mastigador *Cerotoma arcuatus* teve a densidade populacional reduzida no tratamento soja transgênica com três aplicações de glyphosate em ambos os anos de cultivo, o predador *Solenopsis* sp. sofreu redução populacional nos tratamentos soja transgênica com aplicação única ou sequencial de glyphosate em ambos os cultivos e o detritívoro *Hypogastrura* sp. também teve sua densidade populacional reduzida nos tratamentos soja transgênica com uma ou três aplicações de glyphosate no primeiro cultivo e na soja transgênica com três aplicações sequenciais de glyphosate no segundo cultivo.

A aplicação de herbicidas pode exercer efeitos nocivos sobre a comunidade de artrópodes (Pereira *et al.*, 2005). O impacto da aplicação de herbicidas na comunidade de artrópodes pode ser devido à toxicidade da molécula ou provocado pelas alterações deste herbicida sobre a comunidade de plantas daninhas. No caso do glyphosate os maiores impactos estão associados à mudança do habitat onde vivem os artrópodes e não necessariamente ao efeito toxicológico da molécula deste herbicida (Belden & Lydy, 2001; Bitzer *et al.*, 2002). Assim a redução da densidade de plantas daninhas nos tratamentos que receberam a aplicação de glyphosate pode ter contribuído para a redução na densidade populacional dos artrópodes (Tabela 8).

Está alteração é relevante para as pragas principalmente as polípagas, as quais podem aproveitar da grande oferta de alimento e da reduzida diversificação do agroecossistema da soja. Esta menor diversificação do agroecossistema é provocada pelas aplicações sequenciais de glyphosate. Isto aumenta a densidade populacional, através da redução nas taxas de parasitismo e predação e da facilitação na localização da sua fonte alimentar, no caso as plantas de soja. Da mesma forma, a aplicação de glyphosate pode resultar na redução do “pool” ativo de nutrientes no solo, originado pela redução da rizosfera de plantas daninhas e conseqüentemente a densidade de microrganismos afetando conseqüentemente a fragmentação e degradação dos tecidos orgânicos e a reciclagem de nutrientes (Coleman & Crossley Jr., 1995; Coleman & Hendrix, 2000).

Entretanto, de forma contrária ao observado para a densidade total e a flutuação populacional das demais espécies maior abundância das espécies de fitófagos sugadores *Bemisia tabaci*, *Caliothrips brasiliensis* e *Tetranychus* sp. foram observadas no tratamento soja transgênica com três aplicações de glyphosate em relação a soja transgênica capinada. A alta eficiência do glyphosate no controle da maioria das espécies de plantas espontâneas pode interferir na ocorrência de algumas espécies de pragas. Estas podem aproveitar da grande oferta de alimento e da reduzida diversificação do agroecossistema, provocada principalmente pelas aplicações sequenciais do glyphosate, para aumentar a sua densidade populacional. Isto poderá ocorrer devido a redução nas taxas de parasitismo e predação e da facilitação na localização da sua fonte alimentar, no caso específico as plantas de soja.

5. LITERATURA CITADA:

Basset, Y. The seasonality of arboreal arthropods foraging within an Australian rainforest tree. **Ecological Entomology**, v.16, p.265-278. 1991.

Bastos, C.S.; Galvão, J.C.C.; Picanço, M.C.; Cecon, P.R.; Pereira, P.R.G. Incidência de insetos fitófagos e de predadores no milho e no feijão cultivados em sistema exclusivo e consorciado. **Ciência Rural**, v.33, n.3, p.391-397. 2003.

Belden, J.B. & Lydy, M.J. Effects of atrazine on acetylcholinesterase activity in midges (*Chironomus tentans*) exposed to organophosphorus insecticides **Chemosphere** v.44, n.8, p.1685-1689. 2001.

Bitzer, R.J.; Buckelew, L.D.; Pedigo, L.P. Effects of transgenic herbicide-resistant soybean varieties and systems on surface-active springtails (Entognatha: Collembola). **Environmental Entomology**, v.31, n.3, p.449-461. 2002.

Buntin, G.D. & Pedigo, L.P. Enhancement of annual weed populations in alfalfa after stubble defoliation by variegated cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v.79, p.1507-1512. 1986.

Clark, G.; Plants, B.; Mallah, J.; Raja, P.; Farinash, L.; Harmon, M.; Whaley, L.; Mihailidis, D. Whole brain radiation therapy (WBRT) with simultaneous integrated boost (SIB) to brain metastasis via image guided, intensity modulated radiation therapy (IG-IMRT): Dosimetric and early clinical experience. **International Journal of Radiation Oncology Biology Physics**, v.72, n.1, p.241-S241. 2008.

Coleman, D.C. & Crossley Jr., D.A. **Fundamentals of Soil Ecology**. London. 1995

Coleman, D.C. & Hendrix, P.F. **Invertebrates as Webmasters in Ecosystems**. CABI Publishing, p.336. 2000.

Danks, H.V. Key themes in the study of seasonal adaptations in insects II. Life-cycle patterns. **The Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, v.41, n.1, p.1-13. 2006.

Denlinger, D.L. Dormancy in tropical insects. **Annual Review of Entomology**, v.31, p.239-264. 1986.

Frith, D. & Frith, C. Seasonality of litter invertebrate populations in an Australian upland tropical rain forest. **Biotropica**, v.22, n.2, p.181-190. 1990.

Funderburk, J.; Mcpherson, R.; Buntin, D. Soybean insect management. In: Heatherly, L.G. & Hodgers, H.F. (Eds.). **Soybean production in the midsouth**. Boca Raton, FL.: CRC, 1999. Soybean insect management

Gonring, A.H.R.; Picanço, M.C.; Zanuncio, J.C.; Puiatti, M.; Semeão, A.A. Natural biological control and key mortality factors of the Pickleworm, *Diaphania nitidalis*

Stoll (Lepidoptera: Pyralidae), in cucumber. **Biological Agriculture and Horticulture**, v.20, p.365-380. 2003.

Heap, I. International survey of herbicide resistant weeds. **Weed Science Society of America** 2008.

Kedwards, T.J.; Maund, S.M.; Chapman, P.F. Community level analysis of ecotoxicological field studies: i. biological monitoring. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.18, n.2, p.149-157. 1999.

Langellotto, G.A. & Denno, R.F. Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. **Oecologia**, v.139, n.1, p.1-10. 2004.

Levings, S.C. & Windsor, D.M. Seasonal and annual variation in litter arthropod populations. In: Leigh, E.G.; Rand, A.S.; Windsor, D.M. (Eds.). **The ecology of a tropical forest**. Smithsonian Institution Press, 1982, p.355-387.

Miranda, M.M.M.; Picanço, M.C.; Zanúncio, J.C.; Guedes, R.N.C. Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biocontrol Science and Technology**, v.8, p.597-606. 1998.

Moura, M.F.; Picanço, M.C.; Guedes, R.N.C.; Barros, E.C.; Chediak, M.; Morais, E.G.F. Conventional sampling plan for the green leafhopper *Empoasca kraemeri* in common beans. **Journal of Applied Entomology**, v.131, n.3, p.215-220. 2007.

Norris, R.F. & Kogan, M. Ecology of interactions between weeds and arthropods. **Annual Review of Entomology**, v.50, p.479-503. 2004.

Pereira, E.J.G.; Picanço, M.C.; Bacci, L.; Lucia, T.M.C.D.; Marques, E.M.; Fernandes, F.L. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol Science and Technology**, v.17, p.441-445. 2007.

Pereira, J.L.; Silva, A.A.; Picanço, M.C.; Barros, E.C.B.; Jakelaitis, A. Effects of herbicide and insecticide interaction on soil entomofauna under maize crop **Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v.40, n.1, p.45-54. 2005.

Pinheiro, M.H.O.; Monteiro, R.; Cesar, O. Levantamento fitossociológico da floresta estacional semidecidual do Jardim Botânico Municipal de Bauru. **Naturalia**, v.27, p.145-164. 2002.

Resende, M.; Curi, N.; Santana, D.P. **Pedologia e Fertilidade de Solos: Interações e Aplicações**. Brasília: MEC. 1988. 84 p.

Roman, E.S.; Vargas, L.; Rizzardi, M.A.; Mattei, R.W. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. **Planta daninha**, v.22, n.2, p.301-305. 2004.

Sabu, T.K.; Vinod, K.V.; Jobi, M.C. Life history, aggregation and dormancy of rubber litter beetle (*Luprops tristis* Fabricius, Tenebrionidae: Coleoptera) from the rubber plantations of moist south Western Ghats. **Journal of Insect Science**. v.1, p.1-17. 2008.

Sas Institute. **SAS user's guide: Statistics, version 8.2**. Cary, NC: SAS Institute. 2001

Schwartz, M.W.; Bringham, C.A.; Hoeksema, J.D.; Lyons, K.G.; Mantgem, P.J.V. Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology. **Oecologia**, v.122, p.297-305. 2000.

Shelton, M.D. & Edwards, C.R. Effects of weeds on the diversity and abundance of insect in soybeans. **Environmental Entomology**, v.12, n.2, p.296-298. 1983.

Smith, D.A. & Hallett, S. Variable response of common waterhemp (*Amaranthus rudis*) populations and individuals to glyphosate. **Weed Technology**, v.20, p.466-471. 2006.

Strong, D.R.; Lawton, J.H.; Southwood, R. **Insects on plants: community patterns and mechanisms**. Oxford: Blackwell Scientific, v.1. 1984. 313 p.

Sundarapandian, V. Nonlinear observer design for a general class of discrete-time nonlinear systems with real parameter disturbance. **Computers and Mathematics with Applications**, v.49, p.1177–1194. 2005.

Swamy, H.R. & Proctor, J. Litter fall and nutrient cycling in four rainforests in the Sringeri area of the Indian Western Ghat. **Global Ecology and Biogeography**, v.4, n.5, p.155-165. 1994.

Usda-Nass. Crop report for week ending may 18. **Indiana Crop & Weather Report**. West Lafayette: Indiana Field Office. 58 2008.

Von Ende, C.N. Repeated-measures analysis: growth and other time-dependent measures. In: Scheiner, S. & Gurevitch, J. (Ed.). **Design and Analysis of Ecological Experiments**. New York: Chapman and Hall, 1993. p.113-137

Wolda, H. Insect seasonality: Why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.19, p.1-18. 1988.

Young, B.G. Changes in herbicide use pattern and production practices resulting from glyphosate-resistant crops. **Weed Technology**, v.20, p.301-307. 2006.

II. IMPACTO DO CULTIVO DA SOJA RESISTENTE AO GLYPHOSATE SOBRE ARTRÓPODES DA SUPERFÍCIE DO SOLO

RESUMO

Em 2008, cerca de 53% da área mundial cultivada com plantas transgênicas era ocupada com a soja com genes de resistência ao glyphosate. Apesar disso, são escassos os estudos do impacto ambiental desta tecnologia, principalmente em áreas tropicais. Neste trabalho avaliou-se o impacto do cultivo da soja resistente ao glyphosate e seu manejo com glyphosate sobre a comunidade de artrópodes da superfície do solo. O experimento foi realizado na estação experimental da UFV em Coimbra, MG nos biênios agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009, em blocos casualizados com cinco repetições. Os tratamentos estudados foram: soja não transgênica com e sem capina mecânica das plantas daninhas e soja transgênica com uma e três aplicações de glyphosate. Constatou-se, com base em amostragens realizadas ao longo dos dois anos de cultivo que a soja transgênica não afetou a riqueza e a abundância dos artrópodes da superfície do solo. Menores riquezas de artrópodes predadores e detritívoros foram observadas nos tratamentos com aplicações de glyphosate, sendo observada menor densidade na soja com três aplicações do herbicida. Os predadores que mais sofreram redução populacional foram: *Achaeearanea* sp. (Araneae: Theridiidae) *Oxyrodini* sp. (Coleoptera: Staphylinidae) e *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae) e os detritívoros Entomobryidae (Collembola), *Hypogastrura* sp. (Collembola: Hypogastruridae) e *Xyleborus* sp. (Coleoptera: Scolytidae).

Palavras chave: *Glycine max*, insetos praga, inimigos naturais, detritívoros, armadilha pitfall.

II. IMPACT OF SOYBEAN CROPS RESISTANT TO GLYPHOSATE ON SOIL SURFACE ARTHROPODS

ABSTRACT

In 2008, about 53% of the total world area planted with transgenic plants was occupied with the soybean resistance to glyphosate. Nevertheless, there are few studies of the environmental impact of this technology, especially in tropical areas. This work aimed to evaluate the impact of soybean crops resistant to glyphosate and their management with glyphosate on soil surface arthropods. The experiment was conducted during the growing seasons of 2007/2008 and 2008/2009 in experimental station of Universidade Federal de Viçosa in Coimbra, Minas Gerais State, Brazil, in randomized blocks with five replications. The treatments studied were: non-GM and GM soybean with mechanical weed control; and GM soybean with one and three applications of glyphosate. Transgenic soybean, resistant to glyphosate did not affect the richness and abundance of arthropods in the surface of the soil. Lowest richness of arthropod predators and detritivorous were observed in treatments with application of glyphosate, lower density was observed in soybean with three applications of herbicide. Predators that suffered population reduction were *Achaearanea* sp. (Araneae: Theridiidae) *Oxypodini* sp. (Coleoptera: Staphylinidae) and *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae) and the detritivorous Entomobryidae (Collembola), *Hypogastrura* sp. (Collembola: Hypogastruridae) and *Xyleborus* sp. (Coleoptera: Scolytidae).

Keywords: *Glycine max*, insect pests, natural enemies, detritivores, pitfall trap.

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores avanços na agricultura no último século foi devido à introdução, em meados de 1990, das plantas geneticamente modificadas (Kremer & Means, 2009). Em 2007 a área global cultivada com plantas transgênicas foi superior a 113 milhões de ha. Deste total, 59,6 milhões de ha (52 %) foram ocupados com a soja com genes de resistência ao glyphosate (James, 2007). O advento da soja resistente ao glyphosate aumentou o volume e a frequência de aplicação deste herbicida. Somente nos Estados Unidos, verificou-se aumento de 52 milhões de litros de glyphosate comercializados de 1997 a 2004 (Benbrook, 2004).

Apesar do aumento da área cultivada com a soja resistente ao glyphosate, são escassos os estudos do impacto ambiental desta tecnologia, principalmente em áreas tropicais. Assim é importante o desenvolvimento de estudos sobre os impactos diretos desta biotecnologia e dos efeitos indiretos devido a utilização do glyphosate. Tais estudos podem ser efetuados pela avaliação da comunidade de artrópodes do solo, os quais são considerados como indicadores de impacto ambiental em agroecossistemas (Pereira *et al.*, 2005; Pereira *et al.*, 2009).

Os bioindicadores se caracterizam por responderem rapidamente a mudanças ocorridas no ambiente e apresentarem ampla distribuição geográfica (Noss, 1990). Van Straalen (1997) afirma que dois critérios são importantes na escolha de um bioindicador: sua especificidade de comportamento a determinado fator e a sua sensibilidade ao agente estressante. A comunidade de artrópodes do solo apresenta grande diversidade de espécies, sendo composto por espécies pragas, inimigos naturais e detritívoros (Badji *et al.*, 2007).

O conhecimento do impacto de culturas resistentes ao glyphosate na comunidade de artrópodes é fundamental no planejamento de práticas de manejo dos agroecossistemas. Neste trabalho avaliou-se o impacto do cultivo da soja resistente ao glyphosate considerando o cultivo com e sem aplicação do herbicida sobre a comunidade de artrópodes da superfície do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Condições Experimentais

O experimento foi realizado na Estação Experimental da Universidade Federal de Viçosa em Coimbra, Estado de Minas Gerais (20°51'24"S, 42°48'10"W e altitude de 720 m) em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, fase terraço (Tabela 1 do capítulo 1).

Foram realizados dois cultivos, o primeiro no biênio 2007/2008 e o segundo no biênio 2008/2009. As variedades utilizadas foram a soja transgênica BRS Favorita RR (Roundup Ready®) e a soja não transgênica MG/BR-46 Conquista. A semeadura direta da soja foi realizada na primeira quinzena do mês de dezembro safra 2007/2008 e na segunda quinzena de novembro na safra 2008/2009.

Os valores diários de precipitação pluvial; umidade relativa do ar e temperaturas médias, máximas e mínimas do ar durante o ciclo da cultura nos dois biênios agrícolas foi avaliado ao longo dos dois cultivos e está representada na Figura 1 do capítulo 1.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições. Cada parcela experimental foi constituída por área de 10 x 10 m com as linhas da cultura da soja espaçadas de 0,5 m e com densidade de plantio de 18 sementes por metro. Os tratamentos estudados foram: 1- soja não transgênica com capina mecânica das plantas daninhas, 2- soja transgênica com capina mecânica das plantas daninhas, 3- soja transgênica com uma aplicação de glyphosate (1.080 g ha⁻¹) aos 15 DAE; 4- soja transgênica com três aplicações de glyphosate (1.080 g ha⁻¹) aos 15, 30 e 45 DAE.

Demais informações sobre as condições experimentais se encontram disponíveis no Sub-ítem 2.1 do primeiro capítulo, página 12.

2.2. Avaliação da Comunidade de Artrópodes

As populações de artrópodes da superfície do solo na safra 2007/2008 foram avaliadas no primeiro ano aos 10, 26, 39, 52, 65 e 92 dias após a emergência da soja e na safra 2008/2009 aos 10, 17, 31, 49, 72, 90 e 106 dias após a emergência das plantas. Os artrópodes foram coletados usando armadilhas do tipo pitfall, conforme proposto por Luff (1975). Todo material

coletado, nas armadilhas no campo foi conservado em potes de vidro contendo álcool 70%. Posteriormente este material foi transferido para placas de Petri (9 cm de diâmetro por 2 cm de altura) para contagem do número total dos artrópodes utilizando-se um microscópio estereoscópio da marca Leica modelo Zoom 2000 com aumento fixado de 12X.

Os artrópodes foram separados em morfoespécies e contados por amostra. Os espécimes coletados foram encaminhados para taxonomistas para sua identificação. Os ácaros foram identificados pelo Dr. Jeferson Luiz de Carvalho Mineiro do Instituto Biológico (Campinas, SP). Os colêmbolos foram identificados pela Dra. Elisiana Oliveira do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia de Manaus (INPA). Os coleópteros foram identificados pelo Dr. Antonio Domingos Brescovit do Instituto Butantan (São Paulo, SP). As formigas foram identificadas pela Dra. Cidália Gabriela Santos Marinho da Universidade Federal de Campina Grande. Os demais espécimes de outras ordens coletados foram identificados em nível de família e, quando possível, até gênero e espécie usando chaves taxonômicas e a coleção de referência do museu de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa.

2.3. Análises dos Dados

A riqueza foi representada pelo número total de espécies e pelo número de espécies presentes em cada uma das guildas por tratamento nos dois cultivos, safra 2007/2008 e 2008/2009.

Os dados da composição relativa nas duas safras foram submetidos a processo seletivo para se determinar quais das espécies mais abundantes que explicaram a variância observada (PROC STEPDISC com seleção STEPWISE e SAS Institute, 2001). Estes dados foram submetidos à análise de variáveis canônicas (CVA). A significância da diferença na abundância da comunidade de artrópodes em função dos tratamentos foi verificada pelo teste F aproximado ($p < 0,05$), usando a distância de Mahalanobis entre as classes de médias canônicas.

Para as principais espécies foram confeccionadas curvas de flutuação populacional (média $\pm$ erro padrão) para cada tratamento nas duas safras. Para estudar em qual período os tratamentos afetaram as espécies os dados de

abundância relativa foram submetidos à análise de variância por medidas repetidas.

Para informações detalhadas sobre o procedimento de análises dos dados, favor consultar o Sub-ítem 2.3 do primeiro capítulo, página 15.

3. RESULTADOS

3.1. Impacto dos tratamentos sobre a riqueza de artrópodes

Na primeira safra foram observadas 149 espécies de artrópodes na superfície do solo, sendo 25 de fitófagos mastigadores, 11 de fitófagos sugadores, 49 de predadores, cinco de parasitóides e 59 de detritívoros. A riqueza total de artrópodes no primeiro ano variou de 103 espécies na soja não transgênica sem aplicação de herbicidas a 82 espécies na soja transgênica com uma aplicação de glyphosate. Já no segundo ano foram observadas 125 espécies de artrópodes. Destas, 20 espécies são fitófagas mastigadores, 14 fitófagas sugadoras, 40 predadoras, seis parasitóides e 45 detritívoras. A riqueza de espécies no segundo ano variou de 95 espécies na soja não transgênica capinada a 70 na soja transgênica com três aplicações de glyphosate (Tabela 1).

3.2. Impacto dos tratamentos sobre a abundância dos artrópodes

3.2.1. Espécies de artrópodes com capacidade preditiva dos impactos dos tratamentos

Das 149 e 125 espécies de artrópodes observadas na superfície do solo da soja, respectivamente no primeiro e segundo ano, 24 espécies apresentaram frequência de ocorrência maior que 10%. Os artrópodes de maior frequência de ocorrência em cada guilda nos dois anos foram os predadores *Achaearanea* sp., Galumnidae, *Gnamptogenys striatula*, *Hypoaspis* sp., *Neivamyrmex* sp., *Oxyrodini* sp., *Pachycondyla striata*, *Scytodes itapevi*, *Solenopsis* sp. e *Tapinoma* sp.; os detritívoros *Ataenius* sp., *Drosophila* sp., Entomobryidae, *Hypogastrura* sp., Isotomidae, Onychiuridae, larva de Scirtidae, *Sericoderus* sp., Silvanidae, *Tomocerus* sp. e *Xyleborus* sp., os fitófagos

mastigadores *Carpophilus* sp.1 e *Grillidae* sp e o fitófago sugador *Cyrtonemus mirabilis* (Tabelas 2 e 3).

Os predadores *Achaearanea* sp., *S. itapevi*, *Solenopsis* sp. e *Oxypodini* sp. e os detritívoros *Entomobryidae*, *Hypogastrura* sp., *Xyleborus* sp. foram as espécies que melhor explicaram a máxima discriminação entre os tratamentos sendo incluídas na análise de variáveis canônicas (Tabela 4).

Baseando-se nos coeficientes canônicos as espécies que mais contribuíram positivamente para a divergência entre os tratamentos nos eixos canônicos foram *S. itapevi* (eixos 1 e 2 no primeiro ano), *Oxypodini* sp. (eixo 1 nos dois anos), *Entomobryidae* (eixo 1 no primeiro ano) e *Achaearanea* sp. (eixo 2 do segundo ano). Já a espécie que mais contribuiu negativamente para a divergência entre os tratamentos nos eixos canônicos foi *Achaearanea* sp. (eixo 2 no primeiro ano e eixo 1 no segundo ano) (Tabela 5). Portanto, os predadores *Achaearanea* sp., *S. itapevi*, *Solenopsis* sp. e *Oxypodini* sp. e o detritívoro *Entomobryidae* foram as principais espécies com capacidade preditiva dos impactos dos tratamentos.

3.2.2. Impacto dos tratamentos sobre a composição dos artrópodes

A análise de variáveis canônicas indicou diferenças significativas entre os tratamentos no primeiro (Wilks' lambda = 0,4522 e $F = 3,49$ e gl (numerador/denominador) = 21/230 e $P < 0,0001$) e segundo ano (Wilks' lambda = 0,5100 e $F = 3,48$ e gl (numerador/denominador) = 21/276 e $P < 0,0001$). Três eixos canônicos foram calculados, sendo dois significativos no primeiro ano ($P < 0,0001$ e $P = 0,0095$) e dois significativos no segundo ano ($P < 0,0001$ e $P = 0,060$). O primeiro e o segundo eixos canônicos explicaram no primeiro ano 63 e 26% e no segundo cultivo 57 e 38%, da variância acumulada respectivamente (Tabela 5).

Verificou-se por meio dos diagramas de ordenação em ambos os anos que a soja transgênica não afetou a composição dos artrópodes da superfície do solo. Comparando o efeito do manejo da soja transgênica com glyphosate, verificou-se nos dois anos de cultivo menor composição de artrópodes na soja transgênica com três aplicações de glyphosate (Figura 1).

3.2.3. Impacto dos tratamentos sobre as principais espécies de artrópodes na superfície do solo

Não se detectaram diferenças significativas nas densidades das principais espécies de artrópodes predadoras e detritívoras na superfície do solo, entre a soja transgênica e a soja não transgênica nos dois anos de cultivo (Tabelas 6 e 7; Figuras 2 e 3).

Já, o uso de três aplicações de glyphosate na soja transgênica reduziu a abundância dos predadores *Achaearanea* sp. *Oxyrodini* sp. no primeiro ano, *Solenopsis* sp. nos dois anos (Tabela 6 e Figura 2) e dos detritívoros Entomobryidae, *Hypogastrura* sp. e *Xyleborus* sp. em ambos os anos (Tabela 7 e Figura 3).

Tabela 1. Total de espécies de artrópodes detritívoros, fitófagos mastigadores, fitófagos sugadores, predadores, parasitóides e total de espécies por guilda na superfície do solo da soja transgênica (ST) e soja não transgênica (SNT) com uma e três aplicações de glyphosate (1Gly e 3Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

Guilda	Riqueza (nº de espécies/tratamento)				Total de espécies por guilda
	SNT	ST	ST1Gly	ST3Gly	
Safrá 2007/2008					
Fitófagos mastigadores	14	14	10	13	25
Fitófagos sugadores	9	6	7	3	11
Predadores	40	41	29	28	49
Parasitóides	2	2	2	4	5
Detritívoros	38	36	34	36	59

Total	103	99	82	84	149
Safrá 2008/2009					
Fitófagos mastigadores	15	10	7	10	20
Fitófagos sugadores	9	7	7	7	14
Predadores	34	30	29	25	40
Parasitóides	5	3	1	2	6
Detritívoros	35	37	31	30	45

Total	95	93	85	80	125

Tabela 2. Abundância (indivíduos/amostra) e frequência (Freq.) dos artrópodes mais abundantes (frequência > 10%) no interior do solo da soja transgênica (ST) e soja não transgênica (SNT) com uma e três aplicações de glyphosate (1Gly e 3Gly) no primeiro cultivo. Coimbra, MG. 2007/2008.

Artrópodes*	Guilda	Número de indivíduos/amostra (média ± erro padrão)				Freq. (%)
		SNT	ST	ST-1Gly	ST-3Gly	
<i>Achaearanea</i> sp. (Araneae: Theridiidae) (J+ Ad)	Pd	0,08 ± 0,14	0,12 ± 0,22	0,04 ± 0,10	0,08 ± 0,14	11
Galumnidae (Acari: Oribatida) (J + Ad)	Pd	3,83 ± 1,78	5,33 ± 2,18	3,62 ± 2,39	4,00 ± 4,36	61
<i>Gnamptogenys striatula</i> (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,37 ± 0,38	0,21 ± 0,25	0,17 ± 0,24	0,79 ± 1,02	18
<i>Hypoaspis</i> sp. (Acari: Laelapidae) (J+ Ad)	Pd	0,95 ± 0,60	1,12 ± 0,88	1,25 ± 1,00	3,33 ± 4,12	42
<i>Neivamyrmex</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,79 ± 0,59	1,33 ± 1,44	0,54 ± 0,64	0,87 ± 1,01	29
<i>Oxypodini</i> sp. (Coleoptera: Staphylinidae) (Ad)	Pd	1,08 ± 0,44	0,95 ± 0,75	0,29 ± 0,27	0,12 ± 0,17	37
<i>Pachycondyla striata</i> (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,12 ± 0,17	0,25 ± 0,22	0,08 ± 0,14	0,17 ± 0,24	15
<i>Scytodes itapevi</i> (Araneae: Scytodidae) (J+ Ad)	Pd	0,75 ± 0,37	0,46 ± 0,29	0,58 ± 0,39	0,17 ± 0,19	40
<i>Solenopsis</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	10,11 ± 3,46	10,43 ± 5,30	7,42 ± 3,36	3,96 ± 1,42	87
<i>Tapinoma</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,20 ± 0,20	0,29 ± 0,31	0,00 ± 0,00	0,17 ± 0,19	15
<i>Ataenius</i> sp. (Coleoptera: Scarabaeidae) (Ad)	Dt	0,29 ± 0,31	0,21 ± 0,25	0,17 ± 0,24	0,21 ± 0,29	16
<i>Drosophila</i> sp. (Diptera: Drosophilidae) (Ad)	Dt	1,37 ± 1,33	2,54 ± 1,41	1,42 ± 0,94	1,33 ± 0,84	53
Entomobryidae (Collembola) (J + Ad)	Dt	1,83 ± 0,60	2,29 ± 0,91	1,37 ± 0,62	0,67 ± 0,52	72
<i>Hypogastrura</i> sp. (Collembola: Hypogastruridae) (J+ Ad)	Dt	6,75 ± 2,23	6,70 ± 2,20	5,65 ± 2,61	2,92 ± 1,74	80
Isotomidae (Collembola) (J + Ad)	Dt	11,08 ± 5,32	18,08 ± 15,36	5,21 ± 3,28	7,66 ± 8,95	24
Onychiuridae (Collembola) (J + Ad)	Dt	3,87 ± 1,79	2,46 ± 2,57	0,95 ± 0,89	0,50 ± 0,86	72
Scirtidae (Coleoptera) (Lv)	Dt	16,83 ± 5,44	19,67 ± 15,64	16,95 ± 11,61	10,17 ± 4,74	77
<i>Sericoderus</i> sp. (Coleoptera: Corylophidae) (Ad)	Dt	1,25 ± 0,68	0,67 ± 0,61	1,42 ± 1,27	1,79 ± 1,46	43
Silvanidae sp. (Coleoptera) (Ad)	Dt	0,54 ± 0,44	0,50 ± 0,39	0,54 ± 0,66	0,21 ± 0,21	29
<i>Tomocerus</i> sp. (Collembola: Entomobryidae) (J + Ad)	Dt	2,67 ± 1,44	3,16 ± 1,71	0,00 ± 0,00	0,12 ± 0,02	12
<i>Xyleborus</i> sp. (Coleoptera: Scolytidae) (Ad)	Dt	2,12 ± 0,86	3,17 ± 1,57	2,83 ± 1,33	1,25 ± 0,52	79
<i>Carpophilus</i> sp. (Coleoptera: Nitidulidae) (Ad)	Fm	0,42 ± 0,51	0,67 ± 0,65	0,46 ± 0,59	0,37 ± 0,49	21
Grillidae sp (Orthoptera) (Ad)	Fm	0,75 ± 0,42	0,54 ± 0,48	0,42 ± 0,55	0,62 ± 0,60	33
<i>Cyrtoneurus mirabilis</i> (Hemiptera: Cydnidae) (Ad)	Fs	0,46 ± 0,36	0,29 ± 0,31	0,21 ± 0,33	0,46 ± 0,49	23

*J=Jovens, Lv=Larva, Ad=Adulto, Nf=Ninfa, Pd=Predador, Dt=Detritívoro, Fm= fitófago mastigador, Fs= Fitófago sugador.

Tabela 3. Abundância (indivíduos/amostra) e frequência (Freq.) dos artrópodes mais abundantes (frequência > 10%) no interior do solo da soja transgênica (ST) e soja não transgênica (SNT) com uma e três aplicações de glyphosate (1Gly e 3Gly) no segundo cultivo. Coimbra, MG. 2008/2009.

Artrópodes*	Guildd	Número de indivíduos/amostra (média ± erro padrão)				Freq. (%)
		SNT	ST	ST-1Gly	ST-3Gly	
<i>Achaearanea</i> sp. (Araneae: Theridiidae) (J+ Ad)	Pd	0,36 ± 0,24	0,46 ± 0,32	0,07 ± 0,13	0,68 ± 0,45	31
Galumnidae (Acari: Oribatida) (J + Ad)	Pd	6,14 ± 4,19	7,89 ± 4,19	7,07 ± 2,73	7,57 ± 5,72	74
<i>Gnamptogenys striatula</i> (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,14 ± 0,22	0,11 ± 0,16	0,57 ± 0,55	0,18 ± 0,27	16
<i>Hypoaspis</i> sp. (Acari: Laelapidae) (J+ Ad)	Pd	2,46 ± 2,70	1,68 ± 1,43	1,60 ± 2,73	0,86 ± 1,05	29
<i>Neivamyrmex</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	1,85 ± 1,08	1,89 ± 2,32	1,71 ± 2,00	0,61 ± 0,74	29
<i>Oxypodini</i> sp. (Coleoptera: Staphylinidae) (Ad)	Pd	0,28 ± 0,32	0,14 ± 0,22	0,36 ± 0,44	0,10 ± 0,16	13
<i>Pachycondyla striata</i> (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,25 ± 0,35	0,39 ± 0,46	0,21 ± 0,25	0,14 ± 0,22	17
<i>Scytodes itapevi</i> (Araneae: Scytodidae) (J+ Ad)	Pd	0,68 ± 0,56	0,57 ± 0,55	0,39 ± 0,34	0,46 ± 0,37	32
<i>Solenopsis</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	2,95 ± 1,07	1,04 ± 0,54	2,62 ± 1,49	1,33 ± 0,62	71
<i>Tapinoma</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,18 ± 0,24	0,35 ± 0,36	0,14 ± 0,22	0,14 ± 0,22	15
<i>Ataenius</i> sp. (Coleoptera: Scarabaeidae) (Ad)	Dt	0,21 ± 0,28	0,11 ± 0,16	0,25 ± 0,40	0,07 ± 0,13	12
<i>Drosophila</i> sp. (Diptera: Drosophilidae) (Ad)	Dt	0,96 ± 1,30	0,35 ± 0,46	0,71 ± 0,60	0,25 ± 0,84	23
Entomobryidae (Collembola) (J + Ad)	Dt	3,75 ± 1,57	3,39 ± 1,77	3,14 ± 1,78	1,82 ± 1,94	65
<i>Hypogastrura</i> sp. (Collembola: Hypogastruridae) (J+ Ad)	Dt	4,28 ± 2,09	5,46 ± 2,94	4,57 ± 2,00	1,64 ± 1,19	72
Isotomidae (Collembola) (J + Ad)	Dt	2,64 ± 1,97	2,64 ± 2,33	1,46 ± 2,37	1,32 ± 1,48	40
Onychiuridae (Collembola) (J + Ad)	Dt	9,18 ± 6,47	9,52 ± 4,01	9,57 ± 7,27	5,21 ± 4,00	72
Scirtidae (Coleoptera) (Lv)	Dt	1,46 ± 0,91	1,89 ± 1,33	0,82 ± 0,62	0,96 ± 0,63	49
<i>Sericoderus</i> sp. (Coleoptera: Corylophidae) (Ad)	Dt	0,46 ± 0,46	1,00 ± 0,97	1,28 ± 1,01	0,71 ± 0,77	37
Silvanidae sp. (Coleoptera) (Ad)	Dt	1,89 ± 0,86	1,64 ± 0,90	1,50 ± 1,09	0,75 ± 0,99	40
<i>Tomocerus</i> sp. (Collembola: Entomobryidae) (J + Ad)	Dt	0,36 ± 0,44	0,39 ± 0,39	0,79 ± 0,93	0,50 ± 0,74	20
<i>Xyleborus</i> sp. (Coleoptera: Scolytidae) (Ad)	Dt	5,82 ± 2,34	6,71 ± 3,05	2,46 ± 1,02	3,61 ± 1,85	78
<i>Carpophilus</i> sp1 (Coleoptera: Nitidulidae) (Ad)	Fm	0,43 ± 0,50	0,04 ± 0,09	0,28 ± 0,30	0,14 ± 0,29	14
Grillidae sp (Orthoptera) (Ad)	Fm	0,96 ± 0,79	0,75 ± 0,59	0,75 ± 0,44	0,50 ± 0,37	41
<i>Cyrtoneurus mirabilis</i> (Hemiptera: Cydnidae) (Ad)	Fs	0,42 ± 0,63	0,46 ± 0,52	0,07 ± 0,13	0,11 ± 0,16	14

*J=Jovens, Lv=Larva, Ad=Adulto, Nf=Ninfa, Pd=Predador, Dt=Detritívoro, Fm= fitófago mastigador, Fs= Fitófago sugador.

Tabela 4. Resumo da seleção pelo STEPWISE com procedimento STEPDISC do SAS STEPWISE visando selecionar espécies de fitófagos, inimigos naturais e detritívoros a serem incluídas na análise de variáveis canônicas obtendo-se a máxima discriminação entre os tratamentos. Coimbra, MG. 2007-2009.

Variáveis	R ² Parcial	Test F – da análise de covariância		Correlação quadrada parcial	
		F	<i>p</i>	Média da correlação canônica quadrada	<i>p</i>
Predadores					
<i>Achaearanea</i> sp.	0,0421	3,65	0,0133	0,6331	<0,0001
<i>Scytodes itapevi</i>	0,0921	8,46	<0,0001	0,0127	<0,0001
<i>Solenopsis</i> sp.	0,1276	12,23	<0,0001	0,0976	<0,0001
<i>Oxypodini</i> sp.	0,0386	0,33	0,0212	0,1643	<0,0001
Detritívoros					
Entomobryidae	0,0352	3,02	0,0306	0,1459	<0,0001
<i>Hypogastrura</i> sp.	0,0312	2,65	0,0494	0,1543	<0,0001
<i>Xyleborus</i> sp.	0,1655	16,66	<0,0001	0,0551	<0,0001

Tabela 5. Eixos canônicos e seus coeficientes (entre estrutura canônica) do efeito da soja não transgênica e da soja transgênica com uma ou três aplicações de glyphosate sobre as espécies de predadores e detritívoros da superfície do solo selecionadas pelo STEPWISE com procedimento STEPDISC do SAS STEPWISE. Coimbra, MG. 2007-2009.

Variáveis	Eixos canônicos			
	1	2	1	2
	2007/2008		2008/2009	
Predadores				
<i>Achaearanea</i> sp.	0,038	-0,742	-0,994	0,403
<i>Scytodes itapevi</i>	0,381	0,579	0,039	0,175
<i>Solenopsis</i> sp.	-0,108	0,449	0,056	-0,032
<i>Oxypodini</i> sp.	0,566	-0,134	0,417	0,052
Detritívoros				
Entomobryidae	0,352	-0,177	0,218	0,134
<i>Hypogastrura</i> sp.	0,128	0,033	0,108	0,056
<i>Xyleborus</i> sp.	0,138	-0,002	-0,033	0,230
F	3,49	2,31	3,48	2,61
gl (numerador/denominador)	21/230	12/162	21/276	12/194
P	<0,0001	0,0095	<0,0001	0,003
Correlação canônica parcial	0,63	0,26	0,57	0,38

Tabela 6. Análise multivariada por medidas repetidas na abundância dos artrópodes predadores da superfície do solo da soja não transgênica (SNT) e soja transgênica (ST) com uma ou três aplicações de glyphosate (1Gly e 3 Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

Fonte de variação	2007/2008			2008/2009		
	Huynh-Feldt	F	P	Huynh-Feldt	F	P
<i>Achaearanea</i> sp.						
SNT x ST	1,28	0,27	0,638	3,38	9,00	0,058
ST x ST 1Gly	1,82	1,00	0,391	5,69	1,44	0,351
ST x ST 3Gly	4,49	8,24	0,021	7,24	2,08	0,242
Tempo	1,18	1,45	0,224	1,32	0,50	0,949
Tempo x SNT x ST	-	1,54	0,235	-	0,78	0,594
Tempo x ST x ST-1Gly	-	1,00	0,451	-	0,65	0,693
Tempo x ST x ST-3Gly	-	0,78	0,577	-	0,20	0,971
<i>Scytodes itapevi</i>						
SNT x ST	5,18	7,36	0,085	1,36	0,63	0,486
ST x ST-1Gly	2,20	0,77	0,444	1,84	0,36	0,593
ST x ST-3Gly	0,88	0,13	0,744	3,19	13,36	0,035
Tempo	2,27	0,30	0,911	1,58	1,01	0,429
Tempo x SNT x ST	-	0,15	0,977	-	0,77	0,601
Tempo x ST x ST-1Gly	-	0,42	0,827	-	1,03	0,437
Tempo x ST x ST-3Gly	-	0,54	0,744	-	0,64	0,698
<i>Solenopsis</i> sp.						
SNT x ST	1,92	2,30	0,098	1,36	3,74	0,148
ST x ST-1Gly	1,55	7,19	0,235	1,47	4,06	0,132
ST x ST-3Gly	1,45	29,27	0,012	2,30	6,20	0,032
Tempo	1,67	3,13	0,016	1,12	0,60	0,729
Tempo x SNT x ST	-	0,78	0,579	-	0,31	0,926
Tempo x ST x ST-1Gly	-	0,64	0,674	-	0,39	0,874
Tempo x ST x ST-3Gly	-	0,30	0,905	-	0,56	0,755
<i>Oxyopodini</i> sp.						
SNT x ST	1,47	0,06	0,828	0,73	1,50	0,308
ST x ST-1Gly	0,98	2,04	0,248	21,87	0,82	0,432
ST x ST-3Gly	1,11	5,66	0,015	0,93	1,00	0,391
Tempo	0,68	2,33	0,058	1,27	2,34	0,044
Tempo x SNT x ST	-	0,30	0,905	-	0,46	0,829
Tempo x ST x ST-1Gly	-	0,12	0,987	-	0,94	0,493
Tempo x ST x ST-3Gly	-	0,38	0,856	-	0,52	0,788

Tabela 7. Análise multivariada por medidas repetidas na abundância dos artrópodes detritívoros da superfície do solo da soja não transgênica (SNT) e soja transgênica (ST) com uma ou três aplicações de glyphosate (1Gly e 3Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

Fonte de variação	2007/2008			2008/2009		
	Huynh-Feldt	F	P	Huynh-Feldt	F	P
<i>Entomobryidae</i>						
SNT x ST	4,51	1,10	0,372	1,52	2,25	0,650
ST x ST-1Gly	1,07	7,92	0,063	3,26	0,13	0,741
ST x ST-3Gly	2,69	60,84	0,004	3,08	19,11	0,022
Tempo	1,28	0,43	0,825	1,40	11,70	<0,001
Tempo x SNT x ST	-	2,20	0,109	-	0,23	0,961
Tempo x ST x ST-1Gly	-	0,82	0,542	-	0,12	0,992
Tempo x ST x ST-3Gly	-	2,34	0,093	-	1,58	0,209
<i>Hypogastrura</i> sp.						
SNT x ST	1,18	0,01	0,966	0,94	1,32	0,334
ST x ST-1Gly	1,49	0,55	0,512	2,31	0,29	0,637
ST x ST-3Gly	0,91	35,54	0,009	1,57	14,61	0,012
Tempo	1,20	5,76	0,003	1,12	1,81	0,114
Tempo x SNT x ST	-	0,30	0,903	-	0,13	0,991
Tempo x ST x ST-1Gly	-	0,54	0,741	-	0,22	0,967
Tempo x ST x ST-3Gly	-	0,68	0,645	-	0,89	0,522
<i>Xyleborus</i> sp.						
SNT x ST	1,89	1,68	0,285	1,82	1,25	0,345
ST x ST-1Gly	4,70	0,33	0,606	2,06	7,33	0,073
ST x ST-3Gly	2,61	6,81	0,039	3,38	142,08	0,001
Tempo	1,09	3,00	0,020	1,19	5,72	0,001
Tempo x SNT x ST	-	0,40	0,844	-	0,18	0,980
Tempo x ST x ST-1Gly	-	0,70	0,634	-	0,82	0,571
Tempo x ST x ST-3Gly	-	1,18	0,366	-	1,25	0,326

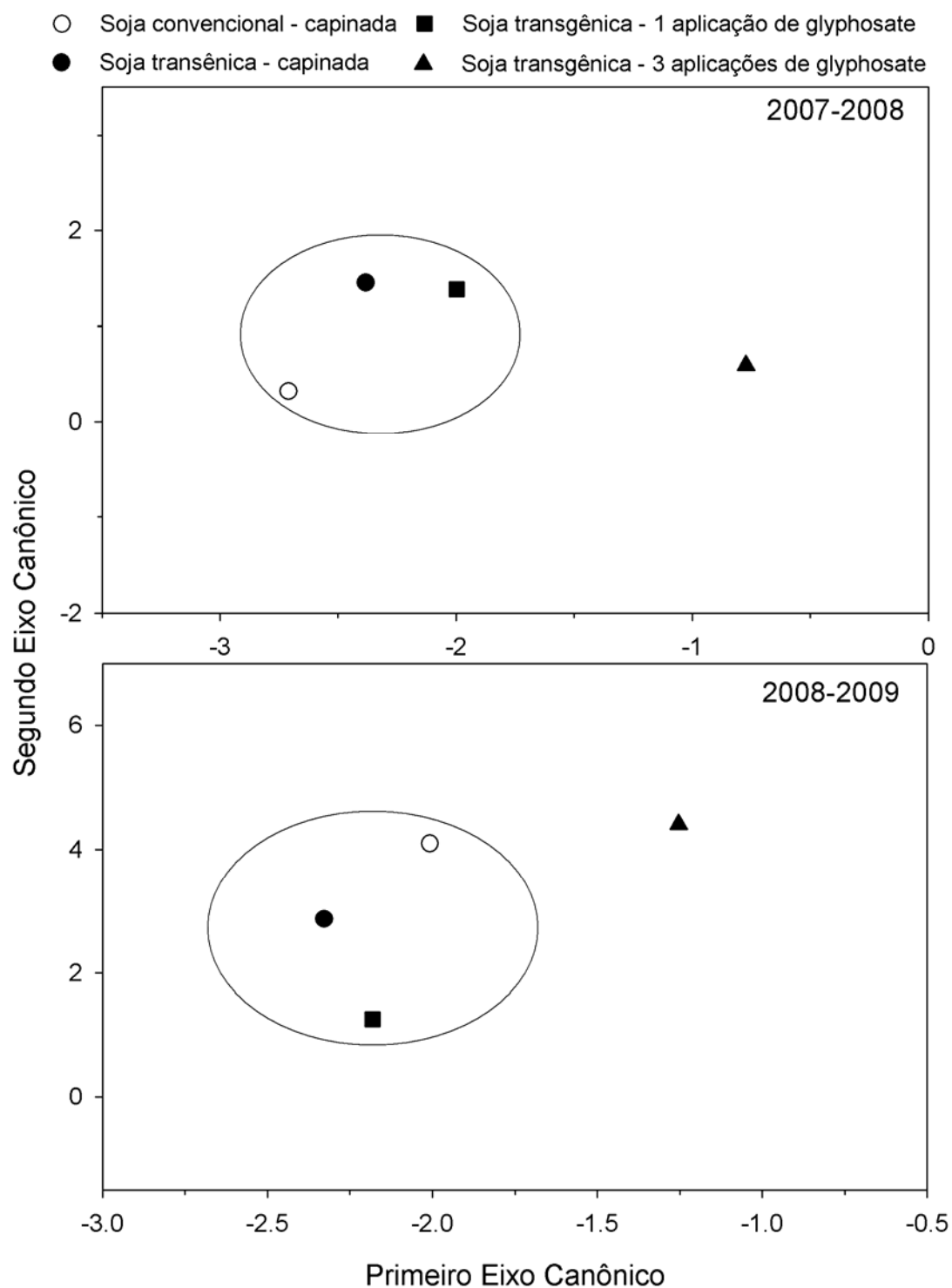


Figura 1. Diagrama de ordenação (CVA) da comunidade de artrópodes da superfície do solo da cultura da soja. Tratamentos fora do mesmo círculo diferem pelo teste F ($P < 0,05$), baseado na distância de Mahalanobis entre as médias das classes. Coimbra, MG. 2007-2009.

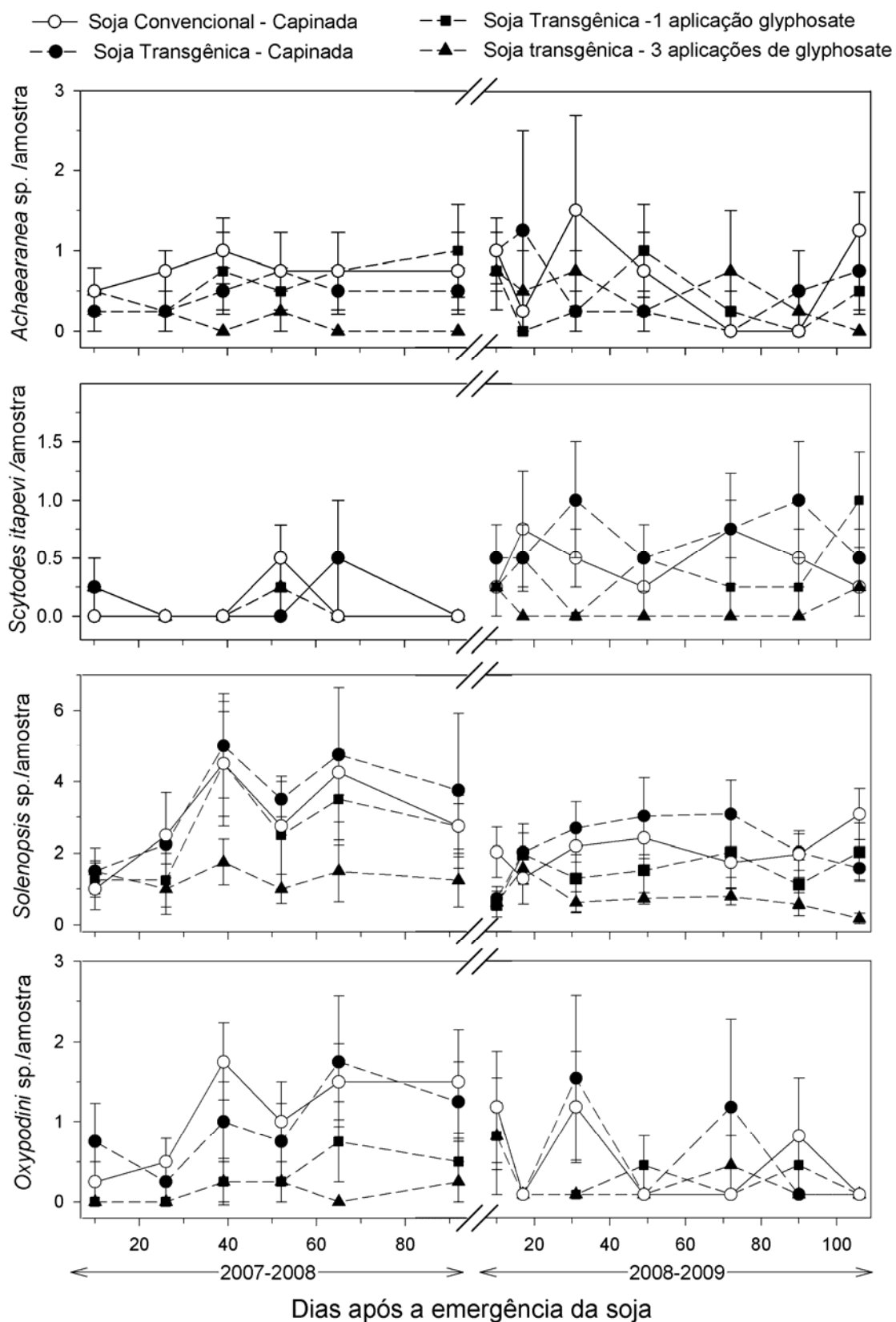


Figura 2. Abundância (média $\pm$ erro padrão) dos artrópodes predadores da superfície do solo da soja não transgênica (SNT) e da soja transgênica (ST) com uma ou três aplicações de glyphosate (1Gly e 3 Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

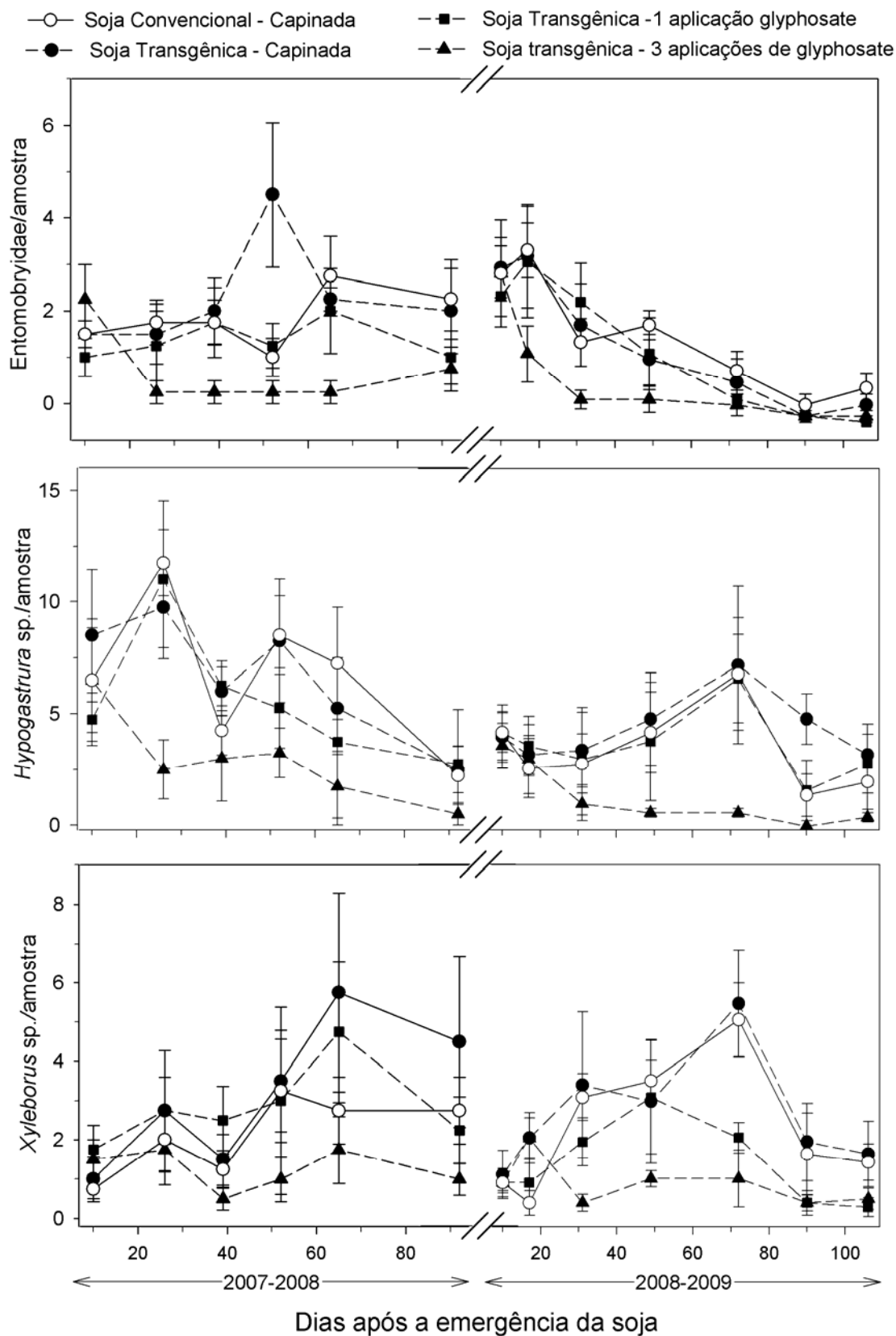


Figura 3. Abundância (média $\pm$ erro padrão) dos artrópodes detritívoros da superfície do solo da soja não transgênica (SNT) e da soja transgênica (ST) com uma ou três aplicações de glyphosate (1Gly e 3 Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

4. DISCUSSÃO

O cultivo da soja transgênica não afetou a riqueza, densidade total de artrópodes e abundância das espécies mais importantes de artrópodes. Resultados de pesquisas têm demonstrado que a modificação genética da soja resistente a glyphosate, não modifica a distribuição sazonal das pragas, quando comparada com variedades convencionais e não possibilita o surgimento de uma nova espécie-praga (Funderburk *et al.*, 1999; Brondanii *et al.*, 2008).

Menores riquezas de artrópodes predadores e detritívoros foram observadas nos tratamentos que receberam uma ou três aplicações de glyphosate. Resultados semelhantes foram observados no manejo da soja transgênica com três aplicações de glyphosate. Este afetou a abundância conjunta dos artrópodes, reduzindo a abundância das espécies predadoras *Achaeearanea* sp. *Oxypodini* sp. e *Solenopsis* sp. e das detritívoras Entomobryidae, *Hypogastrura* sp. e *Xyleborus* sp. O impacto do glyphosate na comunidade de artrópodes pode ser devido à toxicidade de sua molécula ou provocado pelas alterações deste herbicida sobre a comunidade de plantas daninhas (Strong *et al.*, 1984).

A cobertura vegetal promove maior proteção do solo evitando perdas de matéria orgânica, que é importante na manutenção de água e nutrientes que são importantes recursos na conservação de espécies de artrópodes permitindo com que mais espécies de artrópodes possam coabitar este mesmo ambiente. A maioria dos experimentos de campo não tem demonstrado o impacto do glyphosate sobre populações de artrópodes (Jackson & Pitre, 2004). Entretanto nas exceções observadas, este padrão de resposta tem sido justificado pela modificação do agroecossistema e não pelo efeito tóxico da molécula herbicida em si (Norris & Kogan, 2004; Pereira *et al.*, 2005). O glyphosate quando aplicado em campo é absorvido e translocado pelas plantas e a parte do produto que atinge o solo é rapidamente sorvido aos colóides do solo (Hoagland, 1980), não afetando de forma direta as populações de insetos. Entretanto, a aplicação de glyphosate é responsável pela modificação da comunidade de plantas daninhas.

Estudos envolvendo diferentes espécies de artrópodes têm demonstrado que tais espécies possuem suas densidades populacionais influenciadas pela

diversidade de plantas hospedeiras presentes no meio (Norris & Kogan, 2004). Por exemplo, o cicadelídeo *Scaphytopius acutus* apresentou maior densidade populacional em pessegueiros associados com plantas daninhas que emitem flores como o trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) em relação aos pessegueiros cultivados em áreas que apresentavam cobertura de plantas daninhas gramíneas (McClure *et al.*, 1982). Resultados semelhantes foram obtidos com os crisomelídeos *Paranapiacaba waterhousei* e *Cerotoma ruficornis rogersi* (Risch, 1980; Valverde *et al.*, 1982). Estes dados sugerem que a menor diversidade de recursos presentes nos tratamentos com três aplicações de glyphosate, devido à menor densidade de plantas daninhas, pode ter favorecido a redução populacional destas espécies em relação aos demais tratamentos. Muitas espécies de plantas daninhas podem servir como hospedeira alternativa de pragas em agroecossistemas (Norris & Kogan, 2004). Por exemplo, quando insetos-praga colocam seus ovos sobre plantas daninhas que não são hospedeiras principais daquele inseto, os ovos não são reconhecidos pelos seus parasitas, resultando em menor taxa de parasitismo de ovos (Morrill & Almazan, 1990). Estudo realizado por Coop e Croft (1993) demonstrou que a simples presença de *Digitaria ciliaris* promoveu redução de 38% de desfolha provocada por gafanhotos na cultura do milho (*Pennisetum glaucum*), entretanto estes autores perceberam que a planta daninha não é utilizada diretamente para alimentação pelo inseto-praga, sugerindo que a presença da invasora na cultura altera o comportamento alimentar do gafanhoto.

As implicações deste estudo estão relacionadas a não detecção do impacto do cultivo da soja transgênica resistente ao glyphosate sobre a comunidade de artrópodes do solo, e a detecção de impactos da aplicação de glyphosate sobre a abundância de espécies predadoras e detritívoras do solo.

5. LITERATURA CITADA

Badji, C.A.; Guedes, R.N.C.; Silva, A.A.; Corrêa, A.S.; Queiroz, M.E.L.R.; Michereff Filho, M. Non-target impact of deltamethrin on soil arthropods of maize fields under conventional and no-tillage cultivation. **Journal of Applied Entomology**, v.131, p.50-58, 2007.

Benbrook, C.M. **Genetically engineered crops and pesticide use in the United States: The first nine years**. 2004.

Brondanii, D.; Guedes, J.V.C.; Bigolini, J.R.F.M.; Lopes, F.K.S.J. Ocorrência de insetos na parte aérea da soja em função do manejo de plantas daninhas em cultivar convencional e geneticamente modificada resistente a glyphosate. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2132-2137. 2008.

Coop, L.B. & Croft, B.A. Pearl millet injury by five grasshopper species (Orthoptera: Acrididae) in Mali. **Journal of Economic Entomology**, v.86, p.891-898. 1993.

Funderburk, J.; Mcpherson, R.; Buntin, D. Soybean insect management. In: Heatherly, L. G. & Hodgers, H. F. (Ed.). **Soybean production in the midsouth**. Boca Raton, FL.: CRC, 1999.

Hoagland, R.E. Effects of glyphosate on metabolism phenolic compounds. **Weed Science**, v.28, p.393-400. 1980.

Jackson, R.E. & Pitre, H.N. Influence of Roundup Ready (RR) soybean production systems and glyphosate application on pest and beneficial insects in wide-row soybean. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, v.21, n.2, p.61-70. 2004.

James, C. Preview: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007 Isaaa. Ithaca, NY. 37: <http://www.isaaa.org/Resources/publications/briefs/37/executivesummary/default.html> p. 2007.

Kremer, R.J. & Means, N.E. Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms. **European Journal of Agronomy**, v.31, p.153-161. 2009.

Luff, M.L. Some features influencing the efficiency of pitfall traps. **Oecologia**, v.19, p.345-357. 1975.

Mcclure, M.S.; Andreadis, T.G.; Lacy, G.H. Manipulating orchard cover to reduce invasion by leafhopper vectors of peach X-disease. **Journal of Economic Entomology**, v.75, p.64-68. 1982.

Morrill, W.L. & Almazon, L.P. Effect of host plant species and age of rice bug (Hemiptera: Alydidae) eggs on parasitism by *Gryon nixoni* (Hymenoptera: Scelionidae). **Journal of Entomological Science**, v.25, p.450-452. 1990.

Norris, R.F. & Kogan, M. Ecology of interactions between weeds and arthropods. **Annual Review of Entomology**, v.50, p.479-503. 2004.

Noss, R.F. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. **Conservation Biology**, v.4, n.3, p.241-243. 1990.

Pereira, J.L.; Picanço, M.C.; Pereira, E.J.G.; Silva, A.A.; Jakelaitis, A.; Pereira, R.R.; Xavier, V.M. Influence of crop management practices on bean foliage arthropods. **Bulletin of Entomological Research**, v.prelo. 2009.

Pereira, J.L.; Silva, A.A.; Picanço, M.C.; Barros, E.C.B.; Jakelaitis, A. Effects of herbicide and insecticide interaction on soil entomofauna under maize crop. **Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v.40, n.1, p.45-54. 2005.

Risch, S.J. The population dynamics of several herbivorous beetles in a tropical agroecosystem: The effect of intercropping com, beans, and squash in Costa Rica. **Journal of Applied Ecology**, v.17, p.593-612. 1980.

Strong, D.R.; Lawton, J.H.; Southwood, R. **Insects on plants: community patterns and mechanisms**. Oxford: Blackwell Scientific, v.1. 1984. 313 p.

Valverde, R.A.; Moreno, R.; Gamez, R. Incidence and some ecological aspects of cowpea severe mosaic virus in two cropping systems in Costa Rica. **Turrialba**, v.32, p.29-32. 1982.

Van Straalen, N.M. Community structure of soil arthropods as a bioindicator of soil health. In: Pankhurst, C.E.; Doube, B.M.; Gupta, V.V.S.R. (Eds.). **Biological indicators of soil health**. Wallingford: Centre for Agriculture and Biosciences International, 1997.

III. IMPACTO DO CULTIVO DA SOJA RESISTENTE AO GLYPHOSATE SOBRE ARTRÓPODES DO INTERIOR DO SOLO

RESUMO

Um dos grandes questionamentos, sobre as culturas transgênicas trata-se de seus efeitos sobre o ambiente. Na realidade muito se debate acerca desta tecnologia, entretanto, poucos são os estudos desenvolvidos no sentido de detectar seu impacto no agroecossistema. Neste trabalho avaliou-se o impacto do cultivo da soja resistente ao glyphosate e seu manejo com este herbicida sobre a comunidade de artrópodes do interior do solo. O experimento foi realizado na estação experimental da UFV em Coimbra, MG nos biênios agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009, em blocos casualizados com cinco repetições. Os tratamentos estudados foram: soja não transgênica e transgênica com capina mecânica das plantas daninhas; e soja transgênica com uma e três aplicações de glyphosate. O cultivo da soja com o gene de resistência ao glyphosate não afetou a riqueza e a abundância de artrópodes do interior do solo. Todavia, a riqueza total dos artrópodes foi reduzida nos tratamentos que receberam uma e três aplicações de glyphosate. A aplicação de glyphosate na soja transgênica reduziu a densidade do ácaro predador Galumnidae (Acari: Oribatida); das formigas predadoras *Neivamyrmex* sp. (Hymenoptera: Formicidae) e *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae); e das colêmbolas Entomobryidae (Collembola), *Hypogastrura* sp. (Collembola: Hypogastruridae) e Onychiuridae (Collembola).

Palavras chave: *Glycine max*, transgenia, bioindicadores, insetos do solo, berleze.

III. IMPACT OF SOYBEAN CROPS RESISTANT TO GLYPHOSATE ON ARTHROPODS THE INSIDE OF SOIL

ABSTRACT

One of the big questions about the genetically modified plants is whether this technology can impact the environment. In fact much has been debate about this technology; however, few studies are developed to detect its impact on agroecosystem. This work aimed to evaluate the impact of soybean crops resistant to glyphosate and their management with glyphosate on arthropods the inside of soil. The experiment was conducted during the growing seasons of 2007/2008 and 2008/2009 in experimental station of Universidade Federal de Viçosa in Coimbra, Minas Gerais State, Brazil, in randomized blocks with five replications. The treatments studied were: non-GM and GM soybean with mechanical weed control; and GM soybean with one and three applications of glyphosate. Transgenic soybean, resistant to glyphosate did not affect the richness and abundance of arthropods in the surface of the soil. However, the total richness of arthropods was reduced in treatments that received one and three applications of glyphosate. The application of glyphosate in transgenic soybeans reduced the density of the predatory mite Galumnidae (Acari: Oribatida), the ants *Neivamyrmex* sp. (Hymenoptera: Formicidae) and *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae), and the detritivorous Entomobryidae (Collembola), *Hypogastrura* sp. (Collembola: Hypogastruridae) and Onychiuridae (Collembola).

Keywords: *Glycine max*, transgenic, bioindicators, soil insects, berleze

1. INTRODUÇÃO

A fauna edáfica é tradicionalmente utilizada como bioindicadora em estudos de detecção e monitoramento da qualidade ambiental (Straalen, 1998; Langellotto & Denno, 2004; Paoletti *et al.*, 2007). Dentre os bioindicadores presentes no solo os artrópodes se destacam devido a sua grande diversidade de espécies e habitat, além de comporem os processos biológicos nos ecossistemas naturais. Além disso, são sensíveis às mudanças do ambiente podendo ser utilizados no monitoramento das perturbações ambientais (Thomazini & Thomazin, 2002). Com o desenvolvimento do sistema de análise multivariada a utilização da comunidade edáfica de artrópodes como ferramenta de estudos de impacto ambiental passou a ter grande aceitação científica. Estas análises possibilitam uma expansão na geração de hipóteses permitindo que o conjunto de dados seja condensado em poucas informações sem perder o poder estatístico. A análise multivariada é utilizada quando se tem a necessidade de estudar simultaneamente uma série de variáveis que podem ser associadas a um determinado fenômeno (Anderson, 1984). Assim, em estudos de campo, onde grande parte das condições não são controladas, esta ferramenta se torna essencial.

Um dos grandes questionamentos, sobre as culturas transgênicas trata-se de seus efeitos sobre o ambiente. Na realidade muito se debate acerca desta tecnologia, entretanto, poucos são os estudos desenvolvidos no sentido de detectar seu impacto no agroecossistema. O advento da soja transgênica resistente ao glyphosate provocou o incremento da aplicação do herbicida glyphosate (Young, 2006). Belden & Lydy (2000) afirmam que o uso de herbicidas pode exercer efeitos nocivos sobre a entomofauna, embora a magnitude de respostas possa estar mais diretamente ligada a efeitos indiretos decorrentes de mudanças no habitat. Alguns desses efeitos podem ser provocados pela perda da cobertura vegetal, exercida pelas plantas daninhas, reduzindo assim a fonte alimentar e abrigo para determinadas espécies de artrópodes (Norris & Kogan, 2004).

Aproveitando-se da potencialidade dos artrópodes edáficos como bioindicadores e considerando a escassez de informações a respeito do impacto ambiental dos transgênicos e seu pacote tecnológico sobre o

agroecossistema, este estudo teve como objetivo avaliar o impacto da soja resistente ao glyphosate e seu manejo com glyphosate sobre a comunidade de artrópodes do interior do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Condições Experimentais

O experimento foi realizado no município de Coimbra, MG, em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, fase terraço (Tabela 1 do capítulo 1), em dois cultivos, o primeiro no biênio 2007/2008 e o segundo no biênio 2008/2009. As variedades utilizadas foram a soja transgênica BRS Favorita RR (Roundup Ready®) e a soja não transgênica MG/BR-46 Conquista. A semeadura direta da soja foi realizada na primeira quinzena do mês de dezembro do primeiro biênio e na segunda quinzena de novembro no segundo biênio.

Os valores diários de precipitação pluvial; umidade relativa do ar e temperaturas médias, máximas e mínimas do ar durante o ciclo da cultura nos dois biênios agrícolas foi avaliado ao longo dos dois cultivos e está representada na Figura 1 do capítulo 1.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições. Cada parcela experimental foi constituída por área de 10 x 10 m com as linhas da cultura da soja espaçadas de 0,5 m e com densidade de plantio de 18 sementes por metro. Os tratamentos estudados foram: 1- soja não transgênica com capina mecânica das plantas daninhas, 2- soja transgênica com capina mecânica das plantas daninhas, 3- soja transgênica com uma aplicação de glyphosate (1.080 g ha^{-1}) aos 15 dias após emergência ; 4- soja transgênica com três aplicações de glyphosate (1.080 g ha^{-1}) aos 15, 30 e 45 dias após emergência.

Demais informações sobre as condições experimentais se encontram disponíveis no Sub-ítem 2.1 do primeiro capítulo, página 12.

2.2. Avaliação da Comunidade de Artrópodes

As populações de artrópodes do interior do solo foram avaliadas no primeiro ano de cultivo aos 10, 26, 39, 52, 65 e 92 dias após a emergência das

plantas. No segundo ano de cultivo essas populações foram avaliadas aos 10, 17, 31, 49, 72, 90 e 106 dias após a emergência das plantas. Para estas avaliações, blocos de solo de 30 cm de profundidade e 10 cm de diâmetro, foram retirados das parcelas experimentais. Este material foi levado ao Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do DBA-UFV, onde foram submetidos ao funil de berleze, por um período de 48 horas conforme proposto por Wardle et al., 1993. As amostras provenientes da coleta no campo por berleze foram conservadas em potes de vidro contendo álcool 70%. Posteriormente essas amostras foram transferidas para placas de Petri (9 cm de diâmetro por 2 cm de altura) para contagem do número total dos artrópodes utilizando-se o microscópio estereoscópio da marca Leica modelo Zoom 2000 com aumento fixado de 12X.

Os ácaros foram identificados pelo Dr. Jeferson Luiz de Carvalho Mineiro do Instituto Biológico (Campinas, SP). Os colêmbolos foram identificados pela Dra. Elisiana Oliveira do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia de Manaus (INPA). Os coleópteros foram identificados pelo Dr. Antonio Domingos Brescovit do Instituto Butantan (São Paulo, SP). As formigas foram identificadas pela Dra. Cidália Gabriela Santos Marinho da Universidade Federal de Campina Grande. Os demais espécimes de outras ordens coletados foram identificados em nível de família e, quando possível, até gênero e espécie usando chaves taxonômicas e a coleção de referência do museu de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa.

2.3. Análises dos Dados

A riqueza foi representada pelo número total de espécies e o número de espécies presentes em cada uma das guildas observados em cada um dos tratamentos nos dois cultivos.

Os dados da composição relativa nos dois anos foram submetidos a processo seletivo para se determinar quais das espécies mais abundantes que explicaram a variância observada (PROC STEPDISC com seleção STEPWISE e SAS Institute, 2001).

Estes dados selecionados foram submetidos à análise de variáveis canônicas (CVA). A significância da diferença na abundância da comunidade de artrópodes em função dos tratamentos foi verificada pelo teste F

aproximado ($p < 0,05$), usando a distância de Mahalanobis entre as classes de médias canônicas.

Para as principais espécies foram confeccionadas curvas de flutuação populacional (média $\pm$ erro padrão) para cada tratamento nas duas safras agrícolas. Os dados de abundância relativa destas espécies foram submetidos à análise de variância por medidas repetidas para se estudar em que períodos os tratamentos afetaram estas espécies.

Para informações detalhadas sobre o procedimento de análises dos dados, favor consultar o Sub-ítem 2.3 do primeiro capítulo, página 15.

3. RESULTADOS

3.1. Impacto dos tratamentos sobre a riqueza de artrópodes

No primeiro ano foram observadas 131 espécies de artrópodes no interior do solo, sendo 13 de fitófagos mastigadores, 15 de fitófagos sugadores, 50 de predadores, duas de parasitóides e 42 de detritívoros. A riqueza total de artrópodes no primeiro ano variou de 73 espécies na soja não transgênica sem aplicação de glyphosate a 64 espécies na soja transgênica com três aplicações de glyphosate. Já no segundo ano foram observadas 108 espécies de artrópodes. Destas, 10 espécies são fitófagas mastigadores, 16 fitófagas sugadoras, 52 predadoras, duas parasitóides e 30 detritívoras. A riqueza de espécies no segundo ano variou de 61 espécies na soja transgênica capinada a 41 na soja transgênica com três aplicações de glyphosate (Tabela 1).

3.2. Impacto dos tratamentos sobre a abundância dos artrópodes

3.2.1. Espécies de artrópodes com capacidade preditiva dos impactos dos tratamentos

Das 131 e 108 espécies de artrópodes observadas, respectivamente, no primeiro e segundo ano, 14 espécies apresentaram frequência de ocorrência maior que 10%. Os artrópodes de maior frequência de ocorrência em cada guilda nos dois anos foram os predadores *Cosmolaelaps* sp., Galumnidae, *Hypoaspis* sp., *Neivamyrmex* sp., *Pachycondyla* sp., *Scytodes itapevi*, *Solenopsis* sp. e *Tapinoma* sp.; os detritívoros Entomobryidae,

Hypogastrura sp., Isotomidae, Onychiuridae, Scheloribatidae e larva de Scirtidae (Tabela 2).

Os predadores *Cosmolaelaps* sp., Galumnidae, *Neivamyrmex* sp. e *Solenopsis* sp. e os detritívoros larva de Scirtidae, *Hypogastrura* sp., Onychiuridae e Entomobryidae foram as espécies que melhor explicaram a máxima discriminação entre os tratamentos sendo incluídas na análise de variáveis canônicas (Tabela 3).

Baseando-se nos coeficientes canônicos as espécies que mais contribuíram positivamente para a divergência entre os tratamentos nos eixos canônicos foram *Cosmolaelaps* sp. (eixo 1 nas duas safras), Galumnidae (eixo 1 nas duas safras), *Neivamyrmex* sp. (eixo 1 nas duas safras) e Onychiuridae (eixo 2 nas duas safras). Já as espécies que mais contribuíram negativamente para a divergência entre os tratamentos nos eixos canônicos foram *Cosmolaelaps* sp. (eixo 2 na primeira safra) e Galumnidae (eixo 2 nas duas safras) (Tabela 4). Portanto, os predadores *Cosmolaelaps* sp., Galumnidae e *Neivamyrmex* sp. e o detritívoro Onychiuridae foram as principais espécies com capacidade preditiva dos impactos dos tratamentos. Estas espécies possibilitam melhor o entendimento dos efeitos do cultivo da soja transgênica e da manipulação de glyphosate sobre a maioria das espécies destas guildas.

3.2.2. Impacto dos tratamentos sobre a abundância total dos artrópodes

A análise de variáveis canônicas indicou diferenças significativas entre os tratamentos no primeiro (Wilks' lambda = 0,2064 e F = 7,01 e gl (numerador/denominador) = 24/273 e P < 0,0001) e segundo ano de cultivo (Wilks' lambda = 0,1645 e F = 9,93 e gl (numerador/denominador) = 24/276 e P < 0,0001). Quatro eixos canônicos foram calculados, sendo dois significativos no primeiro ano (P < 0,0001 e P = 0,0435) e um significativo no segundo ano (P < 0,0001 e P = 0,060). O primeiro e o segundo eixo canônico explicaram no primeiro ano 90 e 7% e no segundo ano 91 e 6%, da variância acumulada, respectivamente (Tabela 4).

Verificou-se por meio dos diagramas de ordenação em ambos os anos que o cultivo da soja transgênica não afetou a abundância total de

artrópodes. Comparando o efeito do manejo da soja transgênica com glyphosate, verificou-se em ambos os anos que a aplicação deste herbicida reduziu a densidade total de artrópodes. Não foi verificada diferença significativa entre uma e três aplicações de glyphosate na densidade total de artrópodes (Figura 1).

3.2.3. Impacto dos tratamentos sobre as principais espécies de artrópodes no interior do solo

Não se detectaram diferenças entre as densidades das principais espécies de artrópodes predadoras e detritívoras do interior do solo, independente se este foi cultivado com soja transgênica ou soja não transgênica (Tabelas 5 e 6; Figuras 2 e 3).

Já uma e três aplicações de glyphosate afetaram a abundância de algumas das principais espécies de artrópodes no interior do solo. Na 1º e 2º safra verificou-se redução das densidades dos predadores *Galumnidae* e *Neivamyrmex* sp. na soja transgênica com uma e três aplicações de glyphosate e de *Solenopsis* sp. em ambos os cultivos na soja com três aplicações de glyphosate (Tabela 5 e Figura 2). Para as espécies detritívoras no interior do solo, verificou-se nos dois anos agrícolas redução na densidade das colêmbolas *Entomobryidae*, *Hypogastrura* sp. e *Onychiuridae* na soja transgênica com uma ou três aplicações de glyphosate (Tabela 6 e Figura 3).

Tabela 1. Total de espécies de artrópodes detritívoros, fitófagos mastigadores, fitófagos sugadores, predadores, parasitóides e total de espécies por guilda capturados no interior do solo da soja transgênica (ST) e soja não transgênica (SNT) com uma e três aplicações de glyphosate (1Gly e 3Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

Guilda	Riqueza (nº de espécies/tratamento)				Total de espécies por guilda
	SNT	ST	ST-1Gly	ST-3Gly	
2007/2008					
Fitófagos mastigadores	7	9	5	8	13
Fitófagos sugadores	11	7	6	7	15
Predadores	32	33	24	24	50
Parasitóides	1	1	1	0	2
Detritívoros	22	22	19	18	41
Total	73	72	65	64	131
2008/2009					
Fitófagos mastigadores	5	6	4	4	10
Fitófagos sugadores	7	8	5	6	16
Predadores	29	28	18	21	52
Parasitóides	0	2	0	0	2
Detritívoros	18	17	15	15	30
Total	59	61	45	41	108

1 **Tabela 2.** Abundância (indivíduos/amostra) e frequência (Freq.) dos artrópodes mais abundantes (frequência > 10%) no interior do solo
2 da soja transgênica (ST) e soja não transgênica (SNT) com uma e três aplicações de glyphosate (1Gly e 3Gly). Coimbra, MG.
3 2007-2009.
4

Artrópodes*	Guilda*	Número de indivíduos/amostra (média ± erro padrão)				Freq. (%)
		SNT	ST	ST-1Gly	ST-3Gly	
2007/2008						
<i>Cosmolaelaps</i> sp. (Acari: Laelapidae) (J + Ad)	Pd	1,54 ± 0,79	0,79 ± 0,99	0,62 ± 0,56	0,71 ± 0,60	31
<i>Galumnidae</i> (Acari: Oribatida) (J + Ad)	Pd	5,16 ± 1,17	3,46 ± 1,06	1,29 ± 0,80	1,04 ± 0,67	64
<i>Hypoaspis</i> sp. (Acari: Mesostigmata) (J + Ad)	Pd	3,75 ± 1,12	3,17 ± 2,21	2,12 ± 2,36	4,21 ± 2,64	61
<i>Neivamyrmex</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	9,42 ± 3,31	9,00 ± 3,54	0,91 ± 1,24	1,04 ± 0,74	54
<i>Pachycondyla</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,25 ± 0,26	0,50 ± 0,59	0,21 ± 0,36	0,54 ± 0,82	15
<i>Scytodes itapevi</i> (Araneae: Scytodidae) (J+ Ad)	Pd	0,12 ± 0,17	0,17 ± 0,28	0,17 ± 0,19	0,12 ± 0,17	13
<i>Solenopsis</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	13,70 ± 3,70	11,95 ± 3,53	8,46 ± 3,06	5,00 ± 2,11	84
<i>Tapinoma</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,08 ± 0,14	0,08 ± 0,14	0,28 ± 0,17	0,42 ± 0,48	11
<i>Entomobryidae</i> (Collembola) (J + Ad)	Dt	11,17 ± 4,19	9,29 ± 2,62	5,50 ± 1,54	5,21 ± 2,76	80
<i>Hypogastrura</i> sp. (Collembola: Hypogastruridae) (J+ Ad)	Dt	6,33 ± 1,87	6,08 ± 2,01	2,67 ± 2,18	3,46 ± 2,84	66
<i>Isotomidae</i> (Collembola) (J + Ad)	Dt	11,17 ± 4,19	9,29 ± 2,62	5,50 ± 4,54	5,20 ± 2,76	63
<i>Onychiuridae</i> (Collembola) (J + Ad)	Dt	9,08 ± 2,75	11,20 ± 2,85	5,75 ± 2,39	2,00 ± 1,51	71
<i>Scheloribatidae</i> (Acari: Oribatei) (J +Ad)	Dt	1,91 ± 0,75	2,70 ± 3,20	2,12 ± 2,35	4,21 ± 2,64	58
<i>Scirtidae</i> (Coleoptera) (Lv)	Dt	1,37 ± 0,55	1,12 ± 0,56	0,75 ± 0,45	0,67 ± 0,52	51
2008/2009						
<i>Cosmolaelaps</i> sp. (Acari: Laelapidae) (J + Ad)	Pd	1,93 ± 1,74	2,18 ± 1,86	0,21 ± 0,28	0,14 ± 0,22	29
<i>Galumnidae</i> (Acari: Oribatida) (J + Ad)	Pd	7,04 ± 2,26	7,43 ± 2,56	2,78 ± 1,50	1,60 ± 1,13	79
<i>Hypoaspis</i> sp. (Acari: Mesostigmata) (J + Ad)	Pd	4,04 ± 2,98	2,93 ± 2,03	5,18 ± 2,97	2,43 ± 1,74	59
<i>Neivamyrmex</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	7,64 ± 2,79	8,64 ± 2,87	1,61 ± 1,16	1,89 ± 1,20	76
<i>Pachycondyla</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,86 ± 1,29	0,39 ± 0,85	0,14 ± 0,26	0,28 ± 0,57	11
<i>Scytodes itapevi</i> (Araneae: Scytodidae) (J+ Ad)	Pd	0,11 ± 0,16	0,18 ± 0,19	0,11 ± 0,16	0,04 ± 0,09	11
<i>Solenopsis</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	14,10 ± 3,71	13,28 ± 3,97	5,50 ± 2,58	4,14 ± 1,90	89
<i>Tapinoma</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) (Ad)	Pd	0,28 ± 0,51	0,50 ± 0,40	0,14 ± 0,23	0,18 ± 0,19	18
<i>Entomobryidae</i> (Collembola) (J + Ad)	Dt	37,75 ± 15,71	31,21 ± 12,86	15,78 ± 7,99	10,32 ± 6,68	85
<i>Hypogastrura</i> sp. (Collembola: Hypogastruridae) (J+ Ad)	Dt	2,61 ± 1,14	2,60 ± 1,17	0,96 ± 0,81	1,11 ± 0,82	56
<i>Isotomidae</i> (Collembola) (J + Ad)	Dt	2,07 ± 1,48	2,64 ± 1,67	7,50 ± 13,83	7,96 ± 13,14	59
<i>Onychiuridae</i> (Collembola) (J + Ad)	Dt	11,54 ± 4,62	16,28 ± 6,12	9,50 ± 4,97	4,28 ± 2,50	84
<i>Scheloribatidae</i> (Acari: Oribatei) (J +Ad)	Dt	1,75 ± 1,55	1,18 ± 0,96	3,32 ± 3,06	2,04 ± 1,58	38
<i>Scirtidae</i> (Coleoptera) (Lv)	Dt	1,14 ± 0,86	0,82 ± 0,43	0,43 ± 0,34	0,57 ± 0,46	48

*J=Jovem, Lv=Larva, Ad=Adulto, Nf=Ninfa, Pd=Predador, Dt=Detritívoro.

Tabela 3. Resumo da seleção pelo STEPWISE com procedimento STEPDISC do SAS STEPWISE visando selecionar espécies a serem incluídas na análise de variáveis canônicas obtendo-se a máxima discriminação entre os tratamentos. Coimbra, MG. 2007-2009.

Variáveis	R ² Parcial	Test F – da análise de covariância		Correlação quadrada parcial	
		F	p	Média da correlação canônica quadrada	p
Predadores					
<i>Cosmolaelaps</i> sp.	0,0723	5,17	0,0018	0,3092	<0,0001
Galumnidae	0,4481	55,22	<0,0001	0,1493	<0,0001
<i>Neivamyrmex</i> sp.	0,2307	20,20	<0,0001	0,2424	<0,0001
<i>Solenopsis</i> sp.	0,1243	9,51	<0,0001	0,2657	<0,0001
Detritívoros					
Entomobryidae	0,0562	3,93	0,0094	0,3170	<0,0001
<i>Hypogastrura</i> sp.	0,0281	1,90	0,1311	0,3235	<0,0001
Onychiuridae	0,1041	7,75	<0,0001	0,2968	<0,0001
Scirtidae	0,3074	30,03	<0,0001	0,2082	<0,0001

Tabela 4. Eixos canônicos e seus coeficientes (entre a estrutura canônica) do efeito da soja não transgênica e da soja transgênica com uma ou três aplicações de glyphosate sobre as espécies selecionadas pelo STEPWISE com procedimento STEPDISC do SAS STEPWISE. Coimbra, MG. 2007-2009.

Variáveis	Eixos canônicos			
	1	2	1	2
	2007-2008		2008-2009	
Predadores				
<i>Cosmolaelaps</i> sp.	0,127	-0,147	0,113	0,062
Galumnidae	0,353	-0,191	0,158	-0,044
<i>Neivamyrmex</i> sp.	0,345	-0,039	0,110	0,015
<i>Solenopsis</i> sp.	0,058	0,060	0,079	0,010

Detritívoros				
Entomobryidae	0,029	-0,058	0,025	0,003
<i>Hypogastrura</i> sp.	0,002	-0,054	0,063	0,103
Scirtidae	0,077	-0,013	0,122	0,847

F	7,01	1,68	11,64	2,81
gl (numerador/denominador)	24/232	14/162	24/232	14/162
P	<0,0001	0,0435	<0,0001	0,0009
Correlação canônica parcial	0,90	0,07	0,91	0,06

Tabela 5. Análise multivariada por medidas repetidas da abundância dos artrópodes predadores do interior do solo da soja não transgênica (SNT) e soja transgênica (ST) com uma ou três aplicações de glyphosate (1Gly e 3Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

Fonte de variação	2007/2008			2008/2009		
	Huynh-Feldt	F	P	Huynh-Feldt	F	P
<i>Cosmolaelaps</i> sp.						
SNT x ST	1,01	1,85	0,267	1,26	0,09	0,785
ST x ST-1Gly	1,14	0,86	0,423	3,60	8,91	0,058
ST x ST-3Gly	1,41	0,02	0,903	2,69	8,80	0,059
Tempo	1,53	2,02	0,094	0,87	8,03	<0,001
Tempo x SNT x ST	-	1,44	0,267	-	0,18	0,980
Tempo x ST x ST-1Gly	-	1,19	0,361	-	4,65	0,005
Tempo x ST x ST-3 Gly	-	0,87	0,525	-	3,40	0,020
<i>Galumnidae</i>						
SNT x ST	2,26	1,28	0,340	0,80	0,14	0,731
ST x ST-1Gly	2,43	37,56	0,009	1,33	24,14	0,016
ST x ST-3Gly	3,63	148,41	0,001	1,87	29,62	0,012
Tempo	1,52	3,95	0,005	0,86	5,45	0,0002
Tempo x SNT x ST	-	1,11	0,394	-	1,01	0,450
Tempo x ST x ST-1Gly	-	1,97	0,142	-	1,77	0,162
Tempo x ST x ST-3 Gly	-	0,73	0,610	-	2,87	0,039
<i>Neivamyrmex</i> sp.						
SNT x ST	4,02	0,06	0,838	2,65	0,88	0,419
ST x ST-1Gly	4,60	59,18	0,005	1,25	164,68	0,001
ST x ST-3Gly	4,21	35,78	0,009	1,18	52,66	0,005
Tempo	1,48	2,67	0,034	1,49	41,82	<0,001
Tempo x SNT x ST	-	0,50	0,769	-	1,07	0,416
Tempo x ST x ST-1Gly	-	2,22	0,11	-	2,27	0,083
Tempo x ST x ST-3 Gly	-	2,36	0,090	-	2,64	0,051
<i>Solenopsis</i> sp.						
SNT x ST	1,05	0,36	0,592	11,39	5,04	0,110
ST x ST-1Gly	2,96	1,33	0,333	1,52	8,34	0,063
ST x ST-3Gly	1,61	41,28	0,008	1,77	16,41	0,027
Tempo	1,05	6,11	<0,001	1,47	0,39	0,881
Tempo x SNT x ST	-	0,76	0,595	-	2,26	0,084
Tempo x ST x ST-1Gly	-	0,43	0,819	-	0,47	0,824
Tempo x ST x ST-3 Gly	-	1,63	0,212	-	0,66	0,685

Tabela 6. Análise multivariada por medidas repetidas da abundância dos artrópodes detritívoros do interior do solo da soja não transgênica (SNT) e soja transgênica (ST) com uma ou três aplicações de glyphosate (1Gly e 3Gly). Coimbra, MG. 2007-2009.

Fonte de variação	2007/2008			2008/2009		
	Huynh-Feldt	F	P	Huynh-Feldt	F	P
<i>Entomobryidae</i>						
SNT x ST	1,06	0,98	0,394	1,45	3,32	0,166
ST x ST 1Gly	2,38	27,63	0,013	1,33	2,05	0,024
ST x ST 3GlyTempo	3,19	6,14	0,049	1,43	12,09	0,040
Tempo	1,18	2,07	0,087	1,01	5,03	0,0004
Tempo x SNT x ST	-	0,30	0,906	-	0,76	0,612
Tempo x ST x ST 1Gly	-	0,87	0,526	-	0,74	0,626
Tempo x ST x ST 3 Gly	-	1,46	0,260	-	1,12	0,391
<i>Hypogastrura</i> sp.						
SNT x ST	1,69	0,15	0,723	1,29	0,01	1,000
ST x ST 1Gly	3,23	15,71	0,029	1,30	24,42	0,016
ST x ST 3GlyTempo	1,56	3,02	0,1808	4,80	7,39	0,073
Tempo	1,49	0,71	0,615	1,10	0,52	0,788
Tempo x SNT x ST	-	0,36	0,8693	-	1,38	0,274
Tempo x ST x ST 1Gly	-	1,89	0,155	-	0,56	0,757
Tempo x ST x ST 3 Gly	-	1,04	0,433	-	0,36	0,895
<i>Onychiuridae</i>						
SNT x ST	1,39	0,58	0,502	1,01	1,53	0,231
ST x ST 1Gly	1,12	34,90	0,010	1,07	11,55	0,030
ST x ST 3GlyTempo	1,39	34,27	0,010	0,97	16,62	0,027
Tempo	1,19	1,23	0,1856	0,99	2,16	0,062
Tempo x SNT x ST	-	1,81	0,170	-	1,37	0,279
Tempo x ST x ST 1Gly	-	4,38	0,012	-	0,58	0,744
Tempo x ST x ST 3 Gly	-	1,40	0,279	-	1,23	0,337
<i>Scirtidae</i>						
SNT x ST	6,47	1,85	0,267	7,01	4,12	0,135
ST x ST 1Gly	6,70	4,12	0,1354	3,66	3,16	0,174
ST x ST 3GlyTempo	1,40	2,77	0,195	3,31	2,19	0,235
Tempo	1,51	2,69	0,033	1,49	1,77	0,122
Tempo x SNT x ST	-	0,06	0,997	-	0,84	0,557
Tempo x ST x ST 1Gly	-	0,78	0,579	-	1,05	0,425
Tempo x ST x ST 3 Gly	-	0,62	0,685	-	1,09	0,407

Tabela 7. Densidade de plantas daninhas ao longo dos dois anos de cultivos na cultura da soja. Coimbra, MG. 2007-2009.

Tratamento	Densidade média planta daninha (m ²)	
	2007/2008	2008/2009
Soja não transgênica capinada	244,5 aA	25,0 bA
Soja transgênica capinada	265,5 aA	30,0 bA
Soja transgênica- 1 glyphosate	226,5 aA	18,75 bAB
Soja transgênica- 3 glyphosate	83,5 aB	1,5 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e a mesma maiúscula na linha, não diferem, entre si, pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

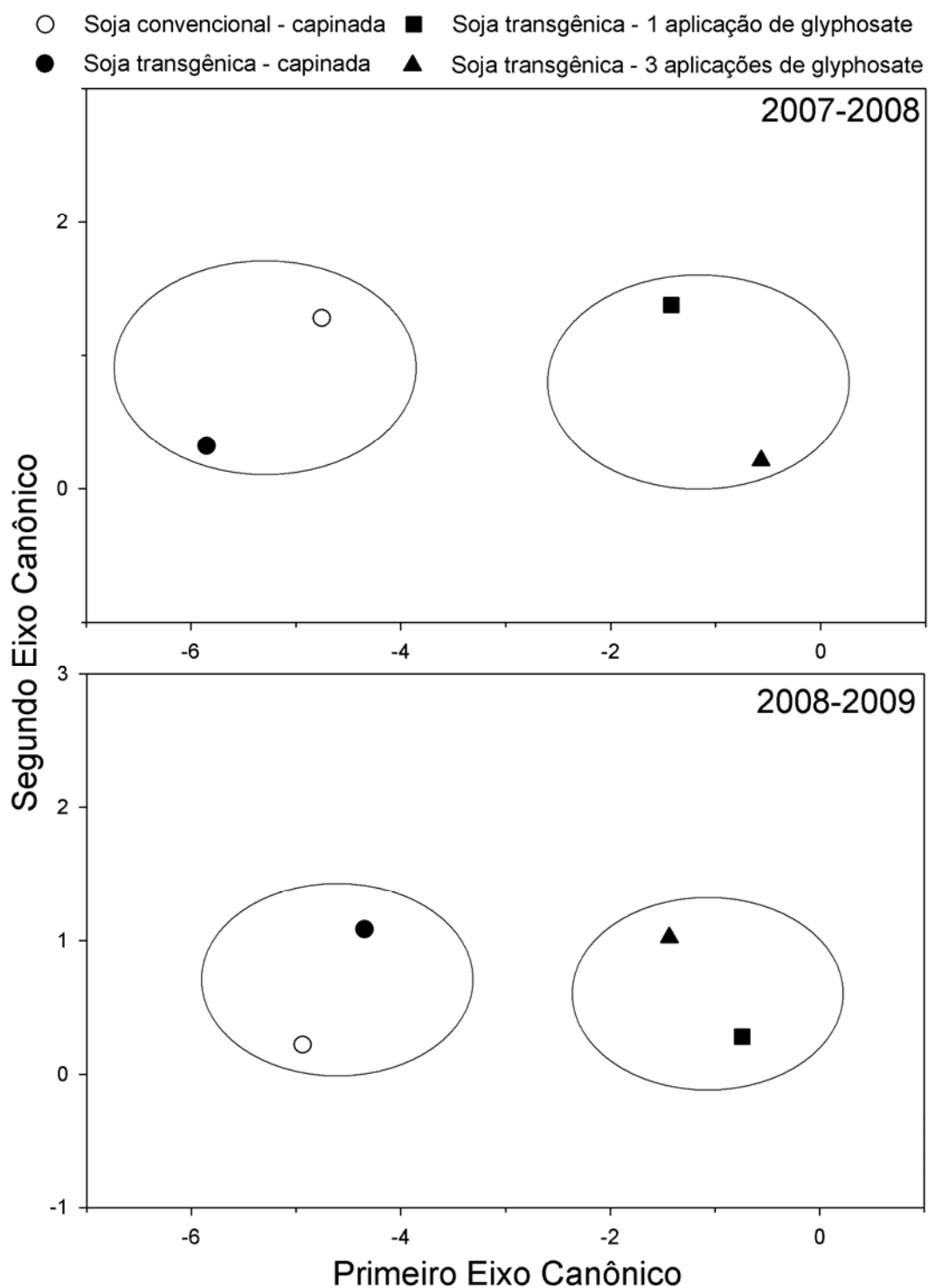


Figura 1. Diagrama de ordenação (CVA) da comunidade de artrópodes no interior do solo da cultura da soja. Tratamentos fora do mesmo círculo diferem pelo teste F ($P < 0,05$), baseado na distância de Mahalanobis entre as médias das classes. Coimbra, MG. 2007-2009.

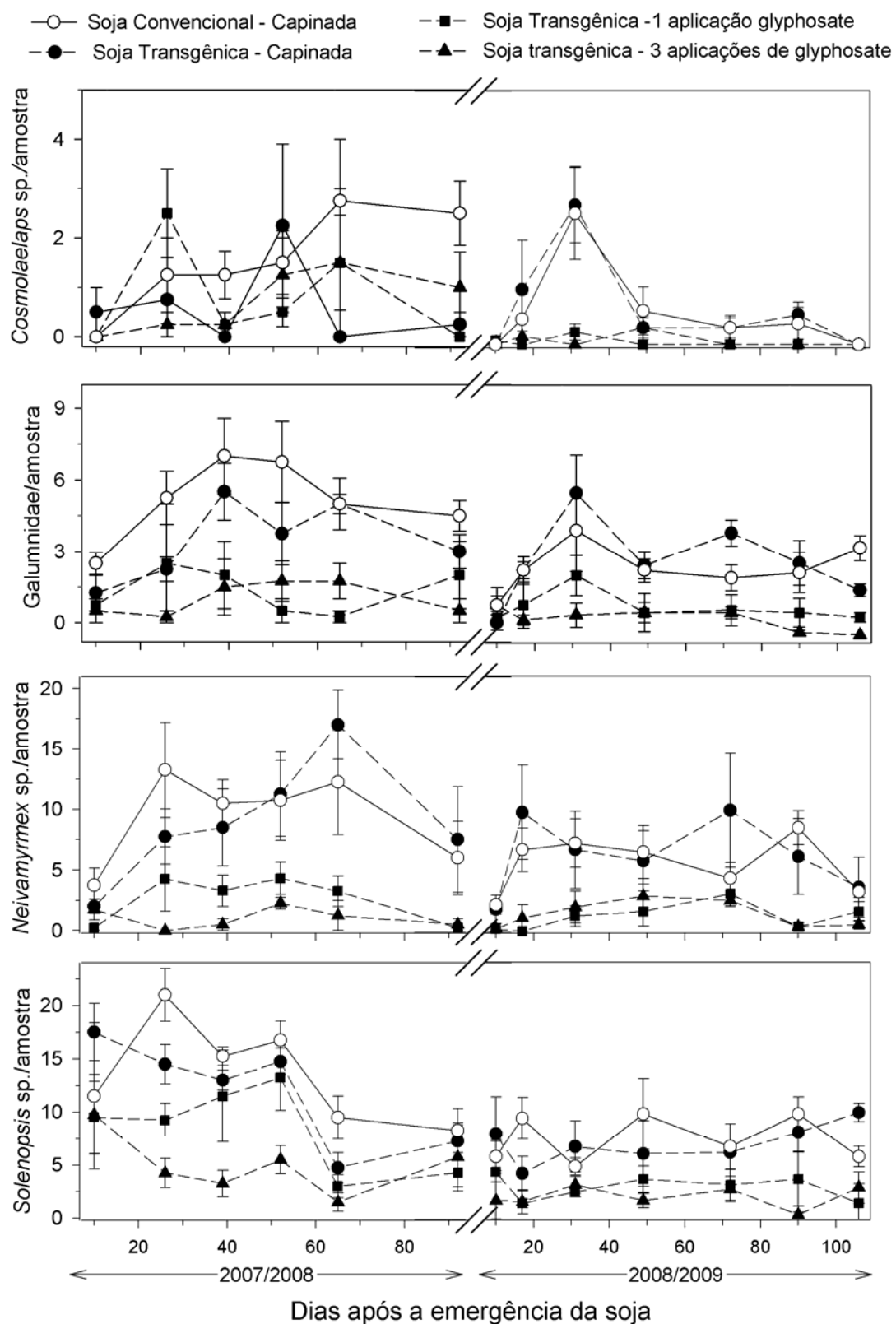


Figura 2. Abundância (média $\pm$ erro padrão) dos insetos predadores do interior do solo da soja não transgênica e da soja transgênica com uma ou três aplicações de glyphosate. Coimbra, MG. 2007-2009.

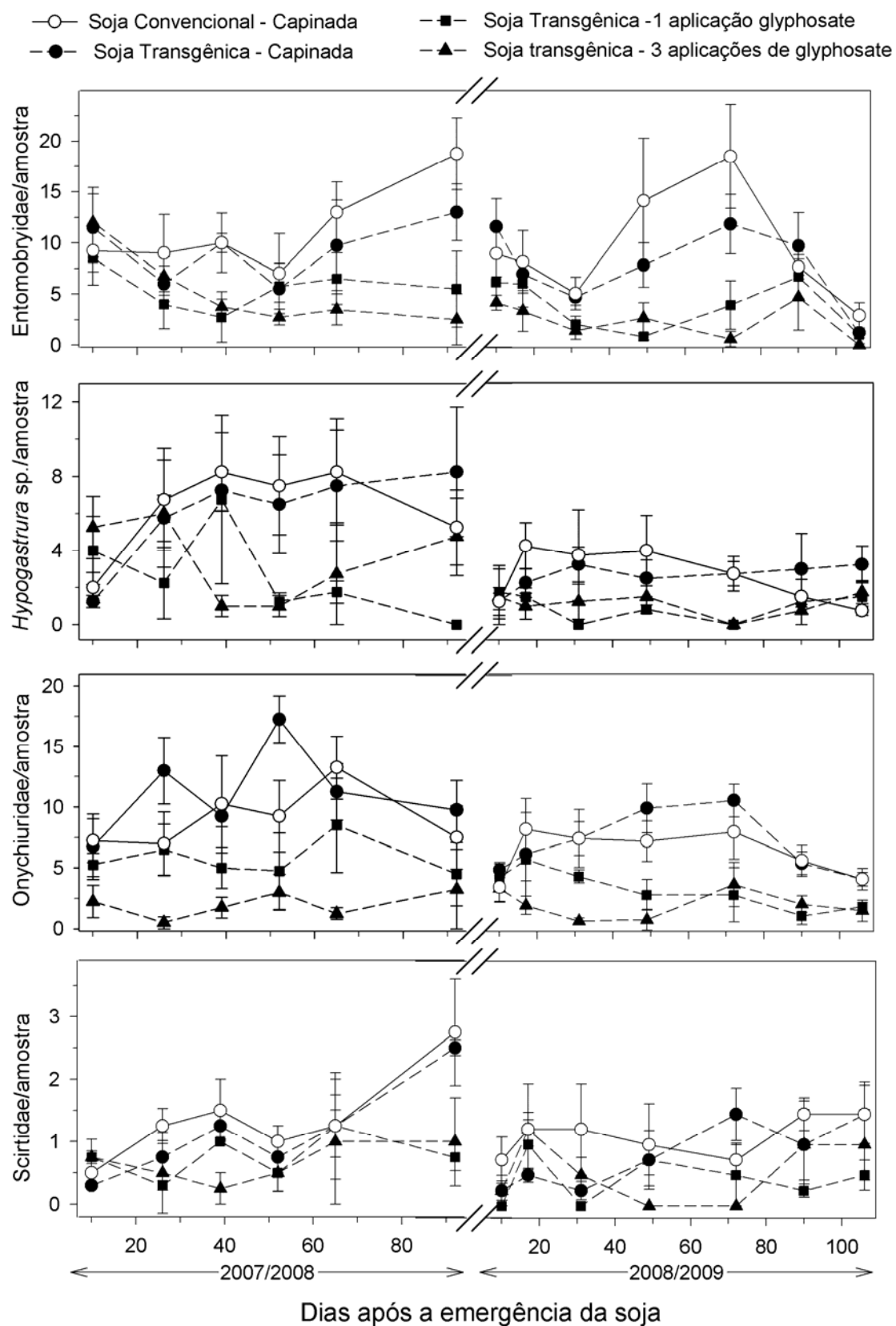


Figura 3. Abundância (média $\pm$ erro padrão) dos insetos detritívoros do interior do solo da soja não transgênica e da soja transgênica com uma ou três aplicações de glyphosate. Coimbra, MG. 2007-2009.

4. DISCUSSÃO

A inserção do gene de resistência ao herbicida glyphosate não influenciou a riqueza, a densidade dos artrópodes totais e a flutuação das espécies de artrópodes selecionadas no interior do solo. Tal fato demonstra que o cultivo da soja transgênica com o gene de resistência ao glyphosate (CP4 EPSPS) da bactéria *Agrobacterium* estirpe CP4 não afetou a diversidade total de artrópodes do interior do solo.

A riqueza dos artrópodes foi reduzida nos tratamentos que receberam a aplicação de glyphosate. Estudos têm demonstrado que o controle de plantas daninhas na soja tem influenciado a abundância de artrópodes pragas e de inimigos naturais (Altieri & Todd, 1981; Shelton & Edwards, 1983; Zeiss & Klubertanz, 1994). Entretanto relatos da influência da soja transgênica sobre a riqueza de artrópodes do interior do solo não foram encontrados na literatura.

Os artrópodes de solo são considerados bons bioindicadores de impacto ambiental (Straalen, 1998; Paoletti *et al.*, 2007), assim a redução da diversidade destes organismos em áreas com aplicação de glyphosate indica o impacto causado por este herbicida. Este desequilíbrio pode influenciar na abundância de espécies pragas, provocando em alguns casos a erupção de pragas e o aparecimento de novos insetos-praga (Pedigo, 1999).

No primeiro ano a riqueza de artrópodes do interior do solo foi superior ao segundo ano. Distúrbios naturais e antrópicos podem afetar a estrutura da fauna do solo por alterar a composição da matéria orgânica e a abundância da vegetação (Garrison & Willig, 1996). Distúrbios antrópicos como, por exemplo, o monocultivo no limpo leva a rápida perda da camada orgânica do solo, principalmente em regiões tropicais, reduzindo desta forma os recursos disponíveis, mudando assim a composição e densidade de espécies de artrópodes do solo (Klein, 1989). Entretanto, variações nos componentes macro e microclimáticos como chuvas, fotoperíodo, temperatura e umidade relativa e nas taxas de decomposição e cobertura vegetal, dentre outros, podem influenciar na dinâmica abundância da comunidade de artrópodes (Anu *et al.*, 2006; Danks, 2006; Nakamura & Numata, 2006; Vineesh *et al.*, 2007). Sundarapandian *et al.* (2005) observaram que a ocorrência de chuvas pode reduzir a diversidade e densidade de artrópodes seja pelo impacto da gota de chuva sobre os artrópodes. Assim, a diferença na riqueza entre os dois anos de

cultivo, pode estar relacionada a maior pluviosidade no segundo ano (Figura 1 capítulo 1). Outro fator relevante que também pode ter influenciado a maior abundância de artrópodes no segundo ano é a menor densidade de plantas daninhas. A diversidade de plantas resulta em multiplicidade de nichos ecológicos (Sperber *et al.*, 2004).

A prevalência de artrópodes predadores no interior do solo sobre as demais guildas pode estar relacionado à densidade de presas nestes locais e o fato de muitas destas espécies utilizarem o solo como local para construção de seus ninhos. Entre os principais artrópodes do solo estão as colêmbolas e os ácaros, os quais apresentam alta densidade principalmente em solos com elevados teores de matéria orgânica e umidade (Krivtsov *et al.*, 2001; Cassagne *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2009). Estes artrópodes são importantes consumidores de resíduos de plantas e de microrganismos, exercendo papel fundamental no equilíbrio das teias alimentares por servir como fonte de alimento para muitos predadores (Park & Lee, 2006; Milton & Kaspari, 2007).

A aplicação de glyphosate na soja transgênica reduziu a densidade do ácaro predador Galumnidae e das formigas predadoras *Neivamyrmex* sp. e *Solenopsis* sp. Estudos envolvendo diferentes artrópodes demonstraram que tais espécies possuem suas densidades populacionais influenciadas pela diversidade de plantas hospedeiras presentes no meio (Norris & Kogan, 2004). Formigas e ácaros são importantes bioindicadores da qualidade do solo (Pereira *et al.*, 2005; Barbercheck *et al.*, 2009), por responderem rapidamente a mudanças ocorridas no ambiente e apresentarem ampla distribuição geográfica (Noss, 1990). Espécies de ácaros e de formigas predadoras são generalistas alimentando de grande variedade de presas. Elas são importantes constituintes de teias alimentares em diversos ecossistemas como em lavouras nas quais são importantes agentes de controle biológico de pragas (Riihimaki *et al.*, 2005). Desta forma a redução das suas densidades após a aplicação do glyphosate pode alterar o equilíbrio das teias alimentares do agroecossistema.

A aplicação de glyphosate na soja transgênica reduziu a densidade das colêmbolas Entomobryidae, *Hypogastrura* sp. e Onychiuridae. O impacto do glyphosate na comunidade de artrópodes pode ser devido à toxicidade de sua molécula ou provocado pelas alterações deste herbicida sobre a comunidade de plantas daninhas. O controle de plantas daninhas pode reduzir a

abundância e a diversidade de colêmbolas, que são importantes na decomposição da matéria orgânica atuando na formação e estruturação dos solos (Reicosky & Forcella, 1998). Assim a redução das densidades de colêmbolas pode alterar a qualidade do solo (Bitzer *et al.*, 2002). Pereira et al. (2005) estudando o efeito da densidade de plantas daninhas e da quantidade da palhada sobre o solo e sobre os colêmbolas edáficos da família Hypogastruridae obtiveram correlação positiva entre estes fatores. Estes autores verificaram que o aumento das populações de colêmbolas promoveu elevação da densidade do predador *Solenopsis* sp., demonstrando que a presença de presas alternativas no solo pode favorecer o aumento de predadores generalistas como as formigas.

5. LITERATURA CITADA

Altieri, M.A. & Todd, J.W. Some influences of vegetational diversity on insect communities of *Georgian soybean* fields. **Protection Ecology**, v.3, p.333-338. 1981.

Anderson, T.W. **An introduction to multivariate statistical analysis**. New York: Jonh Wiley Sons. 1984

Anu, A.; Sabub, T. K.; Vineeshc, P. J. Seasonality of litter insects and relationship with rainfall in a wet evergreen forest in south Western Ghats. **Journal of Insect Science**, v.9, n.46, p.1-10. 2006.

Barbercheck, M.E.; Neher, D.A.; Anas, O.; El-Allaf, S.M.; Weicht, T.R. Response of soil invertebrates to disturbance across three resource regions in North Carolina. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.152, n.1-4, May, p.283-298. 2009.

Belden, J.B. & Lydy, M.J. Impact of atrazine on organophosphate insecticide toxicity. **Environ. Toxicol. Chem.**, v.19, n.9, p.2266-2274. 2000.

Bitzer, R.J.; Buckelew, L.D.; Pedigo, L.P. Effects of transgenic herbicide-resistant soybean varieties and systems on surface-active springtails (Entognatha: collembola). **Environmental Entomology**, v.31, n.3, p.449-461. 2002.

Cassagne, N.; Bal-Serin, M.C.; Gers, C.; Gauquelin, T. Changes in humus properties and collembolan communities following the replanting of beech forests with spruce. **Pedobiologia**, v.48, n.3, p.267-276. 2004.

Danks, H.V. Key themes in the study of seasonal adaptations in insects II. Life-cycle patterns. **The Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, v.41, n.1, p.1-13. 2006.

Garrison, R.W. & Willig, M.R. Arboreal invertebrates. In: **The Food Web of a Tropical Rain Forest**. Chicago, Illinois. pp.616: University of Chicago Press, 1996. Arboreal invertebrates, p.183-245

Klein, B.C. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetles communities in Central Amazonia. **Ecology**, v.70, n.2, p.1715-1725. 1989.

Krivtsov, V.; Illian, J.B.; Liddell, K.; Garside, A.; Bezginova, T.; Salmond, R.; Thompson, J.; Griffiths, B.; Staines, H.J.; Watling, R.; Brendler, A.; Palfreyman, J.W. **Some aspects of complex interactions involving soil mesofauna: analysis of the results from a Scottish woodland**. 3rd European Ecological Modelling Conference. Dubrovnik, Croatia: Elsevier Science v. 10-15, 2001. 441-452 p.

Langellotto, G.A. & Denno, R.F. Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. **Oecologia**, v.139, n.1, p.1-10. 2004.

Lee, Y.F.; Kuo, Y.M.; Lu, S.S.; Chen, D.Y.; Jean, H.J.; Chao, J.T. Trampling, litter removal, and variations in the composition and relative abundance of soil arthropods in a subtropical hardwood forest. **Zoological Studies**, v.48, n.2, p.162-173. 2009.

Milton, Y. & Kaspari, M. Bottom-up and top-down regulation of decomposition in a tropical forest. **Oecologia**, v.153, n.1, p.163-172. 2007.

Nakamura, K. & Numata, H. Effects of photoperiod and temperature on the induction of adult diapause in *Dolycoris baccarum* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) from Osaka and Hokkaido, Japan. **Applied Entomology and Zoology** v.41, p.105-109. 2006.

Noss, R.F. Indicators of monitoring biodiversity: a hierarchical approach. **Conservation Biology**, v.4, p.355-364. 1990.

Norris, R.F. & Kogan, M. Ecology of interactions between weeds and arthropods. **Annual Review of Entomology**, v.50, p.479-503. 2005.

Paoletti, M.G.; Osler, G.H.R.; Kinnear, A.; Black, D.G.; Thomson, L.J.; Tsitsilas, A.; Sharley, D.; Judd, S.; Neville, P.; D'inca, A. Detritivores as indicators of landscape stress and soil degradation. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.47, n.4, p.412-423. 2007.

Park, H.H. & Lee, J.H. Arthropod trophic relationships in a temperate rice ecosystem: A stable isotope analysis with delta C-13 and delta N-15. **Environmental Entomology**, v.35, n.3, p.684-693. 2006.

Pedigo, L.P. **Entomology and pest management**. Englewood: Prentice Hall. 1999

Pereira, J.L.; Silva, A.A.; Picanco, M.C.; Barros, E.C.; Jakelaitis, A. Effects of herbicide and insecticide interaction on soil entomofauna under maize crop. **Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes**, v.40, n.1, p.45-54. 2005.

Reicosky, D.C. & Forcella, F. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.53, n.3, p.224-229. 1998.

Riihimäki, J.; Kaitaniemi, P.; Koricheva, J.; Vehviläinen, H. Testing the enemies hypothesis in forest stands: the important role of tree species composition. **Oecologia**, v.142, n.1, Jan, p.90-97. 2005.

Shelton, M.D. & Edwards, C.R. Effects of weeds on the diversity and abundance of insect in soybeans. **Environmental Entomology**, v.12, p.296-298. 1983.

Sperber, C.F.; Nakayama, K.; Valverde, M.J.; Neves, F.S. Tree species richness and density affect parasitoid diversity in cacao agroforestry. **Basic and Applied Ecology**, v.5, p.241-251. 2004.

Straalen, N.M.V. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, v.9, n.1-3, p.429-437. 1998.

Sundarapandian, S.M.; Chandrasekaran, S.; Swamy, P.S. Phenological behaviour of selected tree species in tropical forests at Kodayar in the Western Ghats, Tamil Nadu, India. **Cur Sci**, v.88, p.805-809. 2005.

Thomazini, M.J. & Thomazin, A.P.B.W. **Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no sudeste acreano**. Rio Branco, Acre. 2002.

Vineesh, P.J.; Sabu, T.K.; Karmaly, K.A. Community structure and functional group classification of litter ants in the montane evergreen and deciduous forests of Wayanad region of Western Ghats, southern India. **Oriental Insects**, v.41, p.427-442. 2007.

Young, B.G. Changes in herbicide use pattern and production practices resulting from glyphosate-resistant crops. **Weed Technology**, v.20, p.301-307. 2006.

Zeiss, M.R. & Klubertanz, T.H. Sampling programs for soybean arthropods. In: Pedigo, P. & Buntin, G.D. (Ed.). **Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture**: Boca Raton. CRC, 1994, p.539-601.

IV. IMPACTO DO CULTIVO DA SOJA RESISTENTE AO GLYPHOSATE NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA CULTURA

RESUMO

A inserção do gene de resistência ao glyphosate em plantas de soja e o manejo desta com este herbicida pode alterar o crescimento, desenvolvimento, viabilidade e produtividade da cultura. Dentre as ferramentas utilizadas nos estudos do impacto de alterações sobre os componentes de produção da cultura estão as tabelas de vida e a análise de crescimento das plantas. Assim, objetivou-se com o presente estudo determinar o impacto do cultivo da soja transgênica e seu manejo com glyphosate sobre os componentes de produção da cultura usando tabelas de vida e análise de crescimento. O experimento foi realizado na estação experimental da UFV em Coimbra, MG nos biênios agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009. Os tratamentos estudados foram: soja transgênica e não transgênica com capina mecânica das plantas daninhas; e soja transgênica com uma e três aplicações de glyphosate. Para confecção da tabela de vida da cultura da soja foram monitorados durante os cultivos os números e causas de perdas nos componentes de produção da cultura. A área foliar, matéria seca e altura de cinco plantas por tratamento foram determinadas ao longo dos dois cultivos. Os componentes críticos de perdas para a soja transgênica capinada e a soja transgênica com uma aplicação de glyphosate foram vagens e óvulos e para a soja não transgênica capinada e a soja transgênica com três aplicações de glyphosate foram os óvulos. Como o único fator de perdas de óvulos e vagens foi a má formação, este foi o fator chave de perdas. Não foram observados impactos do cultivo da soja transgênica e de seu manejo com glyphosate sobre o acúmulo de matéria seca, área foliar, altura da planta, taxa de crescimento relativo, razão de área foliar e razão de massa foliar. A matéria seca, área foliar e altura das plantas de soja foram superiores no primeiro ano de cultivo em relação ao segundo ano. A razão de área foliar e razão de massa foliar foram menores no segundo do que no primeiro ano de cultivo.

Palavras chave: *Glycine max*, transgenia, tabela de vida da cultura, análise de crescimento

IV. IMPACT OF SOYBEAN CROPS RESISTANT TO GLYPHOSATE ON COMPONENTS OF PLANT YIELD

ABSTRACT

The insertion of the gene for glyphosate herbicide resistance in soybean and the glyphosate management in this crop, may affect the growth, development, viability and yield of soybean. Among the tools used in studies of the impact in crop production components are the life tables and analysis of plant growth. The experiment was conducted during the growing seasons of 2007/2008 and 2008/2009 in experimental station of Universidade Federal de Viçosa in Coimbra, Minas Gerais State, Brazil. The treatments studied were: non-GM and GM soybean with mechanical weed control; and GM soybean with one and three applications of glyphosate. To construct the life table of soybean were monitored during the cultivation, the numbers and causes of losses in the crop production components. The leaf area, dry weight and height of five plants per treatment were determined over the two crops. The critical components of losses for GM soybean with mechanical weed control and GM soybean with one applications of glyphosate were the pods and eggs; for non-GM soybean with mechanical weed control and GM soybean with three applications of glyphosate were the eggs. As the only significant loss of eggs and pods was the poor training, this was the key factor losses. There were no impacts of the cultivation of GM soy and its management with glyphosate on the accumulation of dry matter, leaf area, plant height, relative growth rate, leaf area ratio and leaf weight. The dry matter, leaf area and height of soybean were higher in the first year of cultivation than the second year. The ratio of leaf area and leaf weight ratio were lower in second than in the first year of cultivation.

Keywords: Glycine max, transgenic, crop life table, growth analysis

1. INTRODUÇÃO

A área cultivada com plantas transgênicas atingiu em 2008, 125 milhões de hectares, concentradas principalmente nos Estados Unidos, Argentina e Brasil. A resistência a herbicidas é a característica predominante, destas plantas com as variedades de soja resistente ao glyphosate sendo cultivadas em cerca de metade da área global envolvida com esta biotecnologia (James, 2008).

O cultivo da soja resistência ao glyphosate e seu manejo com glyphosate pode representar riscos ao crescimento, desenvolvimento, viabilidade e produtividade da soja (Elias & Nelson, 2009). Dentre as ferramentas que podem ser utilizadas nos estudos do impacto das plantas transgênicas nos componentes de produção das culturas estão as tabelas de vida e a análise de crescimento das plantas.

As tabelas de vida das culturas permitem a identificação e quantificação dos fatores de perdas nos componentes de produção da cultura, possibilitando a obtenção de dados cumulativos e comparáveis das perdas ocorridas nos componentes de produção da cultura (Balbino *et al.*, 1990; Picanço & Marquini, 1999). Picanço (1992) desenvolveu para a cultura da ervilha um modelo de tabela de vida que possibilita a determinação das perdas por unidade de área para cada componente de produção da cultura. Esta tecnologia pioneira permitiu a identificação do componente crítico e o fator chave de perdas para a cultura. O componente crítico é aquele que possui maior correlação com as perdas totais ocorridas na cultura. O fator chave de perda é aquele que apresenta maior influência na flutuação das perdas totais no componente crítico de perdas.

Como complemento dos estudos de tabela de vida, foi realizada a análise de crescimento, a qual representa uma poderosa ferramenta na determinação dos impactos oriundos do cultivo e manejo da soja transgênica. Esta ferramenta possibilita estudar as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento (Urchei *et al.*, 2000). Sua adoção permite estabelecer uma ligação entre o simples registro do rendimento das culturas e a análise desta por meio de

métodos fisiológicos, requerendo informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados (Kvet *et al.*, 1971; Benincasa, 1988; Urchei *et al.*, 2000; Aguilera *et al.*, 2004).

Assim, objetivou-se com o presente estudo determinar o impacto da soja transgênica e seu manejo com glyphosate sobre os componentes de produção da cultura usando tabelas de vida e análise de crescimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Condições Experimentais

O experimento foi realizado no município de Coimbra, MG, em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, fase terraço (Tabela 1 do capítulo 1), em dois cultivos, o primeiro no biênio 2007/2008 e o segundo no biênio 2008/2009. As variedades utilizadas foram a soja transgênica BRS Favorita RR (Roundup Ready®) e a soja não transgênica MG/BR-46 Conquista. A semeadura direta da soja foi realizada na primeira quinzena do mês de dezembro do primeiro biênio e na segunda quinzena de novembro no segundo biênio.

Os valores diários de precipitação pluvial; umidade relativa do ar e temperaturas médias, máximas e mínimas do ar durante o ciclo da cultura nos dois biênios agrícolas foi avaliado (Figura 1).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições. Cada parcela experimental foi constituída por área de 10 x 10 m com as linhas da cultura da soja espaçadas de 0,5 m e com densidade de plantio de 18 sementes por metro. Os tratamentos estudados foram: 1- soja não transgênica com capina mecânica das plantas daninhas, 2- soja transgênica com capina mecânica das plantas daninhas, 3- soja transgênica com uma aplicação de glyphosate (1.080 g ha^{-1}) aos 15 dias após a emergência e 4- soja transgênica com três aplicações de glyphosate (1.080 g ha^{-1}) aos 15, 30 e 45 dias após a emergência.

Demais informações sobre as condições experimentais se encontram disponíveis no Sub-ítem 2.1 do primeiro capítulo, página 12.

2.2. Construção e análise das tabelas de vida da cultura

Para confecção da tabela de vida ecológica da cultura da soja foram monitorados semanalmente os números e causas de mortalidade de plantas nas diferentes fases do seu desenvolvimento (Leite *et al.*, 1996; Picanço *et al.*, 1997; Picanço *et al.*, 1998).

Ao final do cultivo foram coletadas cinco plantas/parcela, as quais foram levadas para o laboratório. Nestas plantas avaliaram-se os números de flores/planta, vagens/plantas, óvulos/vagem e grãos/vagem. Também foram avaliadas nas plantas as causas de perdas em cada um destes componentes de produção da cultura (Barrigossi *et al.*, 1988).

Foi confeccionada tabela de vida para a soja para cada parcela conforme metodologia desenvolvida por Picanço (1992), contendo os seguintes componentes:

x = componente de produção da cultura da soja (plantas em fase vegetativa, plantas em fase reprodutiva, flores, vagens, óvulos, grãos totais e grãos na colheita)

Lx = Produtividade potencial (kg ha^{-1}) no início de cada x

dxF = Fator causador de perdas na produtividade da cultura (kg ha^{-1})

dx = Estimativa de perdas na produtividade (kg ha^{-1})

100qx = Perdas não acumulativas (%)

100rx = percentagem de perdas acumulativas (%)

Para tanto foi realizada a estimativa de produtividade (kg ha^{-1}) de cada componente de produção utilizando as fórmulas:

$Lx (\text{planta}) = PI \times FI/PI \times Ov/Vg \times Pgr;$

$Lx (\text{flores}) = FI/PI \times Ov/Vg \times Pgr;$

$Lx (\text{vagem}) = Vg/PI \times Ov/Vg \times Pgr;$

$Lx (\text{óvulos}) = Vg_o/PI \times Ov/Vg \times Pgr;$

$Lx (\text{grãos totais}) = Vg_o/PI \times Gr_o/Vg \times Pgr;$

$Lx (\text{grãos colhidos}) = Vg_c /PI \times Gr_c/Vg \times Pgr$

sendo que:

PI = número de plantas/ha no início dos estádios vegetativo e reprodutivo;

FI/PI = número total de flores/planta;

Pgr = peso médio do grão em kg;

Plc = número médio de plantas/ha na colheita;

Ov/Vg = número médio de óvulos por vagem;

Vg_c /PI = número médio de vagens/planta;

Vg_c /PI = número médio de vagens/planta na colheita;

Gr/Vg = número médio de grãos/vagem;

Gr/ Vg_c = número médio de grãos colhidos/vagem;

Foram calculados os fatores de perdas totais (K) e parciais (k) para os componentes de produção (Morris, 1963; Picanço, 1992; Leite *et al.*, 1996; Picanço *et al.*, 1997; Picanço *et al.*, 1998). Onde $k = \log(100qx)$ e $K = \sum k$. Foram realizadas análises de regressão dos fatores parciais e de perdas em função do fator total de perdas. Foi considerado como componente crítico de perdas aquele com maior coeficiente angular a $p < 0,05$ (Varley & Gradwell, 1960).

Caso no componente crítico de perdas exista apenas um fator de perdas este é considerado como o fator chave. Entretanto caso exista mais um fator chave de perdas a determinação do fator chave é realizado através da adoção do mesmo procedimento empregado para a determinação do componente crítico de perdas (Podoler & Rogers, 1975; Picanço, 1992).

2.3. Análise de crescimento das plantas

A área foliar, matéria seca e altura de cinco plantas por tratamento foram determinadas no primeiro ano de cultivo aos 7, 13, 21, 37, 44, 62, 81, 95 e 106 dias após a emergência das plantas de soja. No segundo ano as avaliações ocorreram aos 7, 18, 23, 37, 50, 57, 73, 98 e 116 dias após a emergência da soja. A área foliar foi determinada fotografando as folhas com máquina fotográfica (Nikon, coolpix 4500) e usando como padrão de medição uma régua de 15cm com graduação em milímetros. Posteriormente as fotografias digitais foram analisadas usando o programa QuantPoro v.1.0.2, para cálculo da área foliar das plantas (Fernandes Filho *et al.*, 2001).

Para determinação da matéria seca as plantas foram levadas a estufa de ventilação forçada, à 75°C, onde permaneceram até que apresentassem peso constante. As plantas foram pesadas utilizando balança eletrônica com precisão de 0,00001g (Scartorius, BP210D). A avaliação da altura da planta foi realizada utilizando fita métrica, graduada em milímetros.

Usando os valores de área foliar, matéria seca total e massa foliar, foram calculados a taxa de crescimento relativo, razão de área foliar e razão de

massa foliar conforme descrito a seguir (Radford, 1967; Causton & Venus, 1981; Hunt, 1982; Magalhães, 1985; Romano, 2001).

- Taxa de crescimento relativo (TCR)

$$TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

Em que: W = massa seca total; $t_2 - t_1$ = intervalo de tempo entre duas amostragens sucessivas e Ln = logarítmo neperiano.

- Razão de área foliar (RAF)

$$RAF = (AF / W)$$

Em que: AF = área foliar total e W = massa seca total

- Razão de massa foliar (RMF)

$$RMF = W_f / W$$

Em que: W_f = massa foliar total e W = massa seca total

Para a determinação do efeito do plantio da soja transgênica e seu manejo com glyphosate sobre a área foliar, matéria seca, altura, taxa de crescimento relativo, razão de área foliar e razão de massa foliar das plantas de soja foram ajustadas curvas de regressão ao longo do tempo, sendo os modelos de regressão obtidos em função dos tratamentos estudados com seus respectivos intervalos de confiança. As curvas de regressão foram obtidas através da utilização do software Table curve 2D v5.01, enquanto os gráficos foram traçados com a ajuda do software Sigma plot 10.0.

3. RESULTADOS

A produtividade média da soja não diferiu entre os tratamentos no primeiro ($F = 22,34$; $p = 0,237$) e no segundo ano ($F = 2,99$; $p = 0,073$). No primeiro ano a produtividade variou de 4.762 kg ha^{-1} na soja transgênica com três aplicações de glyphosate a 3.699 kg ha^{-1} na soja transgênica com uma aplicação de glyphosate. Já no segundo ano a produtividade variou de 3.468 kg ha^{-1} na soja transgênica com três aplicações de glyphosate a 3.089 kg ha^{-1} na soja transgênica com uma aplicação de glyphosate. Não foi verificado impacto da soja transgênica e seu manejo com glyphosate sobre as perdas de produtividade no primeiro ($F = 52,43$; $p = 0,321$) e segundo ano ($F = 15,76$; $p = 0,133$). No primeiro ano, as perdas totais na produtividade variaram de 47,1% na soja não transgênica capinada a 35,5% na soja transgênica com três aplicações de glyphosate. No segundo ano as perdas totais variaram de 49,5%

para a soja não transgênica capinada a 30% para a soja transgênica com três aplicações de glyphosate (Figura 1).

Os fatores de mortalidade de plantas em fase vegetativa foram o ataque dos insetos-praga *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae), *Cerotoma arcuatus* Oliver (Coleoptera: Chrysomelidae), *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) e *Epinotia aporema* (Wals.) (Lepidoptera: Tortricidae); ataque de pássaros; fitotoxicidade a agroquímicos e a doença *Phytophthora sojae*. A mortalidade de plantas em fase reprodutiva foram provocadas pelo ataque dos insetos-praga *Sternechus subsignatus* (Boehman) (Coleoptera: Curculionidae), *E. lignosellus* e *E. aporema*, e a doença *Phytophthora sojae*. O fator de perda de flores foi o seu abortamento. Para as vagens e óvulos o fator de perda foi a má formação. Para os grãos os fatores de perdas foram o ataque de percevejos, de *Etiella zinckenella* (Treit.) (Lepidoptera: Pyralidae) e de fungos (Tabelas 1 a 4).

A mortalidade das plantas de soja pelo ataque de *A. ipsilon* foi provocado pelo roletamento do caule das plântulas; já *C. arcuatus* provocou a morte de plantas por se alimentar das folhas, gemas apical e laterais; *E. lignosellus* através do corte e broqueamento do colo da planta; *E. aporema* pelo broqueamento do caule; *S. subsignatus* através do raspamento do caule e desfiamento dos tecidos. A doença *Phytophthora sojae* provocou a morte de plantas pelo apodrecimento do caule. Os danos mecânicos foram provocados pela movimentação de pessoas na área. As perdas provocadas pelos percevejos foram oriundas da sucção dos grãos. *E. zinckenella* foi responsável por perdas devido ao broqueamento de grãos. A fitotoxicidade a agroquímicos foi provocada pela ação do herbicida glyphosate e do fungicida tebuconazole. Os pássaros pombos e gaivotas causaram mortalidade de plantas ao se alimentarem das plântulas nos estágios iniciais de desenvolvimento.

O coeficiente angular da curva de perdas na soja transgênica capinada e na soja transgênica com uma aplicação de glyphosate para vagens e óvulos foram maiores que os coeficientes dos demais componentes de produção (Tabela 5). Portanto, os componentes críticos de perdas para a soja transgênica capinada e a soja transgênica com uma aplicação de glyphosate foram vagens e óvulos. Já para a soja não transgênica capinada e a soja transgênica com três aplicações de glyphosate o coeficiente angular de perdas

da curva de óvulos, foi maior que os coeficientes dos demais componentes de produção. Portanto, o componente crítico de perdas para estes tratamentos foram os óvulos. Como o único fator de perdas de óvulos e vagens foi a má formação, este foi o fator chave de perdas.

Não foram observados nos dois anos agrícolas impacto da soja transgênica e de seu manejo com glyphosate sobre o acúmulo de matéria seca, área foliar, altura da planta, taxa de crescimento relativo, razão de área foliar e razão de massa foliar (Figura 2). A matéria seca, área foliar e altura das plantas de soja foram superiores no primeiro ano de cultivo em relação ao segundo ano. Já os valores de razão de área foliar e razão de massa foliar, foram superiores no segundo ano de cultivo (Figura 2).

Tabela 1. Tabela de vida da cultura da soja não transgênica com controle mecânico de plantas daninhas. Coimbra, MG. 2007-2009.

2007/2008							2008/2009				
x	dxF	Lx	dx	100rx	100qx	k	Lx	dx	100rx	100qx	k
PIVg		8121,71±1530,40	11,01±2,86	0,14	0,14	0,0006	6864,42±424,73	7,26±1,98	0,11	0,11	0,0005
	<i>A. ipsilon</i>		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000		1,13±0,65	0,02	0,02	0,0001
	<i>C. arcuatus</i>		1,25±0,72	0,02	0,02	0,0001		0,57±0,57	0,01	0,01	0,0000
	<i>E. aporema</i>		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000		2,72±2,01	0,04	0,04	0,0002
	Fitotoxidade		0,64±0,64	0,01	0,01	0,0000		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000
	<i>P. sojae</i>		7,41±2,08	0,09	0,09	0,0004		1,08±1,08	0,02	0,02	0,0001
	Pássaros		1,71±1,06	0,05	0,05	0,0001		1,77±1,77	0,03	0,03	0,0001
PIRp		8110,76±1527,86	2,83±2,07	0,03	0,03	0,0002	6857,22±424,13	0,54±0,54	0,01	0,01	0,0000
	<i>E. aporema</i>		0,64±0,64	0,01	0,01	0,0000		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000
	Dano mecânico		2,20±2,20	0,03	0,03	0,0001		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000
	<i>P. sojae</i>		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000		0,54±0,54	0,01	0,01	0,0000
FI	Abortamento	8107,93±1525,84	300,68±87,61	3,70	3,71	0,0164	6856,69±424,43	576,56±62,67	8,40	8,41	0,0381
Vg	Má formação	7807,26±1439,81	1392,30±605,91	17,14	17,83	0,0853	6280,13±374,18	792,20±399,15	11,54	12,61	0,0586
Ov	Má formação	6098,62±116,48	994,54±179,42	13,48	16,31	0,0773	5487,93±328,32	1817,48±331,91	26,48	33,12	0,1747
GrT		5231,83±612,14	699,93±198,22	8,62	13,38	0,0605	3670,45±146,12	124,12±51,49	1,81	3,38	0,0148
	<i>E. zinckenella</i>		23,25±13,22	0,29	0,44	0,0019		18,53±18,53	0,27	0,50	0,0022
	Fungos		179,62±62,58	3,43	2,21	0,0152		51,67±40,58	0,75	1,41	0,0062
	Percevejos		497,06±193,07	9,50	6,12	0,0434		53,92±23,20	0,79	1,47	0,0064
GrC		4296,57±176,42	3825,14±1362,19	47,10			3468,78±95,89	3395,64±481,61	49,47		

No cabeçalho: x= componentes de produção da cultura: PI_{Vg}= plantas em fase vegetativa, PI_{Rp}= plantas em fase reprodutiva, FI= flores, Vg= vagens, Ov= óvulos, GrT= grãos totais e GrC = grãos na colheita. dxF= Fator de perdas. Lx= Produtividade potencial (kg/ha) no início de cada x. dx= Perdas na produtividade (kg/ha) em cada x. 100qx= Perdas não acumulativas (%). 100rx= Perdas acumulativas (%). k = log (100qx).

Tabela 2. Tabela de vida da cultura da soja transgênica com controle mecânico de plantas daninhas. Coimbra, MG. 2007-2009.

2007/2008							2008/2009				
x	dxF	Lx	dx	100rx	100qx	k	Lx	dx	100rx	100qx	k
PIVg		6872,57±1018,77	4,77±1,08	0,07	0,07	0,0003	4658,17±277,66	5,18±3,67	0,11	0,11	0,0005
	<i>A. ipsilon</i>		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000		0,36±0,36	0,01	0,01	0,0000
	<i>C. arcuatus</i>		0,51±0,51	0,01	0,01	0,0000		0,36±0,36	0,01	0,01	0,0000
	<i>P. sojae</i>		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000		1,17±0,72	0,03	0,03	0,0001
	Pássaros		3,25±1,47	0,05	0,05	0,0002		3,28±3,28	0,07	0,07	0,0003
PIRp		6867,80±1018,09	18,90±6,31	0,34	0,34	0,0012	4653,03±280,22	6,15±3,18	0,24	0,24	0,0006
	Dano mecânico		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000		0,88±0,88	0,02	0,020	0,0001
	<i>E. lignoselus</i>		1,00±1,00	0,01	0,01	0,0001		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000
	<i>E. aporema</i>		17,89±7,12	0,26	0,26	0,0011		5,27±3,22	0,11	0,11	0,0005
FI	Abortamento	6848,96±1012,76	304,91±36,89	4,44	4,45	0,0198	4646,92±277,35	381,53±76,15	8,19	8,21	0,0372
Vg	Má formação	6544,05±1049,32	1576,62±964,91	22,94	24,09	0,1197	4265,39±254,34	400,88±173,07	8,61	9,40	0,0429
Ov	Má formação	4967,43±86,16	660,98±68,44	9,62	13,31	0,0620	3864,51±91,90	667,17±77,45	14,32	17,26	0,0823
GrT		4306,45±76,95	167,37±29,99	2,44	3,88	0,0171	3197,34±104,02	70,21±38,76	1,5	2,2	0,0096
	Fungos		117,27±44,21	1,71	2,72	0,0120		31,90±28,42	0,68	1,00	0,0044
	Percevejos		50,10±34,43	0,73	1,16	0,0051		38,30±16,86	0,82	1,2	0,0052
GrC		4140,44±107,07	2732,12±951,50	39,75			3118,22±79,73	1539,95±198,74	33,06		

No cabeçalho: x= componentes de produção da cultura: PI_{Vg}= plantas em fase vegetativa, PI_{Rp}= plantas em fase reprodutiva, FI= flores, Vg= vagens, Ov= óvulos, GrT = grãos totais GrC = grãos na colheita. dxF= Fator de perdas. Lx= Produtividade potencial (kg/ha) no início de cada x. dx= Perdas na produtividade (kg/ha) em cada x. 100qx= Perdas não acumulativas (%). 100rx= Perdas acumulativas (%).k = log (100qx).

Tabela 3. Tabela de vida da cultura da soja transgênica com uma aplicação de glyphosate. Coimbra, MG. 2007-2009.

2007/2008							2008/2009				
x	dxF	Lx	dx	100rx	100qx	k	Lx	dx	100rx	100qx	k
PIVg		6384,10±891,78	7,01±4,12	0,11	0,11	0,0005	4593,76±397,61	8,40±3,76	0,18	0,18	0,0008
	<i>A. ipsilon</i>		1,33±0,78	0,02	0,02	0,0001		2,69±1,78	0,06	0,06	0,0003
	<i>C. arcuatus</i>		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000		0,35±0,35	0,01	0,01	0,0000
	<i>E. lignoselus</i>		2,46±1,62	0,04	0,04	0,0002		1,06±1,06	0,02	0,02	0,0001
	Fitotoxidade		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000		0,35±0,35	0,01	0,01	0,0000
	<i>P. sojae</i>		1,33±0,78	0,02	0,02	0,0001		3,25±1,50	0,07	0,07	0,0003
	Pássaros		1,90±1,14	0,03	0,03	0,0001		0,70±0,40	0,02	0,02	0,0001
PIRp		6377,11±888,95	1,33±0,78	0,13	0,13	0,0001	4585,44±396,85	0,85±0,50	0,20	0,20	0,0001
	Dano mecânico		0,57±0,57	0,01	0,01	0,0000		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000
	<i>P. sojae</i>		0,76±0,76	0,01	0,01	0,0001		0,50±0,50	0,01	0,01	0,0000
	<i>S. subsignatus</i>		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000		0,35±0,35	0,01	0,01	0,0000
FI	Abortamento	6375,78±888,26	117,30±50,91	1,84	1,84	0,0081	4584,59±396,58	673,06±348,91	14,65	14,68	0,0690
Vg	Má formação	6258,48±922,10	1881,01±897,41	29,46	30,06	0,1552	3911,54±155,62	216,63±155,05	4,72	5,54	0,0247
Ov	Má formação	4377,47±246,95	522,80±68,19	8,19	11,94	0,0552	3694,91±173,82	577,47±64,98	12,57	15,63	0,0738
GrT		3854,67±200,27	308,01±163,87	7,16	5,65	0,0353	3117,44±148,21	41,23±29,04	0,90	1,32	0,0058
	<i>E. zinckenella</i>		41,79±31,12	1,08	0,65	0,0047		1,68±1,68	0,04	0,05	0,0002
	Fungos		80,99±48,65	1,27	2,1	0,0092		11,23±11,23	0,24	0,36	0,0016
	Percevejos		185,23±123,74	4,81	2,9	0,0214		28,31±19,110	0,62	0,91	0,0040
GrC		3699,13±191,89	2684,97±848,25	42,06			3089,25±130,61	1504,52±443,55	32,75		

No cabeçalho: x= componentes de produção da cultura: PI_{Vg}= plantas em fase vegetativa, PI_{Rp}= plantas em fase reprodutiva, FI= flores, Vg= vagens, Ov= óvulos, GrT = grãos totais e GrC = grãos na colheita. dxF= Fator de perdas. Lx= Produtividade potencial (kg/ha) no início de cada x. dx= Perdas na produtividade (kg/ha) em cada x. 100qx= Perdas não acumulativas (%). 100rx= Perdas acumulativas (%).k = log (100qx).

Tabela 4. Tabela de vida da cultura da soja transgênica com três aplicações de glyphosate. Coimbra, MG. 2007-2009.

2007/2008							2008/2009				
x	dxF	Lx	dx	100rx	100qx	k	Lx	DX	100rx	100qx	k
PIVg		7379,48±494,90	7,06±2,05	0,10	0,10	0,0004	4745,47±160,11	3,78±0,82	0,08	0,08	0,0004
	<i>A. ipsilon</i>		1,15±1,15	0,02	0,02	0,0001		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000
	<i>C. arcuatus</i>		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000		0,81±0,81	0,02	0,02	0,0001
	<i>E. aporema</i>		0,56±0,56	0,01	0,01	0,0000		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000
	<i>P. sojae</i>		3,46±1,87	0,005	0,05	0,0001		2,96±0,86	0,06	0,06	0,0003
	Pássaros		1,88±1,14	0,03	0,03	0,0001		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000
PIRp		7372,45±494,54	8,22±3,41	0,11	0,11	0,0005	4741,72±159,69	0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000
	<i>E. aporema</i>		8,22±3,41	0,11	0,11	0,0005		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000
	<i>P. sojae</i>		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000		0,00±0,00	0,00	0,00	0,0000
FI	Abortamento	7364,26±494,67	284,17±110,57	3,85	3,86	0,0171	4741,72±159,69	230,99±63,85	4,87	4,87	0,0217
Vg	Má formação	7080,09±491,57	981,47±433,79	13,30	13,86	0,0648	4510,74±173,27	283,72±121,76	5,98	6,29	0,0282
Ov	Má formação	6098,62±116,48	994,54±179,42	13,48	16,31	0,0773	4227,01±236,10	744,31±150,76	15,68	17,61	0,0841
GrT		5104,08±143,19	396,08±129,25	5,37	7,76	0,0344	3482,70±132,14	101,43±17,45	2,14	2,91	0,0127
	<i>E. zinckenella</i>		10,33±8,63	0,14	0,20	0,0009		4,04±4,04	0,09	0,12	0,0005
	Fungos		163,78±51,19	2,22	3,21	0,0142		40,10±7,10	0,85	1,15	0,0050
	Percevejos		221,96±80,22	3,01	4,35	0,0193		57,29±16,15	1,21	1,64	0,0072
GrC		4762,30±182,30	2617,19±416,89	35,47			3404,54±133,46	1340,93±207,61	28,26		

No cabeçalho: x= componentes de produção da cultura: PI_{Vg} = plantas em fase vegetativa, PI_{Rp} = plantas em fase reprodutiva, FI= flores, Vg= vagens, Ov= óvulos, GrT = grãos totais e GrC = grãos na colheita. dxF= Fator de perdas. Lx= Produtividade potencial (kg/ha) no início de cada x. dx= Perdas na produtividade (kg/ha) em cada x. 100qx= Perdas não acumulativas (%). 100rx= Perdas acumulativas (%). k = log (100qx).

Tabela 5. Componentes críticos de produção da soja não transgênica e da soja transgênica capinada e com uma ou três aplicações de glyphosate. Coimbra, MG. 2007-2009.

Componente de produção	b	IC ₉₅	p
Soja não transgênica - capinada			
Plantas em fase reprodutiva	0,0003	-0,0001 - 0,0007	0,001
Flores	0,103	0,069 - 0,137	0,078
Vagens	0,267	0,141 - 0,392	0,000
Óvulos	0,500	0,341 - 0,658	0,001
Grãos totais	0,129	0,033 - 0,225	<0,001
Soja transgênica - capinada			
Plantas em fase vegetativa	0,002	-0,0007 - 0,004	0,128
Plantas em fase reprodutiva	0,004	0,002 - 0,007	0,002
Flores	0,128	0,0364 - 0,219	0,011
Vagens	0,467	0,237 - 0,696	0,002
Óvulos	0,337	0,197 - 0,478	0,001
Grãos totais	0,062	0,018 - 0,107	0,011
Soja Transgênica - 1 aplicação glyphosate			
Plantas em fase vegetativa	0,003	0,0002 - 0,005	0,032
Plantas em fase reprodutiva	0,0004	0,0001 - 0,0006	0,007
Flores	0,165	-0,029 - 0,359	0,076
Vagens	0,500	0,229 - 0,771	0,003
Óvulos	0,255	0,119 - 0,391	0,003
Grãos totais	0,077	-0,053 - 0,207	0,189
Soja transgênica - 3 aplicações de glyphosate			
Plantas em fase vegetativa	0,002	0,001 - 0,003	0,000
Plantas em fase reprodutiva	0,001	-0,0006-0,003	0,140
Flores	0,111	0,053 - 0,170	0,002
Vagens	0,300	0,124 - 0,458	0,004
Óvulos	0,470	0,340 - 0,582	<0,001
Grãos totais	0,134	0,036 - 0,232	0,013

No cabeçalho: b = coeficiente angular da curva de análise de regressão simples, IC₉₅ = intervalo de confiança dos coeficientes angulares a 95% de probabilidade, p = significância.

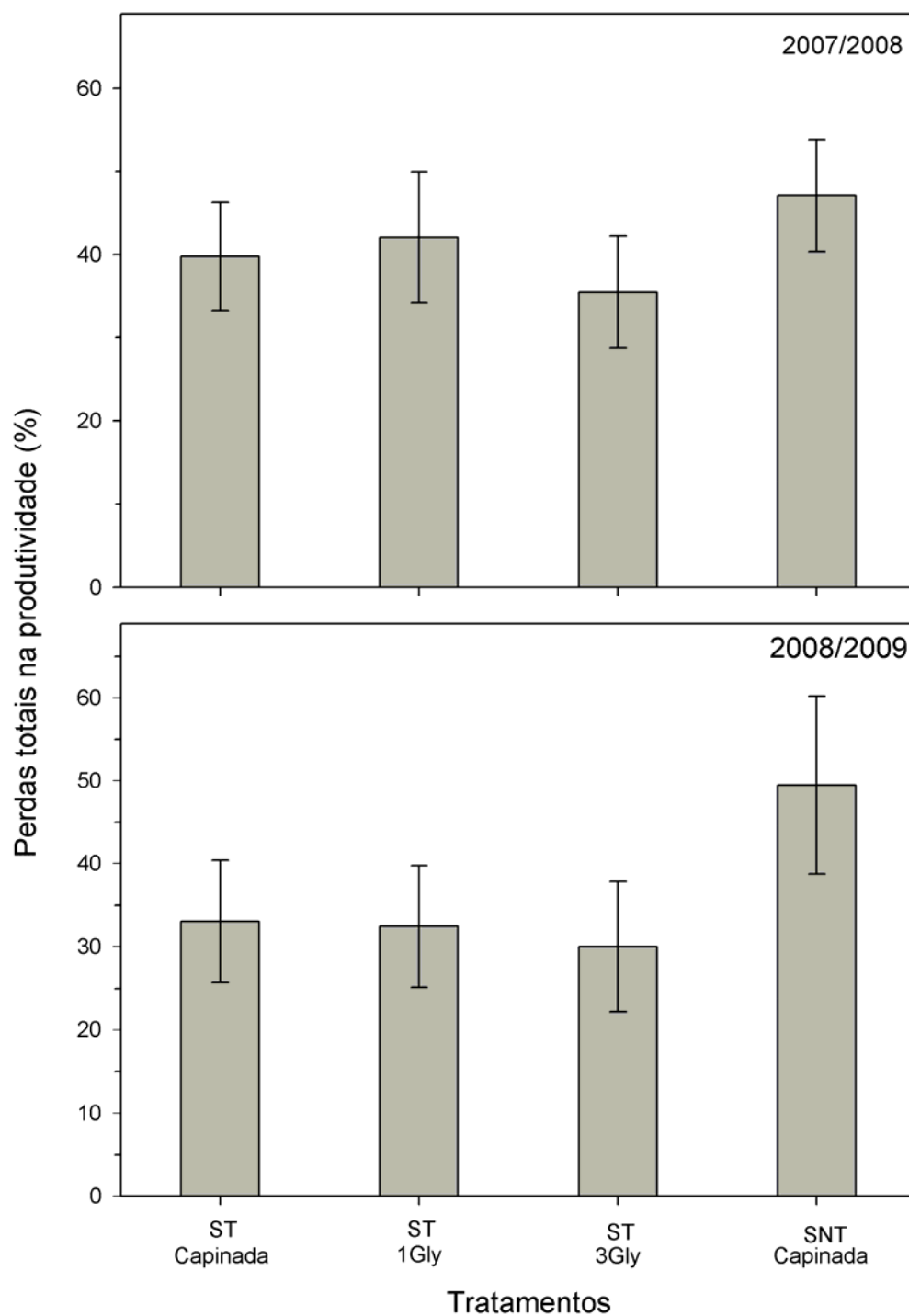


Figura 1. Perdas totais na produtividade da soja não transgênica (SNT) capinada e da soja transgênica (ST) capinada e com uma (1Gly) ou três (3Gly) aplicações de glyphosate, Coimbra, MG, 2007-2009.

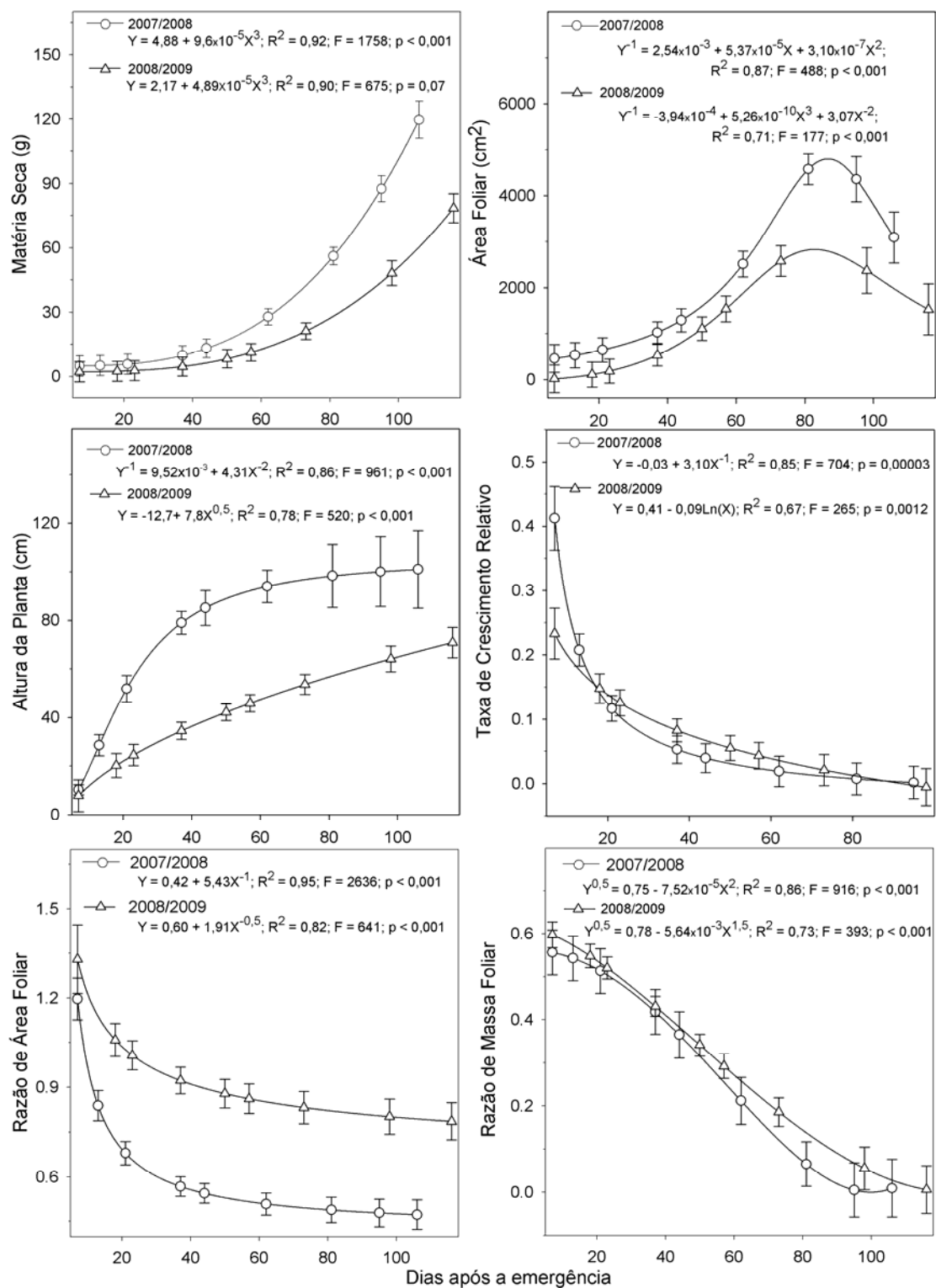


Figura 2. Matéria seca, área foliar, altura da planta, taxa de crescimento relativo, razão de área foliar e razão de massa foliar da soja. Os tratamentos soja transgênica e não transgênica capinada; e soja transgênica com uma ou três aplicações de glyphosate não diferiram entre si ao longo dos dias em ambas as safras, sendo representados por uma única reta. Coimbra, MG, 2007-2009.

4. DISCUSSÃO

As produtividades da soja transgênica BRS Favorita RR (Roundup Ready®) e da soja não transgênica MG/BR-46 Conquista foram elevadas no primeiro e segundo anos, quando comparada a produtividade média brasileira de 2.804 kg ha⁻¹ (Conab, 2008). Tal fato pode ser justificado pelas baixas perdas nos componentes de produção principalmente aqueles relacionados com os ataques de pragas e doenças. As baixas produtividades observadas em diferentes regiões brasileiras muitas vezes estão associadas às elevadas perdas nos componentes de produção. Faleiro et al. (1995) observaram perdas de 50,4% nos componentes de produção da cultura do milho, Leite et al. (1996) observaram perdas equivalentes a 66,5% no feijão, Paula (1997) observaram para o tomate cultivado no inverno perdas de 63,1%, e no cultivado no verão perdas de 81,6%, Loos (2002) também trabalhando com tomate verificou perdas de 61,5% em ambiente protegido e Picanço et al. (1997) observaram perdas de 96,6% para o tomate cultivado utilizando-se métodos alternativos de controle fitossanitário. As elevadas produtividades em ambos os anos também podem ser justificadas pela boa distribuição das chuvas. A soja é sensível à deficiência hídrica na emergência das plântulas, no florescimento e enchimento dos grãos (Doss & Thurlow, 1974; Câmara & Heiffig, 2000).

A produtividade, o acúmulo de matéria seca, a área foliar, a altura das plantas, a taxa de crescimento relativo, a razão de área foliar e a razão de massa foliar da soja foram semelhantes entre as variedades de soja transgênica e não transgênica. Tal fato mostra a alta adaptabilidade deste novo cultivar. Entretanto, Souza et al. (2008) observaram menores produtividades da cultivar transgênica BRS Favorita RR em relação a cultivar não transgênica MG/BR-46 Conquista. Portanto, o cultivo da soja transgênica com a inserção do gene de resistência ao glyphosate (CP4 EPSPS) da bactéria *Agrobacterium* estirpe CP4 não afetou a produtividade, o crescimento e o desenvolvimento das plantas de soja.

As perdas de produtividade não foram influenciadas pelo cultivo da soja transgênica. As baixas infestações de insetos pragas e de doenças durante os cultivos pode ter refletido diretamente neste resultado.

O manejo da soja transgênica com uma ou três aplicações de glyphosate não afetou a produtividade, o acúmulo de matéria seca, a área

foliar, a altura das plantas, a taxa de crescimento relativo, a razão de área foliar e a razão de massa foliar da soja. As plantas daninhas são as maiores responsáveis por perdas na produtividade da soja, superando inclusive o ataque de doenças e insetos-praga (Carvalho & Velini, 2001). Segundo Silva et al. (2007) o manejo de plantas daninhas altera a cronologia natural dos eventos, favorecendo a utilização de recursos pela planta cultivada, gerando menor intensidade de interferência na produtividade econômica. Geralmente, quanto menor o período de convivência entre cultura e plantas daninhas, menor será o grau de interferência. Entretanto, caso o controle das plantas daninhas seja realizado em um período ideal, o produtor poderá reduzir o número de aplicações de herbicidas durante o ciclo da cultura sem comprometer o seu desenvolvimento e produtividade (Silva & Silva, 2007). Desta forma, além das vantagens econômicas, o produtor estará contribuindo para a redução dos danos ambientais da aplicação destes herbicidas.

As perdas na produtividade não foram influenciadas pela aplicação de glyphosate. Como observado no primeiro capítulo a aplicação do glyphosate reduziu a riqueza de artrópodes fitófagos, provocou aumento na densidade dos fitófagos *B. tabaci*, *C. brasiliensis* e *Tetranychus* sp. e reduziu a densidade de *C. arcuatus*. Entretanto as baixas perdas na produtividade refletem as baixas densidades destes insetos praga.

A matéria seca, área foliar e altura das plantas foram maiores no primeiro ano de cultivo do que no segundo ano. Contrariamente os índices fisiológicos razão de área foliar e razão de massa foliar, valores superiores foram obtidos no segundo ano de cultivo. A maior incidência de chuvas e insolação no segundo ano de cultivo em relação ao primeiro ano pode ter contribuído para a diferença no crescimento e desenvolvimento da planta.

Os componentes críticos de perdas nos tratamentos soja transgênica com capina mecânica e soja transgênica com uma aplicação de glyphosate foram vagens e óvulos. Já para a soja não transgênica capinada e a soja transgênica com três aplicações de glyphosate o componente crítico foi os óvulos. O fator-chave foi a má formação de óvulos e vagens. A má formação de vagens e de óvulos pode estar associada a uma série de fatores como o fluxo insuficiente de carboidratos para as vagens e óvulos (Barrigossi et al., 1988), estresse hídrico no início do período de formação de vagens (Rassini & Lin,

1981); deficiência de nutrientes (Konno, 1967; Lima *et al.*, 2003), incidência de doenças (Bizzetto & Homechin, 1997) e ataque de insetos-praga (Fehr *et al.*, 1971).

Entre as pragas observadas durante os cultivos e que podem ser responsáveis pela má formação de vagens e óvulos estão *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), *Caliothrips brasiliensis* (Thysanoptera: Thripidae), percevejos, *Cerotoma arcuatus* e *Pseudoplusia includens*.

5. LITERATURA CITADA

Aguilera, D.B.; Ferreira, F.A.; Cecon, P.R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.43 - 51. 2004.

Balbino, J.M.S.; Costa, H.; Ventura, J.A.; Fornazier, M.J.; Castro, L.L.F.; Prezotti, L.C.; Souza, J.L. **Cultura do Pepino Salada**. Vitória: EMCAPA. 1990

Barrigossi, J.A.F.; Lopes, N.F.; Chandler, L. Resposta fisiológica do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao forate e suas consequências entomológicas. II. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca das plantas. **Revista Ceres**, v.35, p.341-354. 1988.

Benincasa, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP. 1988. 42 p.

Bizzetto, A. & Homechin, M. Efeito do período e da temperatura de armazenamento na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja com altos índices de *Phomopsis sojae* (Leh.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.296-303. 1997.

Câmara, G.M.S. & Heiffig, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja In: Câmara, G.M.S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção II**

Piracicaba: ESALQ, 2000. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja p.81-119

Carvalho, F.T. & Velini, E.D. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da soja. I – cultivar IAC-11. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.317-322. 2001.

Causton, D.R. & Venus, J.C. **The biometry of plant growth**. London: Edward Arnold. 1981. 307 p.

Conab. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: oitavo levantamento. Brasília. 2008 2008.

Doss, B.D. & Thurlow, D.L. Irrigation, row width, and plant population in relation to growth characteristics of two soybean varieties. **Agronomy Journal** v.66, p.620-623. 1974.

Elias, S.G. & Nelson, E.K. Impact of glyphosate tolerance gene on seed quality of transgenic bentgrass. **Seed Science and Technology**, v.37, n.2, p.350-364. 2009.

Faleiro, F.G.; Picanço, M.C.; Guedes, R.N.C.; Miranda, M.M.M.; Araújo, J.M. Intensidade de perdas em 49 populações de milho (*Zea mays* L.) cultivadas em condições de baixa tecnologia. **Revista Ciência e Prática**, v.19, p.272-280. 1995.

Fehr, W.R.; Caviness, C.E.; Burmood, D.T.; Pennington, J.S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, v.11, n.11, p.929-931. 1971.

Fernandes Filho, E.I.; Valle, F.X.R.; Liberato, J.R. **QUANT - A software to quantify plant disease severity** 2001.

Hunt, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. London: Edward Arnold. 1982. 248 p.

James, C. Preview: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops:2008 Isaaa. Ithaca, NY. 37: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/39/executivesummary/pdf/Brief%2039%20-%20Executive%20Summary%20-%20Portuguese.pdf> p. 2008.

Konno, S. Physiological study on the mechanisms of seed production of soybean plant. I. Influence on the chemical composition and seed production of the nutrient element deficiency at the flowering stage. **Proceedings of the Crop Science Society**, p.238-247. 1967.

Kvet, J.; Ondock, J.P.; Necas, J.; Jarvis, P.G. Methods of growth analysis. In: Sestak, Z.; Catsky, J.; Jarvis, P.G. (Ed.). **Plant photosyntetic production: manual of methods**. The Hague: Springer, 1971. Methods of growth analysis, p.343 - 391

Leite, G.L.D.; Picanço, M.C.; Madeira, N.R.; Zanuncio, J.C. Efeito de inseticidas sistêmicos aplicados no solo na produção do feijoeiro. **Bragantia**, v.55, n.2, p.279- 287. 1996.

Lima, D.M.; Cunha, R.L.; Pinho, E.V.R.V. Guimarães, R.J. Efeito da adubação foliar no cafeeiro, em sua produção e na qualidade fisiológica de sementes. **Ciência Agrotécnica**, v.Edição Especial, p.1499-1505. 2003.

Loos, R.A. **Identificação e quantificação dos componentes de perda de produção do tomateiro no campo e em ambiente protegido**. (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002. 64 p.

Magalhães, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: (Ed.). FERRI, M. G. (ed) **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, v.1, 1985. Análise quantitativa do crescimento, p.333-350

Morris, R.F. Predictive population equations based on key factors. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v.32, n.1, p.16-21. 1963.

Paula, S.V. **Incidência de pragas e reflexos na produção do tomateiro em função da adoção de nível de controle e de faixas circundantes**. (Mestrado em Entomologia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997. 90 p.

Picanço, M.C. **Entomofauna e danos das pragas associadas à cultura de ervilha (*Pisum sativum* L.), em quatro épocas de plantio e 54 variedades**. (Doutorado em Fitotecnia). Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992. 310 p.

Picanço, M.C.; Faleiro, F.G.; Pallini Filho, A.; Matioli, A.L. Perdas na produtividade do tomateiro em sistemas alternativos de controle fitossanitário. **Horticultura Brasileira**, v.15, n.2, p.88-91. 1997.

Picanço, M.C.; Leite, G.L.D.; Guedes, R.N.C.; Silva, E.A. Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal sprays and plant spacing. **Crop Protection**, v.17, n.5, p.447-452. 1998.

Picanço, M.C. & Marquini, F. Manejo integrado de pragas de hortaliças em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v.20, n. 200/201, p.126 - 133. 1999.

Podoler, H. & Rogers, D. A new method for the identification of key factors from life-table data. **Journal of Animal Ecology**, v.44, n.1, p.85-114. 1975.

Radford, P.J. Growth analysis formulae their use and abuse. **Crop Science**, v.7, n.42, p.171-175. 1967.

Rassini, J.B. & Lin, S.S. Efeito de períodos de estiagens artificiais durante estádios de desenvolvimento da planta no rendimento e qualidade da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agronomia Sulriograndense**, v.17, n.2, p.225-237. 1981.

Romano, M.R. **Análise de crescimento, produção de biomassa, fotossíntese e biossíntese de aminoácidos em plantas transgênicas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) que expressam o gene lhcb1*2 de ervilha.** (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

Silva, A.A. & Silva, J.F. *Biologia de Plantas Daninhas*. In: Silva, A.A. & Silva, J.F. (Ed.). **Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. *Biologia de Plantas Daninhas*, p.367.

Souza, L.C.D.; Sá, M.E.; Carvalho, M.A.C.; Simidu, H.M. Produtividade de quatro cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante mineral foliar a base de cálcio e boro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.2, p.37-44. 2008.

Urchei, M.; Rodrigues, J.D.; Stone, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.497 - 506. 2000.

Varley, G.C. & Gradwell, G.R. Key factors in population studies. **Journal of Animal Ecology**, v.29, n.2, p.399-401. 1960.

CONCLUSÕES GERAIS

O cultivo da soja resistente ao glyphosate não afeta a riqueza e abundância dos artrópodes no dossel das plantas, na superfície e interior do solo.

O uso de três aplicações de glyphosate em pós-emergência da cultura reduz a densidade total de artrópodes e de *Cerotoma arcuatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) no dossel das plantas. O mesmo ocorreu com a densidade total de artrópodes na superfície do solo, principalmente com os predadores *Achaeearanea* sp. (Araneae: Theridiidae), *Oxypodini* sp. (Coleoptera: Staphylinidae) e *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae) e os detritívoros Entomobryidae (Collembola), *Hypogastrura* sp. (Collembola: Hypogastruridae) e *Xyleborus* sp. (Coleoptera: Scolytidae). O inverso ocorreu com os fitófagos mastigadores *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Caliothrips brasiliensis* (Thysanoptera: Thripidae) e *Tetranychus* sp. (Acari: Tetranychidae) no dossel da planta.

A aplicação de glyphosate (uma ou três) reduziu as densidades do predador *Solenopsis* sp. e do detritívoro *Hypogastrura* sp. no dossel da planta. O mesmo ocorreu com os predadores Acari: Galumnidae, *Neivamyrmex* sp. (Hymenoptera: Formicidae) e *Solenopsis* sp. e dos Collembola detritívoros Entomobryidae, *Hypogastrura* sp. e Onychiuridae no interior do solo.

O cultivo da soja resistente ao glyphosate e a aplicação em pós-emergência na cultura deste herbicida não afeta as perdas nos componentes de produção da cultura e nem o crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas.