

FERNANDA APARECIDA RODRIGUES GUIMARÃES

EFEITO RESIDUAL DE HERBICIDAS NO CULTIVO DE HORTALIÇAS

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
2017

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

T

G963e
2017 Guimarães, Fernanda Aparecida Rodrigues, 1984-
 Efeito residual de herbicidas no cultivo de hortaliças /
 Fernanda Aparecida Rodrigues Guimarães. – Viçosa, MG, 2017.
 vii, 51f. ; 29 cm.

Orientador: Tocio Sedyama.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Herbicidas. 2. Plantas - Efeito dos herbicidas.
3. Horticultura. 4. Hortaliças. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 62.954

FERNANDA APARECIDA RODRIGUES GUIMARÃES

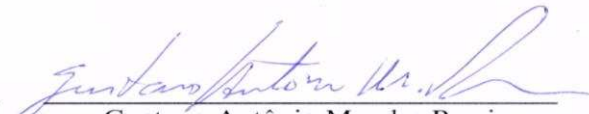
EFEITO RESIDUAL DE HERBICIDAS NO CULTIVO DE HORTALIÇAS

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.

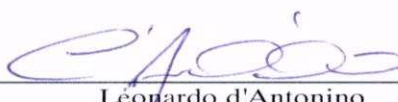
APROVADA: 19 de Abril de 2017.



Francisco Cláudio Lopes de Freitas



Gustavo Antônio Mendes Pereira



Leonardo d'Antonino



Maria Aparecida Nogueira Sedyama



Tocio Sedyama
(Orientador)

Aos meus pais Sebastião e Maria Gorete,

Pelo amor incondicional, carinho, incentivo e por me tornarem mais forte todas as vezes que pensei em desistir.

Ao Hugo e a Lavínia por todo amor e por fazer meus dias melhores.

Dedico

Aos familiares, amigos.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia (DFT), pela oportunidade de realizar o mestrado e doutorado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Capes, pelo apoio financeiro;

Ao professor Tocio Sedyama, pela confiança, pelos conselhos e pela orientação;

Aos professores Antonio Alberto Silva, Francisco Affonso Ferreira e Lino Roberto Ferreira por todos os ensinamentos;

A equipe de Manejo Integrado de Plantas Daninhas e aos amigos Daniel Valadão, Mathues Freitas e a Christiane Augusta pelos conselhos, amizade e incentivo sempre;

Enfim, a todos que me ajudaram chegar até aqui. Muito Obrigada!

BIOGRAFIA

Fernanda Aparecida Rodrigues Guimarães, filha de Sebastião Tristão Guimarães e Maria Gorete Rodrigues Guimarães, nasceu em 08 de maio de 1984 em Viçosa, Minas Gerais.

Ingressou, em 2005, no curso de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, graduando-se Engenheira Agrônoma em janeiro de 2010.

Em março de 2011 iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, defendendo a dissertação em Março de 2013.

Em abril de 2013, iniciou o Doutorado em Fitotecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, defendendo a tese em abril de 2017.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. REFERENCIA	5
2. EFEITO RESIDUAL DO TEMBOTRIONE E DO ATRAZINE NA CULTURA DA CENOURA EM UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO	12
2.1. RESUMO	12
ABSTRACT	12
2.2. INTRODUÇÃO	13
2.3. MATERIAL E MÉTODOS	14
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
2.5. REFERÊNCIAS	21
3. EFEITO RESIDUAL DO TEMBOTRIONE E DO ATRAZINE NA CULTURA DA BETERRABA EM UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO	24
3.1. RESUMO	24
ABSTRACT	24
3.2. INTRODUÇÃO	25
3.3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.5. REFERÊNCIAS	32
4. SELETIVIDADE DO ALHO AOS HERBICIDAS METRIBUZIN, TEMBOTRIONE 35	
4.1. RESUMO	35
ABSTRACT	35
4.2. INTRODUÇÃO	36
4.3. MATERIAL E MÉTODOS	37
4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.5. REFERÊNCIAS	47
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51

RESUMO

GUIMARÃES, Fernanda Aparecida Rodrigues, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2017. **Efeito residual de herbicidas no cultivo de hortaliças.** Orientador: Tocio Sedyama. Coorientadores: Daniel Valadão Silva e Marcelo Rodrigues dos Reis.

Diversos fatores podem afetar negativamente a produtividade de uma cultura, entre eles está interferência das plantas daninhas. A utilização de herbicidas no manejo das mesmas quando feita de maneira inadequada pode ocasionar de contaminação ambiental e *carryover*, ou seja, pode levar à intoxicação de culturas sucessoras, devido à persistência de herbicidas no solo. O cultivo de hortaliças pode ocorrer em sucessão a outras culturas existindo a possibilidade de herbicidas aplicados anteriormente afetarem negativamente as olerícolas. Neste trabalho foi avaliado o efeito de resíduos de herbicidas no solo sobre as culturas cenoura, beterraba e alho. Foram avaliados o efeito de resíduos de tembotrione e atrazine isolados e em mistura na cultura da cenoura e beterraba em sucessão ao milho e a sensibilidade de plantas de alho a diferentes concentrações do metribuzin e tembotrione no solo. Concluiu-se que para as condições testadas, onde houve aplicação de atrazine e tembotrione ($100,8 \text{ g ha}^{-1}$) isoladamente, diminuição da matéria seca da parte aérea das plantas de cenoura e menor produtividade comercial de raízes de cenoura, quando cultivada em solo com histórico de aplicação da mistura de atrazine + tembotrione ($100,8 \text{ g ha}^{-1}$). Em relação à beterraba, concluiu-se para as condições testadas, menor crescimento da parte aérea da beterraba quando cultivada em solo com histórico de aplicação do atrazine e menor produtividade comercial e redução da produtividade classe AA da beterraba para os tratamentos que receberam a aplicação de atrazine, tembotrione ($50,4 \text{ g ha}^{-1}$), tembotrione ($100,8 \text{ g ha}^{-1}$) e atrazine + tembotrione ($100,8 \text{ g ha}^{-1}$). Para as plantas de alho, concluiu-se que para as condições testadas, há intoxicação e menor crescimento das plantas de o alho no solo em que houve aplicação de metribuzin e que as doses avaliadas de tembotrione no solo não causam sintomas visuais de intoxicação nas plantas de alho, mas reduzem a matéria seca da parte aérea e a área foliar.

ABSTRACT

GUIMARÃES, Fernanda Aparecida Rodrigues, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2017. **Residual effect of herbicides on the cultivation of vegetables.** Adviser: Orientador: Tocio Sedyama. Co-advisers: Daniel Valadão Silva And Marcelo Rodrigues dos Reis.

Several factors can negatively affect the productivity of a crop, among them is weed interference. In their management, the use of herbicides improperly can lead to environmental contamination and carryover, that is, it can lead to intoxication of successor crops due to the persistence of herbicides in the soil. The cultivation of vegetables can occur in succession to other crops, with the possibility that previously applied herbicides may adversely affect the olive groves. In this work the effect of herbicide residues in the soil on carrot, beet and garlic crops was evaluated. The effects of tembotrione and atrazine residues isolated and mixed in the carrot and beet crop in succession to corn and the sensitivity of garlic plants to different concentrations of metribuzin and tembotrione in the soil were evaluated. It was concluded that for the conditions tested, where atrazine and tembotrione (100.8 g ha^{-1}) were applied in isolation, reduction of the dry matter of the aerial part of the carrot plants and lower commercial yield of carrot roots when grown in Soil with a history of application of the atrazine + tembotrione mixture (100.8 g ha^{-1}). Regarding beet, it was concluded for the conditions tested, lower growth of the beet shoot when cultivated in soil with a history of atrazine application and lower commercial productivity, a reduction in yield AA class of beet for the treatments that received the application of Atrazine, tembotrione (50.4 g ha^{-1}), tembotrione (100.8 g ha^{-1}) and atrazine + tembotrione (100.8 g ha^{-1}). For the garlic plants, It was concluded that for the conditions tested, there is intoxication and lower growth of the garlic plants in the soil in which metribuzin was applied and that the evaluated doses of tembotrione in the soil do not cause visual symptoms of intoxication in the garlic plants, but reduce the dry matter of the aerial part and the leaf area.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O aumento da população mundial tem pressionado o aumento na produção de alimentos nos últimos anos. Dentre as atividades agrícolas, o cultivo de olerícolas é fundamental para suprir esta demanda. As olerícolas além de constituírem alimentos básicos para a alimentação e ser fonte de renda regular, contribuem diretamente para a manutenção da agricultura familiar (Mayer, 2009; Lacerda, 2014).

O cultivo de olerícolas pode ser realizado em sucessão a outras culturas como feijão, milho, soja, trigo ou outras hortaliças. Neste sentido, todas as práticas de manejo realizadas nestas culturas poderão afetar posteriormente o crescimento e a produção das olerícolas.

Diversos fatores podem interferir negativamente na produtividade de uma cultura. Dentre esses fatores está a interferência das plantas daninhas, as quais podem reduzir a produção das culturas se manejadas incorretamente.

O manejo das plantas daninhas tem sido realizado predominantemente por meio de técnicas culturais e controle químico, o que proporciona decréscimo nas perdas causadas pela interferência das plantas daninhas com as culturas. Entretanto, no controle químico, a utilização de herbicidas de maneira inadequada pode ocasionar problemas como, contaminação ambiental e *carryover*, levando à intoxicação de culturas sucessoras, devido à persistência de alguns herbicidas no solo (Vivian et al., 2007).

A intoxicação pode não ser visível, mas pode resultar em menor crescimento e produtividade das culturas, mesmo em situações de baixas concentrações dos herbicidas no solo (Robinson e McNaughton, 2012).

Sintomas de intoxicação por herbicidas são frequentes em sistemas de rotação de cultura, principalmente para culturas de ciclo curto, como as olerícolas (Johnson e Talbert, 1993; Qasem, 2006; Robinson, 2008; Taber e Lawson, 2009; Pekarek et al., 2010; Robinson e McNaughton 2012; Rahman, et al., 2014).

A redução do crescimento e produtividade de olerícolas causadas por resíduos de herbicidas no solo foi relatada em alguns trabalhos (Johnson e Talbert, 1993; Soltani et al., 2005; Robson et al., 2006; Robinson, 2008.; Robinson e McNaughton, 2012).

Neste contexto, alguns trabalhos mostraram o efeito negativo de herbicidas de diferentes mecanismos sobre olerícolas, entre eles estão: os inibidores da ALS (O' Sullivan et al., 1999; Greenlad 2003; Alister and Kogan 2005; Felix et al., 2012; Sousa et al., 2012), os inibidores da síntese carotenoides (Felix and Doohan 2005; Felix et al., 2007; Robinson, 2008; Riddle et al., 2013; Dias et al., 2015a; Dias et al., 2015b), os inibidores da protox

(Pekarek et al., 2010; Robinson and Mcnaughton, 2012), os inibidores do FSII (Carvalho et al. 2010; Walperes et al., 2015) e os inibidores das auxinas (Moyer et al., 1999; Gilreath et al. 2006).

Porém, poucos são os estudos sobre este assunto no Brasil, o que tem ocasionado dúvidas quanto ao tempo necessário para plantio de uma hortliça após a utilização de hrebicidas na cultura anterior.

Entre os vários herbicidas que podem apresentar efeito carryover estão atrazine, tembotrione e metribuzin.

O tembotrione pertence ao grupo químico benzoilciclohexanodiona e é seletivo para a cultura do milho (AGROFIT, 2017) sendo registrado para uso em pós-emergência nesta cultura, desde 2008 (Tarara et al., 2009). Por ser um herbicida pertencente ao grupo dos inibidores da enzima 4-hidroxifenilpiruvatodioxigenase (HPPD), a qual atua na síntese de carotenoides, inibe a formação dos mesmos, os quais são responsáveis pela proteção contra o excesso de energia na planta, como consequência da ausência de carotenoides ocorre a degradação das moléculas de clorofila (Wichert et al., 1999; Hawkes, 2007; Silva e Silva, 2007), o que leva ao branqueamento das folhas das plantas tratadas (Sutton et al., 2002).

Este herbicida apresenta solubilidade em água de 28 g L^{-1} e pKa 3,2 (Oliveira Jr & Bringhenti, 2011). O principal fator que determina a sorção do mesmo é a matéria orgânica, a influência da textura é secundária e o pH praticamente não interfere. Em solos de regiões de clima temperado, estima-se que a meia-vida desse herbicida seja em média de 127 dias (Rojas et al., 2015). Pesquisas em condições de laboratório indicam que o tembotrione tem elevada mobilidade no solo, uma vez que ele apresenta caráter ácido, estudos de degradação do tembotrione no solo indicam que o período para a dissipação de 90% (DT90) exceda 105 dias (EFSA, 2011).

São escassas pesquisas sobre a persistência deste herbicida em clima tropical. No Brasil é recomendando respeitar-se o prazo de 30 dias para semeadura de sensíveis, em áreas que receberam aplicações deste herbicida (AGROFIT, 2017). No entanto alguns trabalhos já relataram que a persistência deste herbicida foi superior a 30 dias. Verificando a persistência do tembotrione na cultura do milho, Blanco et al. (2010) observaram que a matéria seca da beterraba, crescendo no solo com o tembotrione, independentemente da dose avaliada, não diferiu significativamente da testemunha, desde 56 após a aplicação. Em outro trabalho, a meia-vida do tembotrione de acordo com Faria (2016) foi superior a 90 dias.

Em relação ao efeito do tembotrione sobre hortaliças, já foi relatado o efeito residual dos herbicidas atrazine e tembotrione, isolados ou em mistura, sobre o crescimento inicial da

beterraba, sendo verificado que o atrazine e tembotrione provocaram efeito negativo sobre o crescimento inicial da beterraba, apresentando redução nos valores de matéria seca da parte aérea e do índice SPAD, bem como aumento da intoxicação com o incremento das doses. Quando os herbicidas foram aplicados em mistura o efeito foi potencializado (França, et al., 2016). O efeito do tembotrione também foi avaliado para a cultura da batata, efetuando o plantio um dia após a aplicação do herbicida no solo, houve redução do crescimento, rendimento e qualidade dos tubérculos (Dias et al., 2015).

São poucos trabalhos sobre o efeito do tembotrione sobre hortaliças, entretanto para herbicidas de mesmo mecanismo de ação existem alguns trabalhos. Riddle et al (2013) verificaram injúrias e redução de matéria seca e rendimento das olerícolas, beterraba, ervilha e pepino, um ano após a aplicação do mesotrione no solo. Os mesmos autores aplicando sub-doses do mesotrione e em seguida semeando as olerícolas citadas verificaram os mesmos resultados. Felix et al. (2007) verificaram sintomas de intoxicação e redução do rendimento de tomate, pimenta e pepino, cultivando as olerícolas um ano após a aplicação do mesmo herbicida.

Outro herbicida de mecanismo de ação semelhante ao tembotrione é o isoxaflutole, houve redução do rendimento da pimenta cultivado em solo com histórico da aplicação deste herbicida um ano anterior ao plantio da olerícola (Felix and Doohan, 2005).

A mistura de mesotrione e atrazine aplicada um ano antes do plantio de cenoura, brócolis, pepino e cebola, casou intoxicação, redução da matéria seca e redução do rendimento de tais olerícolas (Robinson 2008) o mesmo foi verificado por Soltani et al. (2005) avaliando a mistura de atrazine e isoxaflutole sobre repolho e beterraba.

O atrazine possui mecanismo de ação a inibição do Fotossistema II (FSII), que consiste na inibição da fotossíntese, através do bloqueio de fluxo de elétrons no fotossistema II entre Qa e Qb, devido à ligação do herbicida ao sítio de ligação da Qb, na proteína D1 do fotossistema II, por interromper o transporte de elétrons e promove a geração de radicais livres que levam a planta à morte (Rodrigues e Almeida, 2011).

Este herbicida é recomendado para aplicação em aplicação em pós-emergência e é registrado para as culturas do milho, sorgo e cana de açúcar (AGROFIT, 2017). Apresenta solubilidade em água de 33 mg L⁻¹, pKa: 1,7, Kow: 481; e Koc médio de 100 mg g⁻¹ de solo (Rodrigues e Almeida, 2011). É moderadamente adsorvido pelos colóides da argila e da matéria orgânica (Weber et al., 1969; Reinhardt et al., 1990; Jenks et al., 1998).

A correlação entre a quantidade de atrazine sorvido e o teor de matéria orgânica em condições tropicais foi verificada por Queiroz et al. (1997). O mesmo autor verificou que a

contribuição da fração mineral na retenção de atrazine nos solos é moderada quando comparada com o poder sorvente da matéria orgânica. As substâncias húmicas presentes na matéria orgânica estão entre as principais responsáveis pela sorção de herbicidas (Pusino et al., 1992; Celis et al., 1997). Já foi relatado que aumento da sorção com a adição de matéria orgânica ao solo (Archangelo et al., 2005). Este herbicida possui meia-vida, no solo, de 60 dias e persistência média a longa nos solos nas doses recomendadas (5 a 7 meses) (Rodrigues e Almeida, 2011).

Em relação ao efeito residual do atrazine, foi avaliada por Brighenti et al. (2002) a persistência e a fitotoxicidade do mesmo sobre a cultura do girassol em sucessão ao milho, verificaram que a produtividade da cultura do girassol sofreu reduções significativas, em função dos resíduos de atrazine na semeadura realizada aos 60 dias após a aplicação das doses de 3,0 e 6,0 kg ha⁻¹.

Existem relatos sobre o efeito destes herbicidas sobre hortaliças, Carvalho et al. (2010), verificaram injúrias redução do crescimento e floração de plantas de pepino cultivada em solo com aplicação de herbicidas 7, 15 e 30 dias anterior a semeadura. Em outro trabalho o atrazine, mesmo dois anos após a aplicação no solo, causou perda de produtividade na cultura da cenoura (Robinson, 2008).

A simulação do efeito residual do atrazine nas plantas de cenoura foi avaliada por Furlan et al. (2016), avaliaram subdoses de atrazine no substrato de cultivo sobre o desenvolvimento e produção de cenoura, as plantas de cenoura foram avaliadas quanto à porcentagem e índice de velocidade de emergência (aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação), taxa de mortalidade, perímetro e comprimento de raiz, massa fresca de raiz e massa seca de parte aérea aos 29 e 90 dias após a aplicação (DAA), concluíram que o residual de até 250 g ha⁻¹ de atrazine pode causar redução na biomassa inicial da cenoura, sem, no entanto, prejudicar sua produção de raízes.

O metribuzin apresenta como mecanismo de ação a inibição do FSII citado anteriormente. No Brasil é registrado para as culturas do aspargo, batata, café, cana mandioca, soja, tomate e trigo (AGROFIT, 2017). É um produto que apresenta solubilidade em água de 1.100 mg L⁻¹, Kow: 44,7 e Koc médio de 60 mg g⁻¹ de solo. É moderadamente adsorvido em solos com alto teor de matéria orgânica e, ou, argila, mas se aplicado na superfície de solo é desativado por fotodegradação (Rodrigues e Almeida 2011).

A persistência desse herbicida nos solos é considerada pouca a moderada e a meia-vida, mensurada entre 5 e 50 dias (Huertas-Pérez, 2006). Entretanto quando incorporado no

solo, a persistência aumenta (Jensen et al., 1989), podendo variar entre 80 e 90 dias (Sharom & Stephenson, 1976). O pH e os teores de carbono orgânico e de argila do solo, influenciam a adsorção do metribuzin (Sharom & Stephenson, 1976). Freitas et al. (1999) observaram maior adsorção do metribuzin em função da adição de matéria orgânica ao solo.

O efeito do metribuzin sobre hortaliças foi avaliado por Walperes et al. (2015), realizando o plantio imediatamente após a aplicação do herbicida no solo, verificaram intoxicação, redução da matéria seca de raiz e do rendimento e morte de plantas de cebola.

A aplicação do metribuzin, em pré- emergência antes do plantio do alho causou o atrofiamento das plantas de alho (Qasem, 1996). Mehmood, et al. (2007) também relataram que a aplicação do metribuzin também causou intoxicação nas plantas de alho e redução na produção. Além de causar intoxicação na cultura do alho, para cebola, já foram encontrados sintomas de lesão, necrose, queima das folhas e menor crescimento vegetativo (Ghosheh, 2004).

Para outros herbicidas, de mecanismo de ação semelhante ao metribuzin, foram relatados sintomas de intoxicação e crescimento em plantas de alho. A aplicação em pré-emergência prometryne acarretou sintomas elevados de fitotoxicidade e reduziu o crescimento das plantas de alho (Mohamed & Nourai, 1997). Sintomas de fitotoxicidade, tais como redução de crescimento e queima de pontas das folhas também foram observados em plantas de alho, quando receberam aplicações em pré-emergência, da mistura de oxadiazon e prometryne na (Tunku et al., 2007).

Portanto, considerando que o cultivo de olerícolas pode ocorrer em sucessão a culturas em que são aplicados o tembotrione, atrazine e do metribuzin, e que existe a possibilidade dos mesmos afetarem negativamente as olerícolas cultivadas em solo com histórico de aplicação de tais herbicidas, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito residual do tembotrione, atrazine e da mistura dos mesmos sobre as culturas da cenoura e beterraba e a seletividade do tembotrione e do metribuzin sobre plantas de alho.

1.1. REFERÊNCIA

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

Disponível em: < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>
Acesso em 04/03/ 2017.

ALISTER, C.; KOGAN, M. Efficacy of imidazolinone herbicides applied to imidazolinone-resistant maize and their carryover effect on rotational crops. **Crop Protection**, v.24, n.4, p.375-379, 2005.

ARCHANGELO, E. R.; PRATES, H. T.; FERREIRA, F. A.; KARAM, D. É. C. I. O.; FERREIRA, L. R.; CARDOSO, A. A. Sorção, desorção e potencial de lixiviação de atrazine em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4 n.1, p.14-27, 2005.

BLANCO, F. M. G.; FRANCO, G. V.; RAMOS, Y. G. Persistência dos herbicidas tembotrione, mesotrione, e atrazine aplicados na cultura do milho. In: **Congresso Brasileiro de Plantas Daninhas**, p. 1738-1742, 2010.

BRIGHENTI, A. M.; MORALES, V. J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; GAZZIERO, D. L.; VOLL, E.; GOMES, J. A. Persistência e fitotoxicidade do herbicida atrazine aplicado na cultura do milho sobre a cultura do girassol em sucessão. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 291-297, 2002.

CARVALHO, F. T.; MORETTI, T. B.; SOUZA, P. A. Efeito do residual no solo de nicosulfuron isolado e em mistura com atrazine sobre culturas agrícolas subsequentes. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.9, n.1, p.26-34, 2010.

CELIS, R.; COX, L.; HERMOSIN, M.C.; CORNEJO, J. Sorption of triazafluron by iron and humic acid-coated montmorillonite. **Journal of Environmental Quality**, v.26, p.472-479, 1997.

DIAS, R.C.; ASSIS, A.C.L.P.; MIRANDA, V.P.; MELO, C.A.D.; SILVA, D.V.; REIS, M.R. Efeito residual de tembotrione no crescimento da batata. In: Congresso Brasileiro de Fitossanidade, 3., 2015, Águas de Lindóia-SP. **Anais...** Águas de Lindóia-SP: Funep/Unesp, 2015b. p.352-355.

DIAS, R.C.; CARNEIRO, G.D.O.P.; CUNHA, N.A.; MELO, C.A.D.; SILVA, G.S.; REIS, M.R. Produtividade e distúrbios fisiológicos da batata influenciados pelo residual de tembotrione no solo. In: Congresso Brasileiro de Fitossanidade, 3, 2015, Águas de Lindóia-SP. **Anais...** Águas de Lindóia-SP: Funep/Unesp, 2015a. p.356- 359.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA), Austria. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance tembotrione. **EFSA Journal**, v.11, n.3 p.3131, 2011.

FARIA, A. T. **Sorção, dessorção, meia-vida e lixiviação do tembotrione em solos com diferentes atributos**. (2016). 87 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Viçosa. 2016.

FELIX, J.; DOOHAN, D.J. Response of five vegetable crops to isoxaflutole soil residues. **Weed Technology**, v.19, n.2, p.391-396, 2005.

FELIX, J.; DOOHAN, D.J.; BRUINS, D. Differential vegetable crop responses to mesotrione soil residues a year after application. **Crop Protection**, v.26, n.9, p.1395-1403, 2007.

FELIX, J.; FENNIMORE, S.A.; RACHUY, J.S. Response of alfalfa, green onion, dry bulb onion, sugar beet, head lettuce, and carrot to imazosulfuron soil residues 2 years after application. **Weed Technology**, v.26, n.4, p.769-776, 2012.

FREITAS, S. D. P.; SEDIYAMA, T.; DA SILVA, A. A. Efeitos de dejetos de suínos na forma líquida e de composto orgânico na atividade do metribuzin. **Planta Daninha**, v.17, n.1, 109 - 117, 1999.

GILREATH, J.P.; SANTOS, B.M.; CHASE, C.A.; LOCASCIO, S.J. Influence of soil fumigation on 2,4-D and dicamba carryover in fresh market tomato. **Crop Protection**, v.25, n.10, p.1095- 1100, 2006.

GHOSHEH, H.Z. Single herbicide treatments for control of broadleaved weeds in onion (*Allium cepa*). **Crop Protection**, v.23, p.539–542, 2004.

GREENLAND, R.G. Injury to vegetable crops from herbicides applied in previous years 1. **Weed Technology**, v.17, n.1, p.73-78, 2003.

HAWKES, T. R. 2007. Hydroxyphenylpyruvate Dioxygenase (HPPD) – the herbicide target Modern Crop Protection Compounds, Eds.: Krämer, W. and Schirmer, U., Wiley-VCH, Weinheim, Germany, Chapter 4.2, pp. 211-220.

HUERTAS-PÉREZ, J. F.; DEL OLMO IRUELA, M.; GARCÍA-CAMPAÑA, A. M.; GONZÁLEZ-CASADO, A.; SÁNCHEZ-NAVARRO, A. Determination of the herbicide metribuzin and its major conversion products in oil by micellar electrokinetic chromatography. **Journal of Chromatography A**, v.1102, p.280-286, 2006.

JENKS, B. M.; ROETH, F. W.; MARTIN, A. R. Influence of surface and subsurface soil properties on atrazine sorption and degradation. **Weed Science**, v. 46, p. 132-138, 1998.

JENSEN, K.; IVANY, J.; KIMBALL, E. Effect of canopy and incorporation on metribuzin persistence in soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v.69, p.711-714, 1989.

JOHNSON, D. H e TALBERT, R. E. Imazaquin, chlorimuron, and fomesafen may injure rotational vegetables and subflower (*Helianthus annuus*). **Weed Technology**, v.7, p.573–577, 1993.

LACERDA, Y.E.R. **Produção e qualidade de cenouras e de beterrabas com aplicação de fertilizantes orgânicos**. Campina Grande, 2014, 50f. Dissertação (em Ciências Agrárias) Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba.

MAYER, F.A. **Produção e qualidade biológica e química de diferentes vermicompostos para a produção de cenouras rumo à sustentabilidade dos agroecossistemas**. Pelotas, 2009, 64 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção Agrícola) Programa de Pós-graduação em Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas.

MEHMOOD, T.; KHOKHAR, K. M.; SHAKEEL, M. Integrated weed management practices in garlic crop in Pakistan. **Crop Protection**, v.26, nº 7, p.1031–1035, 2007.

MOHAMED, E.S.; NOURAI, A.H. Chemical Weed Control in Garlic (*Allium sativum* L.). **Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n.1, p. 40- 51, 1997.

MOYER, J.R.; ESAU, R.; BOSWALL, A.L. Effects of quinclorac on following rotational crops. **Weed Technology**, v.13, n.3, p.548-553, 1999.

OLIVEIRA, M. F E BRINGHENTI, A. M. 2011. Comportamento dos herbicidas no ambiente. IN: Oliveira Junior, R. S., Constantin, J., Inoue, M. H. (Eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: Oliveira Júnior, R. S.; Constantin, J. (coord.). Plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: Agropecuária, 2001. p.209-260.

O'SULLIVAN, J.; THOMAS, R.J.; BOUW, W.J. Yield and injury effects on vegetable crops planted in flumetsulam-treated soil. **Canadian Journal of Plant Science**, v.79, n.3, p.417-420, 1999.

PEKAREK, R. A.; GARVEY, P. V.; MONKS, D. W.; JENNINGS, K. M.; MACRAE A. W. Sulfentrazone carryover to vegetables and cotton. **Weed Technology**, v.24, p.20–24, 2010.

PUSINO, A.; LIU, W.; GESSA, C. Influence of organic matter and its clay complexes on metolachlor adsorption on soil. **Pesticide Science**, v.36, p.283-286, 1992.

QASEM, J. R. Chemical weed control in garlic (*Allium sativum* L.) in Jordan. **Crop Protection**, v.15, n.1, p.21-26, 1996.

QASEM, J. R. Chemical weed control in seedbed sown onion (*Allium cepa* L.). **Crop Protection**, v.25, p.618–622, 2006.

QUEIROZ M.E.C.; LANÇAS, F.M. HRGC Study of sorption and desorption of atrazine, ametryn and metolachlor on Brazilian Soils. **Journal Brazilian Chemical Society**, v.8, p.1-6, 1997.

- RAHMAN, U. H.; KHATTAK, A. M.; SADIQ, M.; ULLAH, K.; JAVERIA, S.; ULLAH, I. Influence of different weed management practices on yield of garlic crop. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 28, n. 2, p. 213-218, 2012.
- RIDDLE, R.N.; O’SULLIVAN, J.; SWANTON, C.J.; ACKER, R.C.V. Crop response to carryover of mesotrione residues in the field. **Weed Technology**, v.27, n.1, p.92-100, 2013.
- REINHARDT, C. F.; NEL, P. C. Variable tolerance of some crop species to atrazine in various soils. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 10, p. 183-187, 1993.
- ROBINSON, D.E.; SOLTANI N.; SIKKEMA, P.H. Response of Four Market Classes of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris*) to Foramsulfuron, Isoxaflutole, and Isoxaflutole plus Atrazine Applied in Previous Years. **Weed Technology**, v.20, n.3, p.558-563, 2006.
- ROBINSON, D. E. Atrazine accentuates carryover injury from mesotrione in vegetable crops. **Weed Technology**, v.22, n.4, p.641-645, 2008.
- ROBINSON, D. E e MCNAUGHTON, K. E. Saflufenacil Carryover Injury Varies among Rotational Crops. **Weed Technology**, v.26, p.177–182, 2012.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas. 6, ed. Londrina: IAPAR, 2011. 697p.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.
- SHAROM, M. S.; STEPHENSON, G. C. Behaviour and fate of metribuzin in eight Ontario soils. **Weed Science**, v.24, p.153-160, 1976.
- SOLTANI, N.; SIKKEMA, P. H.; ROBINSON D. E. Effect of foramsulfuron and isoxaflutole residues on rotational vegetable crops. **Horticultural Science**, v.40, p.620–622, 2005.

SOUSA, C. P.; BACARIN, M. A.; PINTO, J. J. O. Crescimento de espécies bioindicadoras do residual do herbicida (imazethapyr+imazapic), semeadas em rotação com arroz Clearfield®. **Planta Daninha**, v.30, n.1, p.105- 111, 2012.

SUTTON, P.; RICHARDS, C.; BUREN, L.; GLASGOW, L. Activity of mesotrione on resistant weeds in maize. **Pest Management Science**, v.58, n.1, p.981-984, 2002.

TABER, H. G e LAWSON, V. Residual Effects of Callisto, Impact, and Laudis Herbicide on Cucumber, Pepper, Snap Bean, and Tomato. **Iowa State Research Farm Progress Reports**, paper 379, 2009.

TARARA, G.; FLIEGE, R.; KLEY, C.; PETERS, B. Environmental fate of tembotrione. **Bayer CropScience Journal**, v.62, n. p.63-78, 2009.

TUNKU, P.; LAGOKE, T. O.; ISHAYA, B. Evaluation of herbicides for weed control in irrigated garlic (*Allium sativum* L.) at Samaru, Nigeria. **Crop Protection**, v.26, p.642–646, 2007.

VIVIAN, R.; QUEIROZ, M.E.L.R.; JAKELAITIS, A.; GUIMARÃES, A.A.; REIS, M.R.; CARNEIRO, P.M.; SILVA, A.A. Persistência e lixiviação de ametryn e trifloxysulfuron-sodium em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 111-124, 2007.

WALPERES, K. C.; REIS, M. R.; CARNEIRO, G. D. O. P.; ROCHA, B. H.; DIAS, R. C.; MELO, C. A. D.; GONÇALVES, C. G. Residual effect of metribuzin in the soil on the growth of garlic, onion and beans. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.14, n.1, p.64-72, 2015.

WEBER, J. B.; WEED, S. B.; WARD, T. M. Adsorption of s-triazines by soil organic matter. **Weed Science**, v. 17, p. 417-420, 1969.

WICHERT, R.; TOWNSON, J. K.; BARTLETT, D. W.; FOXON G. A. Technical review of mesotrione, a new maize herbicide. **The BCPC Conference - Weeds**, v.1, n.1, p.105–110, 1999.

2. EFEITO RESIDUAL DO TEMBOTRIONE E DO ATRAZINE NA CULTURA DA CENOURA EM UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO

2.1. RESUMO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é cultivada durante todo o ano em diversas regiões do Brasil em rotação ou sucessão à outras culturas. O efeito residual de herbicidas, no cultivo desta olerícola tem se tornado preocupante, devido à possibilidade de ocorrência de *carryover*. Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de resíduos de tembotrione e atrazine isolados e em mistura na cultura da cenoura em sucessão ao milho. O experimento foi delineado em blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se de tembotrione (50,4 g ha⁻¹), tembotrione (100,8 g ha⁻¹), tembotrione + atrazine (50,4 g ha⁻¹ + 2000 g ha⁻¹), tembotrione + atrazine (100,8 g ha⁻¹ + 2000 g ha⁻¹) e atrazine (2000 g ha⁻¹) aplicados oito meses antes da semeadura da cenoura e o controle sem aplicação de herbicidas. As características avaliadas foram matéria seca da parte aérea, produtividade total e a produção econômica nas diferentes classes de raízes de cenoura. Conclui-se que para as condições testadas, onde houve aplicação de atrazine e tembotrione (100,8 g ha⁻¹) isoladamente, diminuição da matéria seca da parte aérea das plantas de cenoura e menor produtividade comercial de raízes de cenoura, quando cultivada em solo com histórico de aplicação da mistura atrazine + tembotrione (100,8 g ha⁻¹).

Palavras-chave: herbicida, plantas daninhas, *Daucus carota* L.

RESIDUAL EFFECT OF TEMBOTRIONE AND ATRAZINE IN CULTURE OF THE CARROT ON A YELLOW RED LATOSOL

ABSTRACT

The carrot (*Daucus carota* L.) is cultivated throughout the year in several regions of Brazil in rotation or succession to other crops. The residual effect of herbicides on the cultivation of this olerícola has become worrisome due to the possibility of carryover occurrence. In this way, the objective of this study was to evaluate the effect of residues of tembotrione and atrazine isolated and mixed in the carrot crop in succession to corn. The experiment was designed in a randomized block design with five replicates. The treatments consisted of

tembotrione (50.4 g ha^{-1}), tembotrione (100.8 g ha^{-1}), tembotrione + atrazine ($50.4 \text{ g ha}^{-1} + 2000 \text{ g ha}^{-1}$), tembotrione + atrazine ($100.8 \text{ g ha}^{-1} + 2000 \text{ g ha}^{-1}$) and atrazine (2000 g ha^{-1}) applied eight months before sowing the carrot and control without herbicide application. The evaluated characteristics were shoot dry matter, total productivity and economic production in the different classes of carrot roots. It is concluded that for the tested conditions, where the application of atrazine and tembotrione (100.8 g ha^{-1}) is observed, reduction of the dry matter of the aerial part of the carrot plants and lower commercial yield of carrot roots when grown in Soil with application history of the atrazine + tembotrione blend (100.8 g ha^{-1}).

Keywords: Herbicide, weeds, *Daucus carota* L.

2.2. INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é uma espécie olerícola cultivada durante todo o ano em diversas regiões do Brasil. Tem sido a principal fonte de renda de diversos produtores devido ao alto valor agregado, mesmo quando cultivada em rotação ou sucessão com outras espécies. Neste aspecto, tem aumentado a preocupação sobre os efeitos de práticas adotadas anteriormente em outras culturas sobre a cenoura, como o controle químico de plantas daninhas.

O uso de herbicidas com efeito residual no solo tem constituído prática fundamental para o controle de plantas daninhas em diversas culturas, sobretudo nas que tem longo período crítico de prevenção da interferência (Pires et al., 2003). Todavia, quando o efeito residual ultrapassa o ciclo de cultivo da cultura pode ocasionar problemas de intoxicação de espécies cultivadas em sucessão, sendo esse fenômeno denominado *carryover* (Helling, 2005; Inoue et al., 2008; Yu et al.; 2015). A intoxicação muitas vezes não é visível, mas pode resultar em menor crescimento e produtividade das culturas, mesmo em situações de baixas concentrações do herbicida no solo (Robson et al., 2012).

O tembotrione e o atrazine são herbicidas utilizados isoladamente e em mistura em tanque para o controle de plantas daninhas na cultura do milho (AGROFIT, 2017). O tembotrione age na inibição da síntese de carotenoides, enquanto o atrazine inibe o fluxo de elétrons do fotossistema II (PPDB, 2015). Apesar de serem utilizados em mistura há muitos

anos, são escassas as informações sobre a persistência desses herbicidas no solo e seus efeitos sobre outras culturas.

A redução do crescimento e produtividade de espécies olerícolas causadas por resíduos de herbicidas no solo foi relatada em diversas pesquisas (Soltani et al., 2005; Robson et al., 2006; Robinson, 2008). Porém, são poucos os estudos sobre este tipo de problema no Brasil, o que tem ocasionado dúvidas quanto ao intervalo de segurança para plantio de uma cultura após o cultivo de outra.

Nos EUA, resíduos de mesotrione, de mesmo mecanismo de ação do tembotrione, reduziu a produtividade da cenoura doze meses após sua aplicação e a adição do atrazine aumentou as injúrias (Robinson, 2008).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de resíduos de tembotrione e atrazine aplicados na cultura do milho sobre o crescimento e produtividade da cenoura, cultivada em sucessão.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o período de novembro de 2013 a dezembro de 2014 na estação experimental da UFV Campus de Rio Paranaíba, Minas Gerais. A área experimental foi cultivada com milho (DKB-390 VT PRO II) entre os meses de novembro de 2013 a março de 2014 e permaneceu sem cultivo até a semeadura da cenoura, em agosto de 2014. A média de temperatura durante o experimento foi de 22,21 °C de precipitação pluvial de 121,95mm (Figura 1). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa e os atributos químicos (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultado de análises físico-químicas da amostra de Latossolo Vermelho distroférrico, textura argilosa, utilizada no experimento. Rio Paranaíba - MG, 2013.

pH		Al³⁺	H⁺+Al³⁺	Mg²⁺	Ca²⁺	K⁺
(H₂O)		(cmol_c dm⁻³)				
5,5		0,00	4,3	0,5	1,7	0,29
M.O.	P	CTC	V	Areia	Silte	Argila
(dag dm⁻³)	(mg dm⁻³)	(cmol_c dm⁻³)	(%)	(dag kg⁻¹)		
2,90	2,8	8,35	0,00	32,90	11,70	55,40

Extratores: pH - H₂O; P e K - Mehlich 1; Ca, Mg, Al - KCl 1 mol L⁻¹; H⁺+Al - Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹

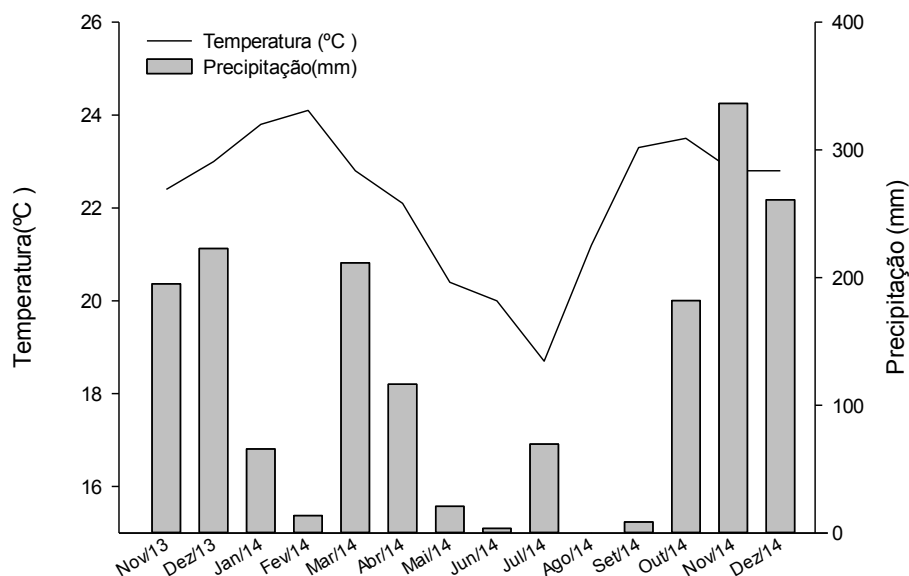


Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura média no período de novembro de 2013 a dezembro de 2014. Rio Paranaíba – MG (2014).

A área utilizada para o experimento não tinha histórico de aplicação de herbicidas anteriormente à semeadura de milho. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se das doses de tembotrione ($50,4 \text{ g ha}^{-1}$), tembotrione ($100,8 \text{ g ha}^{-1}$), tembotrione + atrazine ($50,4 \text{ g ha}^{-1} + 2000 \text{ g ha}^{-1}$), tembotrione + atrazine ($100,8 \text{ g ha}^{-1} + 2000 \text{ g ha}^{-1}$), atrazine (2000 g ha^{-1}) aplicados na cultura do milho juntamente com óleo mineral oito meses antes da semeadura da cenoura. A aplicação foi realizada com um pulverizador costal pressurizado com CO_2 a 2 bar, equipado com barra de duas pontas tipo leque 11002 espaçadas de 50 cm, a uma altura de aproximadamente 50 cm em relação ao alvo, e volume de calda equivalente a 200 L ha^{-1} . A testemunha contitui-se de solo sem aplicação de herbicidas.

No preparo do solo, para o plantio da cenoura, foi realizada a subsolagem seguida de gradagem e enxada rotativa. A adubação de plantio foi realizada com 72 kg ha^{-1} de N, 606 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 116 kg ha^{-1} de K_2O , 270 kg ha^{-1} de Ca e 165 kg ha^{-1} de S.

Cada parcela experimental foi constituída de 4 linhas duplas de cenoura de 6 m de comprimento. A parcela útil foi constituída das 2 linhas duplas centrais, excluindo-se 1 m em

cada extremidade. A semeadura da cenoura foi feita oito meses após a aplicação do herbicida no solo, utilizando a cultivar Verano, semeada de forma mecanizada no espaçamento de 10 cm entre plantas e 20 cm entre linhas duplas e 0,07m entre cada linha constituinte da linha dupla, obtendo-se, após desbaste, população final de 550 mil plantas ha⁻¹.

Aos 45 dias após a emergência das culturas foi realizada a adubação de cobertura com 22 kg ha⁻¹ de N e 145 Kg ha⁻¹ de K₂O. O controle das plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais.

A matéria seca da parte aérea da cenoura foi determinada aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência (DAE) da cultura. Para isso, foram coletadas, de forma aleatória, 10 plantas de cada parcela, as quais foram posteriormente secas em estufa com circulação de ar a 65 °C durante 72 horas e, imediatamente pesadas.

A produtividade de raízes foi determinada após 90 DAE por meio da coleta de raízes nas duas linhas duplas centrais de cada parcela. Em seguida, foram classificadas, de acordo com o comprimento das raízes: A1 (de 14 cm a 18 cm), A2 (de 18 cm a 22 cm) e A3 (de 22 cm a 26 cm) (CEAGESP, 2015). A soma das três classes citadas foi considerada como raízes comerciais. Além disso, foram separadas ainda as raízes bifurcadas e descartadas. Posteriormente, todas as raízes foram pesadas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão. As médias quando significativas foram comparadas entre si pelo Tukey a 5% de probabilidade.

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA) da cenoura foi exponencial para todos os tratamentos avaliados (Figura 2). A partir dos 30 dias após a emergência da cenoura (DAE) notou-se rápido incremento de matéria seca, tendendo à estabilização do acúmulo aos 90 DAE.

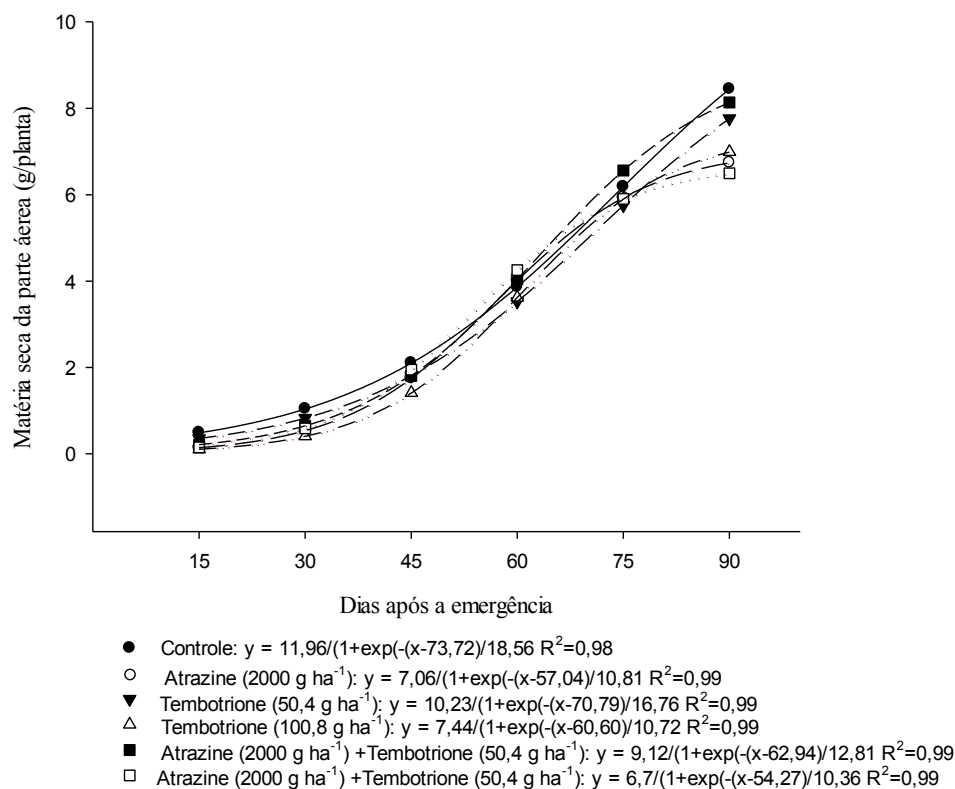


Figura 2. Matéria seca da parte aérea da cenoura em solo com influenciada por resíduos de atrazine e tembotrione aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência.

A MSPA da cenoura não foi alterada pelos herbicidas até aos 15 DAE (Tabela 2). Todavia, os resíduos de atrazine, tembotrione (100,8 g ha⁻¹) e a mistura de atrazine + tembotrione (100,8 g ha⁻¹) reduziram a MSPA da cenoura aos 30 e 45 DAE. Na avaliação aos 90 DAE constatou-se que o atrazine e o tembotrione (100,8 g ha⁻¹) ainda causaram efeitos negativos no acúmulo de MSPA da cultura (Tabela 2).

A simulação do efeito residual da atrazine no crescimento inicial de plantas de cenoura foi avaliada por Furlan et al., 2016, avaliaram subdoses de atrazine no substrato de cultivo sobre o desenvolvimento e produção de cenoura. As plantas de cenoura foram avaliadas quanto à porcentagem e índice de velocidade de emergência (aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação), taxa de mortalidade, perímetro e comprimento de raiz, massa fresca de raiz e massa seca de parte aérea aos 29 e 90 dias após a aplicação (DAA), concluíram que o residual de até 250 g ha⁻¹ de atrazine causou redução na biomassa inicial da cenoura, sem, no entanto, prejudicar sua produção de raízes.

Tabela 2. Matéria seca da parte aérea (g/planta) aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência da cenoura cultivada em solo com histórico de aplicação isolada e em mistura dos herbicidas atrazine e tembotrione.

Tratamento	Dias após a Emergência					
	15	30	45	60	75	90
Testemunha	0,351ns	0,551 a	2,91 a	4,736 a	5,397 b	8,699 a
Atrazine	0,347ns	0,448 c	1,716 b	4,065 a	6,353 b	5,986 b
Tembotrione¹	0,349ns	0,584 a	2,198 a	3,234 b	5,552 b	7,205 a
Tembotrione²	0,353ns	0,451 c	1,697 b	3,115 b	5,673 b	6,114 b
Atrazine+Tembotrione¹	0,353ns	0,593 a	2,176 a	3,467 b	7,648 a	7,357 a
Atrazine+Tembotrione²	0,355ns	0,514 b	1,930 b	4,275 a	5,291 b	7,935 a
CV (%)	1,94	7,69	8,97	13,53	13,63	10,85

* As médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ¹ Tembotrione (50,4 g ha⁻¹); ² Tembotrione (100,8 g ha⁻¹). CV= Coeficiente de variação.

Aos 90 dias a matéria seca da parte aérea da cenoura não foi alterada pela mistura atrazine + tembotrione (Tabela 2). Esses resultados indicam que a mistura não potencializou os efeitos negativos dos resíduos dos herbicidas sobre a cultura. Este resultado difere dos relatados por Robson et al. (2008) para o mesotrione em mistura com o atrazine, herbicida de mesmo mecanismo de ação do tembotrione. Entretanto tais autores trabalharam com solo arenoso e com maior teor de matéria orgânica (M.O), segundo o autor, os altos níveis de M.O no solo foram os responsáveis pelas elevadas injúrias, uma vez que o herbicida é degradado mais lentamente em solo com elevados teores de M.O do que em solos com baixa M.O (Lehmann et al., 1992; Rouchaud et al. 2000).

A produtividade comercial de raízes de cenoura foi reduzida pelos resíduos dos herbicidas no tratamento atrazine + tembotrione (100,8 g ha⁻¹), observou-se produtividade inferior em cerca de 12t /ha em relação a testemunha (Tabela 3). Também verificado por Robinson, et al. (2008), que o atrazine 24 meses após a aplicação no solo, reduziu a produtividade da cenoura. A produção de cenouras descartadas não foi alterada quando a cultura foi cultivada em solo com resíduos dos herbicidas (Tabela 3).

Tabela 3. Produtividade comercial, descarte total e total de cenoura em t/ha cultivada em solo com resíduos dos herbicidas atrazine e tembotrione em aplicações isoladas e em mistura

Tratamento	Comercial	Descarte	Bifurcada	Total
Testemunha	70,136 a	16,248 ab	4,698 ns	91,082 ab
Atrazine	66,142 ab	14,038 ab	5,105 ns	85,285 ab
Tembotrione ¹	66,175 ab	21,992 a	5,665 ns	93,833 a
Tembotrione ²	64,645 ab	12,347 b	2,751 ns	79,745 b
Atrazine + Tembotrione ¹	65,975 ab	20,843 ab	3,790 ns	90,608 ab
Atrazine + Tembotrione ²	58,279 b	18,341 ab	4,325 ns	80,945 ab
CV (%)	5,86	21,72	47	6,51

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. *A1: 14 a 18 cm, **A2: 18 a 22 cm, ***A3: 22 a 26 cm. Descarte: raízes com defeito ou com diâmetro equatorial inferior a 50 mm. 1 Tembotrione (50,4 g ha⁻¹); 2 Tembotrione (100,8 g ha⁻¹). CV= Coeficiente de variação.

A produtividade total da cenoura não foi alterada pelos resíduos de tembotrione no solo, independente da dose, e pela mistura do atrazine com tembotrione (100,8 g ha⁻¹). Embora não tenha diferido estatisticamente a produtividade total de cenoura, quando aplicado o tembotrione isolado ou em mistura, foi inferior a 10 t /ha em relação à testemunha (Tabela 3).

Estudos sobre *carryover* de tembotrione em olerícolas são escassos, entretanto, alguns estudos relataram este problema para outros herbicidas com mesmo mecanismo de ação. Nelson e Penner (2005) relataram *carryover* de isoxaflutole (37 g/ha) sobre o feijão, alfafa, cenoura, pepino, feijão preto, cebola, beterraba, e tomate, para , para um solo com 2,4 % de M.O e de textura areno-argilosa.

Foi observado o efeito *carryover* de atrazine e mesotrione isolado e em mistura em brócolis, cenoura, pepino, cebola e batata. O mesotrione isolado causou injúrias de 43, 37, 18, 24, e 0% em brócolis, cenoura, pepino, cebola e batata, respectivamente. Com a aplicação de mesotrione + atrazine, as injúrias foram acentuadas para 55, 53, 30, 42, e de 3% no brócolis, cenoura, pepino, cebola e batata, respectivamente. Também acentuou a redução na matéria seca da parte aérea e rendimento do brócolis, cenoura, pepino e cebola (Robinson, 2008).

O mesmo comportamento foi observado a mistura de atrazine + isoxaflutole, que acentou as injúrias em repolho e beterraba (Soltani et al., 2005) e feijão (Robson et al., 2006).

A aplicação em pré-emergência de isoxaflutole (70 g/ha), herbicida de mecanismo de ação semelhante ao tembotrione, reduziu produtividade de feijão e pimenta e provocou intoxicação em pepino e tomate, um ano após a aplicação no solo (Felix e Doohan, 2005). O mesmo herbicida também inibiu o crescimento da parte aérea e radicular do bioindicador rabanete (Swarcewicz et al., 2002).

Em relação à classificação das raízes comerciais nas classes A1, A2 e A3, os tratamentos que produziram raízes da classe A1 foram tembotrione (50,4 g ha⁻¹), tembotrione (100, 8 g ha⁻¹) e atrazine + tembotrione (50,4 g ha) e todos os tratamentos produziram raízes da classe A2 e A3. Foi observada maior produtividade da classe A3 para o tratamento em que houve aplicação das misturas de atrazine + tembotrione. Sendo que a mistura atrazine + tembotrione (100, 8 g ha⁻¹) produziu 5,02 t/ha superior à classe A2.

Comparando os tratamentos dentro da classe A3, verificou-se para os tratamentos em que foi aplicada previamente a mistura dos herbicidas, produtividade superior a 17 t /ha em relação à testemunha. Este resultado é importante, uma vez que dentre todas as classes analisadas, a A3 tem sido a comercializada por maior valor, seguida da A2 e A1. Desta maneira, resíduos de atrazine e tembotrione (100,8 g ha⁻¹) nas condições testadas podem proporcionar maior retorno econômico.

Tabela 4. Produtividade em t/ha de raiz de cenoura nas classes A1, A2 e A3 cultivada em solo com resíduos dos herbicidas atrazine e tembotrione em aplicações isoladas e em mistura

Tratamento	Classe A1	Classe A2	Classe A3
Testemunha	0	55,331	14,804
Atrazine	0	39,377	23,264
Tembotrione ¹	10,768	34,498	18,818
Tembotrione ²	10,328	29,903	24,415
Atrazine + Tembotrione ¹	4900,44	30,944	31,733
Atrazine + Tembotrione ²	0	26,631	31,647

A1: 14 a 18 cm, A2: 18 a 22 cm, A3: 22 a 26 cm.¹ Tembotrione (50,4 g ha⁻¹); ² Tembotrione (100,8 g ha⁻¹).

O aumento das cenouras classificadas como A3 pode ser em consequência dos resíduos de herbicidas do grupo das triazinas. As plantas de cenoura sofrem um estresse na parte aérea devido a resíduos do atrazine, e por consequência, possivelmente realocam fotoassimilados para o sistema radicular, e, estando esse em crescimento axial, há um alongamento das raízes de cenoura como observado em pepino por Lay e Ilnick (1974).

Conclui-se que para as condições testadas, onde houve aplicação de atrazine e tembotrione (100,8 g ha⁻¹) isoladamente, diminuição da matéria seca da parte aérea das plantas de cenoura e menor produtividade comercial de raízes de cenoura, quando cultivada em solo com histórico de aplicação da mistura atrazine + tembotrione (100,8 g ha⁻¹). Conclui-se ainda que a aplicação prévia da mistura de atrazine e tembotrione leva a maior produção de raízes comerciais da classe A3, para as doses avaliadas e para o solo em estudo.

2.5. REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em:
http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 01 /05/2017
- CEAGESP - COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Classificação de Cenoura**. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/cenoura.pdf>. Acesso em: 30/01/2016
- FELIX, J.; DOOHAN, D. J. Response of five vegetables crops to isoxaflutole soil residues. **Weed Technology**, v. 19, n. 1, p. 391-396, 2005.
- FULAN, R.; MARTINS, J. F.; DOS SANTOS, J. I.; ALVES, P. L. EFEITO RESIDUAL DA ATRAZINE EM CENOURA. **Horticultura Brasileira**, v.34, n.4, p. 584-587, 2016.
- HELLING, C. S; ACKER, V. R. C. The science of soil residual herbicides. In: **Canadian Weed Science Society-Société canadienne de malherbologie meeting symposium: Soil residual herbicides: Science and management**, Winnipeg, Canada, November 2004. Canadian Weed Science Society, 2005. p. 3-22.
- INOUE, M. H.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; ALONSO, D. G.; SANTANA, D. C. Lixiviação e degradação de diuron em dois solos de textura contrastante. **Acta Sciece**, v. 30, n. 5, p. 631-638, 2008.

LAY, M. M.; ILNICKI, R. D. The residual activity of metribuzin in soil. **Weed Research**. v.14, p. 289-91, 1974.

LEHMANN, R. G; J. R. MILLER, D. D. FONTAINE.; D. A. LASKOWSKI, J. H. HUNTER.; AND R. C. CORDES. Degradation of a sulphonamide herbicide as a function of soil sorption. **Weed Research**, v. 32, p.197-205, 1992.

NELSON, E. A.; PENNER D. Sensitivity of Selected Crops to Isoxaflutole in Soil and Irrigation Water. **Weed Technology**, v.19, nº.3, p.659-663. 2005.

PIRES, F.; SOUZA, C.; SILVA, A.; PROCÓPIO, S.; FERREIRA, L. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.335-341, 2003.

PPDB PESTICIDE Properties Data Base University of Hertfordshire. Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/469.htm>>. Acesso: 15/07/2015.

ROBINSON, D. E.; SOLTANI N.; SIKKEMA, P. H. Response of Four Market Classes of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris*) to Foramsulfuron, Isoxaflutole, and Isoxaflutole plus Atrazine Applied in Previous Years. **Weed Technology**, v.20, n.3, p.558-563, 2006.

ROBINSON, D. E. Atrazine accentuates carryover injury from mesotrione in vegetable crops. **Weed Technology**, v.22, n.4, p.641-645, 2008.

ROBINSON, D. E.; MC NAUGHTON K. E. Saflufenacil Carryover Injury Varies among Rotational Crops. **Weed Technology**, v.26, n. 2, pp. 177-182, 2012.

ROUCHAUD, J.; O. NEUS, K. COOLS.; R, BULCKE. Dissipation of the triketone mesotrione herbicide in the soil of corn crops grown on different soil types. **Toxicological & Environmental Chemistry**, v.77, p.31–40, 2000.

SOLTANI, N.; SIKKEMA, P. H.; ROBINSON D. E. Effect of foramsulfuron and isoxaflutole residues on rotational vegetable crops. **Horticultural Science**, v.40, p.620–622, 2005.

SWARCEWICZ, M. K.; BHOWMIK, P.C.; MITRA S. Plants response to isoxaflutole residues in soil. **Electronic Journal of polish Agricultural Universities**, v.5 n.1, 2002.

YU, L.; VAN EERD, L. L.; O'HALLORAN, I.; SIKKEMA, P. H.; ROBINSON, D.R. Response of four fall-seeded cover crops to residues of selected herbicides. **Crop Protection**, v.75, p.11e17, 2015.

3. EFEITO RESIDUAL DO TEMBOTRIONE E DO ATRAZINE NA CULTURA DA BETERRABA EM UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO

3.1. RESUMO

A beterraba se caracteriza por possuir alta sensibilidade a herbicidas utilizados em grandes culturas. Por esta razão, foi realizado experimento em campo para determinar o efeito residual de atrazine e tembotrione, oito meses após sua aplicação no milho, sobre a cultura da beterraba. Os tratamentos constituíram-se do cultivo da beterraba em solo onde houve a aplicação (oito meses antes do plantio) de tembotrione (50,4 g ha⁻¹), tembotrione (100,8 g ha⁻¹), tembotrione + atrazine (50,4 g ha⁻¹ + 2000 g ha⁻¹), tembotrione + atrazine (100,8 g ha⁻¹ + 2000 g ha⁻¹), atrazine (2000 g ha⁻¹) e solo sem aplicação de herbicidas. Conclui-se para as condições testadas, menor é o crescimento da parte aérea da beterraba quando cultivada em solo com histórico de aplicação do atrazine e menor produtividade comercial e redução da produtividade classe AA da beterraba para os tratamentos que receberam a aplicação de atrazine, tembotrione (50,4 g ha⁻¹), tembotrione (100,8 g ha⁻¹) e atrazine + tembotrione (100,8 g ha⁻¹).

Palavras-chaves: *Beta vulgaris* L., herbicida, carryover

RESIDUAL EFFECT OF TEMBOTRIONE AND ATRAZINE IN THE BEET CULTURE ON A YELLOW RED LATOSOL

ABSTRACT

Beet is characterized by its high sensitivity to herbicides used in large crops. For this reason, an experiment was carried out in the field to determine the residual effect of atrazine and tembotrione, eight months after its application in corn, on the beet crop. The treatments consisted of the cultivation of beet in soil where atrazine (2000 g ha⁻¹), tembotrione (50.4 g ha⁻¹), tembotrione (100.8 g ha⁻¹), tembotrione + atrazine (50.4 + 2000 g ha⁻¹) and tembotrione + atrazine (100.8 g ha⁻¹ + 2000 g ha⁻¹) and soil without herbicide application. It is concluded that under the conditions tested, lower growth of shoot beet when cultivated in soil with a history of atrazine application and lower commercial productivity and reduction of yield AA class of beet for treatments that received the application of atrazine, tembotrione (50.4 g ha⁻¹), tembotrione (100.8 g ha⁻¹) and atrazine + tembotrione (100.8 g ha⁻¹).

Keywords: *Beta vulgaris* L., herbicide, *carryover*

3.2. INTRODUÇÃO

A rotação e sucessão de culturas são práticas comuns nas propriedades rurais do Brasil e tem como vantagens favorecer a conservação do solo (Bottega et al., 2013), aumentar a eficiência no uso da terra e reduzir as infestações de plantas daninhas (Lamego et al., 2013), e doenças (Reis et al., 2011). Todavia, os manejos realizados em uma cultura podem interferir positiva ou negativamente na cultura sucessora. Neste aspecto, o residual de herbicidas no solo destaca-se como um dos principais problemas desse sistema.

Os herbicidas que apresentam como característica longa persistência no solo podem intoxicar culturas sensíveis semeadas em sucessão, sendo esse fenômeno denominado *carryover* (Mancuso et al., 2011). Essa intoxicação pode não ser visível, no entanto, pode resultar em redução do crescimento e produção das culturas, mesmo em situações de baixas concentrações do herbicida no solo (Robinson, e Mcnaughto, 2012.; Silva et al., 2013).

As olerícolas podem ser cultivadas em sucessão às culturas anuais, como o milho e a soja e outras culturas. Desta maneira, estão sujeitas a intoxicação por resíduos de herbicidas no solo aplicados nas culturas antecessoras. No entanto, o período residual dos herbicidas no solo depende do herbicida (Felix e Doohan, 2005), da textura, pH e matéria orgânica do solo (Ismal & Ahmad, 1994), além das interações climáticas.

O tembotrione é um herbicida registrado para a cultura do milho e tem sido utilizado para o controle de plantas daninhas, normalmente, associado ao atrazine (AGROFIT, 2017). Apesar de não haver informações sobre *carryover* de tembotrione à culturas sucessoras, existem relatos de *carryover* de clomazone, isoxaflutole e mesotrione, do mesmo mecanismo de ação, sobre a beterraba (Havens, 1997; Soltani et al., 2005; Robinson, 2008; Riddle, et al., 2013).

Em solos de regiões de clima temperado, estima-se que a meia-vida desse herbicida seja em média de 127 dias. Pesquisas em condições de laboratório indicam que o tembotrione tem elevada mobilidade no solo, uma vez que ele apresenta caráter ácido, além disso estudos de degradação do tembotrione no solo indicam que o período para a dissipação de 90% (DT90) do mesmo exceda 105 dias (EFSA, 2011). Entretanto são escassas pesquisas sobre a persistência deste herbicida em clima tropical. No Brasil é recomendando respeitar-se o prazo de 30 dias para semeadura das culturas de girassol, algodão e feijão, em áreas que receberam aplicações deste herbicida (AGROFIT, 2017).

O atrazine também é recomendado para a cultura do milho (AGROFIT, 2017), sendo que os resíduos provenientes do uso deste herbicida podem prejudicar determinadas culturas suscetíveis (USDA, 2015). Culturas como alho, cebola, batata e cenoura tiveram perdas de produtividade mesmo dois anos após a aplicação do atrazine (Robinson, 2008).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o crescimento e produtividade da beterraba cultivada, oito meses após a aplicação dos herbicidas atrazine e tembotrione na cultura do milho.

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o período de novembro de 2013 a dezembro de 2014 em campo na estação experimental da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, Minas Gerais. Antes da semeadura da beterraba, a área experimental foi cultivada com milho (DKB-390 VT PRO II) entre os meses de novembro de 2013 a março de 2014 e com batata (Ágata) entre abril e julho de 2014.

A área não tinha histórico de aplicação de herbicidas anteriormente à semeadura de milho. No cultivo de batata a área foi submetida a capinas e não houve uso de herbicidas. A média de temperatura durante o experimento foi de 22,21 °C de precipitação pluvial de 121,95mm (Figura 1). Os atributos químicos e granulométricos do solo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado de análises físico-químicas da amostra de Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa, utilizada no experimento. Rio Paranaíba - MG, 2013.

pH		Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺
(H ₂ O)		(cmol _c dm ⁻³)				
6,00		0,00	3,50	4,60	3,60	1,00
M.O.	P	CTC	V	Areia	Silte	Argila
(dag dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)	(%)	(dag kg ⁻¹)		
2,40	13,90	8,37	58,00	32,90	11,70	55,40

Extratores: pH - H₂O; P e K - Mehlich 1; Ca, Mg, Al - KCl 1 mol L⁻¹; H+Al - Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹.

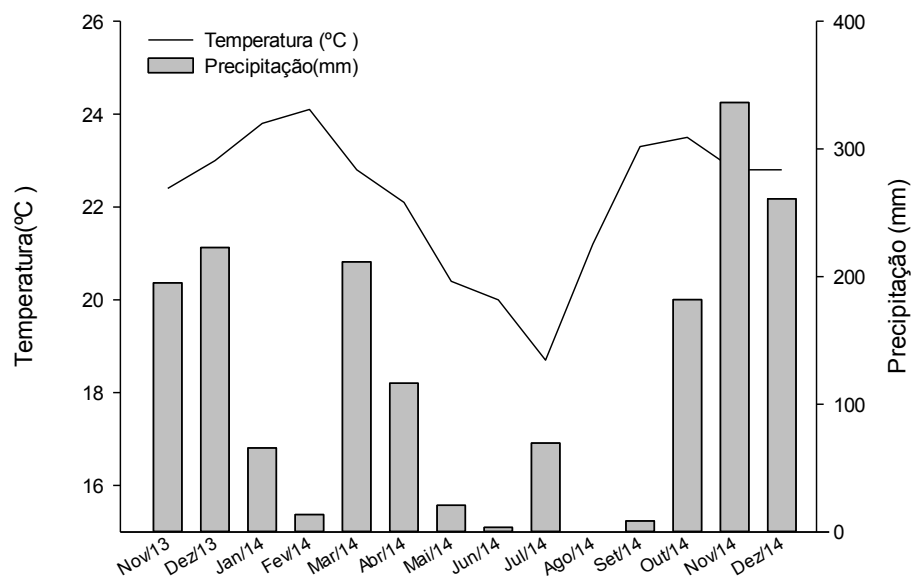


Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura média no período de novembro de 2013 a dezembro de 2014. Rio Paranaíba – MG (2014).

Os tratamentos constituíram-se do cultivo da beterraba em solo oito meses após a aplicação de tembotrione ($50,4 \text{ g ha}^{-1}$), tembotrione ($100,8 \text{ g ha}^{-1}$), tembotrione + atrazine ($50,4 \text{ g ha}^{-1} + 2000 \text{ g ha}^{-1}$), tembotrione + atrazine ($100,8 \text{ g ha}^{-1} + 2000 \text{ g ha}^{-1}$), atrazine (2000 g ha^{-1}) em pós-emergência e em mistura com óleo mineral e solo sem aplicação de herbicidas, durante o cultivo do milho. A aplicação foi realizada com um pulverizador costal pressurizado com CO_2 a 2 bar, equipado com barra de duas pontas tipo leque 11002 espaçadas de 50 cm, a uma altura de aproximadamente 50 cm em relação ao alvo, e volume de calda equivalente a 200 L ha^{-1} .

Antes da semeadura da beterraba, o solo foi preparado realizando a subsolagem seguida de gradagem e enxada rotativa. A adubação de plantio foi realizada com 800 kg ha^{-1} de MAP, 200 kg ha^{-1} de KCl e 1500 kg ha^{-1} de superfosfato simples.

Cada parcela experimental foi constituída de 4 linhas duplas de beterraba de 15 m de comprimento, totalizando $26,25 \text{ m}^2$. A parcela útil era constituída das 2 linhas duplas centrais excluindo-se 2,5 m em cada extremidade. A cultivar de beterraba (Boro) foi semeada no espaçamento de 10 cm entre plantas e 20 cm entre linhas duplas de forma mecanizada, obtendo-se, após desbaste, população final de 400 mil plantas.

Aos 45 dias após a emergência das plantas foi realizada a adubação de cobertura com 50 kg ha⁻¹ de ureia e 250 Kg ha⁻¹ de KCl. O controle das plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais.

A matéria seca da parte aérea das plantas de beterraba foi determinada aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE). Para isso, foram coletadas, de forma aleatória, 10 plantas de cada parcela, as quais foram posteriormente secas em estufa com circulação de ar a 65 °C durante 72 horas e, imediatamente após, pesadas em balança analítica.

A produtividade de raízes foi determinada após 75 dias após a emergência (DAE). Foram coletadas todas as raízes nas duas linhas duplas centrais na área útil de cada parcela. As mesmas foram separadas em raízes comerciais e não comerciais (descarte). Em seguida, para as raízes comerciais, foi feita a classificação de acordo com o diâmetro equatorial das raízes: extra AA (maior ou igual a 90 mm e menor que 120 mm); extra A (maior ou igual a 50mm e menor que 90); extra (menor que 50 mm) (CEAGESP, 2014). Posteriormente as raízes comerciais e as descartadas foram pesadas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão. As médias quando significativas foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de matéria seca da parte área da beterraba, durante o período de cultivo, apresentou crescimento exponencial para todos os tratamentos, sendo crescente até 45 dias e com tendência a estabilização após este período (Figura 2). Para a beterraba cultivada no solo sem aplicação de herbicida, foi observado maior acúmulo de matéria seca da parte aérea em detrimento aos demais tratamentos. Constatou-se menor crescimento da parte aérea da beterraba quando cultivada em solo com histórico de aplicação do atrazine, o que foi constatado também pelo teste de média (Tabela 2).

A redução na matéria seca e fresca de raiz e ainda, nanismo, a deformação, o escurecimento das folhas, mesmo quando utilizadas baixas doses de atrazine, também foi relatada por Demircioğlu (2007).

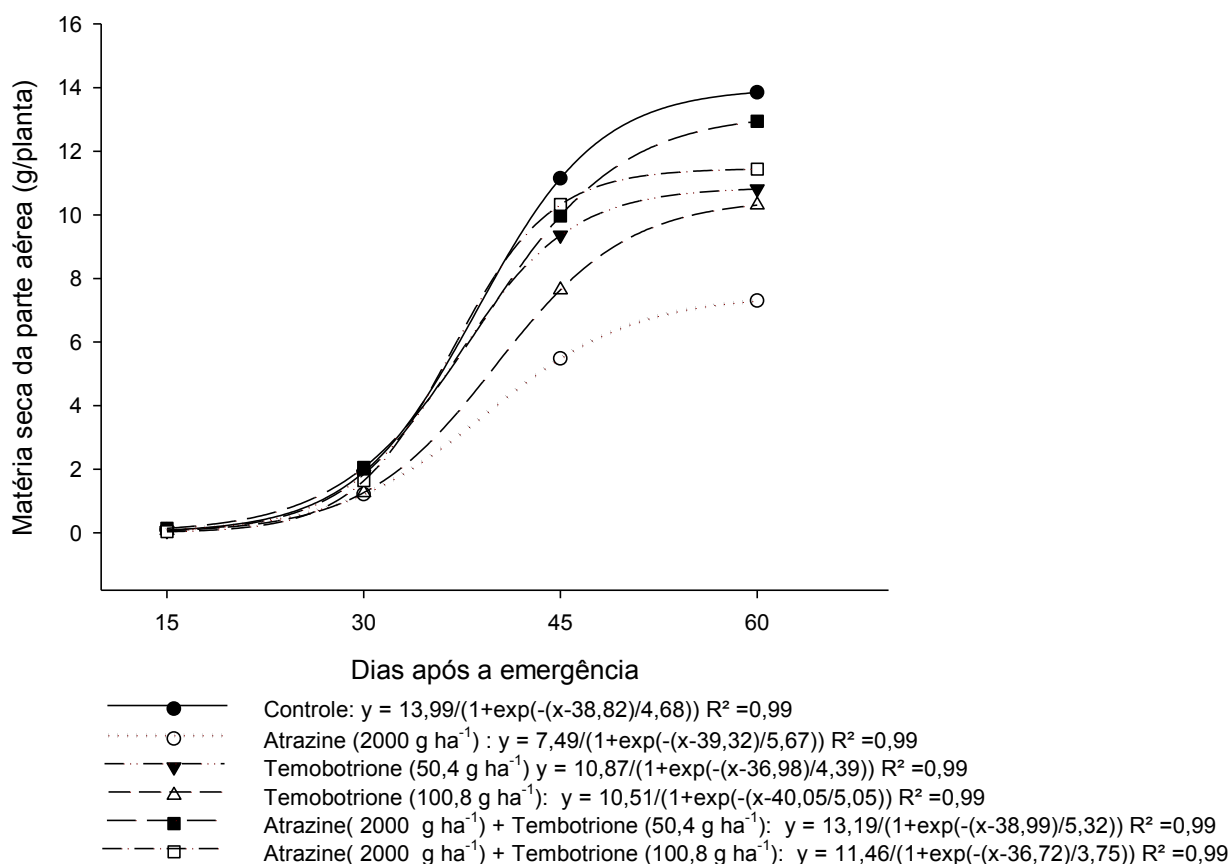


Figura 1. Matéria seca da parte aérea da beterraba cultivada em solo com histórico de aplicação dos herbicidas atrazine e tembotrione, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência da cultura.

O atrazine aplicado isolado reduziu o acúmulo de matéria seca da parte aérea da beterraba em comparação com a testemunha, em todas as avaliações realizadas (Tabela 2). Essa redução foi superior a 47% aos 60 dias após a emergência da cultura.

Em experimentos conduzidos em casa de vegetação já relataram o efeito residual dos herbicidas atrazine e tembotrione, isolados ou em mistura, sobre o crescimento inicial da beterraba. Os tratamentos consistiram de seis doses correspondentes a 0, 10, 20, 30, 40 e 50% da dose recomendada. As avaliações realizadas foram: intoxicação das plantas, matéria seca da parte aérea e índice SPAD. O atrazine e tembotrione provocaram efeito negativo sobre o crescimento inicial da beterraba, apresentando redução nos valores de matéria seca da parte aérea e do índice SPAD, bem como aumento da intoxicação com o incremento das doses. Quando os herbicidas foram aplicados em mistura o efeito foi potencializado, causando a morte das plantas nas doses de 40 e 50% (França, et al., 2016).

Tabela 2. Matéria seca da parte aérea (g/planta) aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência de beterraba cultivada em solo com histórico de aplicação isolada e em mistura dos herbicidas atrazine e tembotrione.

Tratamento	Dias Após a Emergência			
	15	30	45	60
Testemunha	0,42 ab*	1,81 ab	11,05 a	13,83 a
Atrazine	0,38 c	1,15 c	5,50 b	7,29 b
Tembotrione ¹	0,41 bc	1,80 ab	9,38 ab	10,80 ab
Tembotrione ²	0,39 bc	1,22 bc	7,65 ab	10,30 ab
Atrazine + Tembotrione ¹	0,43 ab	2,01 a	9,98 a	12,93 a
Atrazine + Tembotrione ²	0,45 a	1,61 abc	10,34 a	11,42 a
CV(%)				

*As médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ¹ Tembotrione (50,4 g ha⁻¹); ² Tembotrione (100,8 g ha⁻¹). CV= coeficiente de variação.

A produtividade comercial da beterraba foi menor que a testemunha para os tratamentos que receberam a aplicação de atrazine, tembotrione (50,4 g ha⁻¹), tembotrione (100,8 g ha⁻¹) e atrazine + tembotrione (100,8 g ha⁻¹), sendo observada respectivamente reduções de produtividade em relação à testemunha cerca de 6, 5, 8 e 5 t ha⁻¹ (Tabela 3). A queda de produtividade foi superior a 23% para todos os tratamentos, com exceção da mistura atrazine + tembotrione (50,4 g ha⁻¹). Esses resultados influenciaram diretamente na produtividade total da beterraba. Ainda em relação à produtividade comercial, embora não tenha sido verificada diferença significativa entre o tratamento atrazine + tembotrione (50,4 g ha⁻¹), a produtividade para este tratamento foi cerca de 2 t /ha menor que a testemunha.

Resultados semelhantes foram encontrados para outras hortaliças, em que culturas como alho, cebola, batata e cenoura tiveram perdas de produtividade, mesmo dois anos após a aplicação do atrazine no cultivo de culturas antecessoras (Robinson, 2008).

Em relação à classificação das raízes comerciais, a produtividade de beterraba da classe A não alterada foi pelos resíduos dos herbicidas no solo (Tabela 3). Todavia, resíduos de atrazine e tembotrione oriundos de aplicação isolada e da mistura atrazine + tembotrione

(100,8 g ha⁻¹) causaram a redução da produtividade classe AA da beterraba, notadamente a classe de maior produção.

Embora sejam escassos trabalhos sobre o efeito do tembotrione sobre a produção de raízes de beterraba, para herbicidas de mecanimos de ação semelhante isso já foi relatado. Soltani et al (2005) verificaram que redução de matéria seca de raízes de beterraba cultivada em solo onde houve a aplicação prévia do herbicida, mesmo sendo cultivada um ano após a aplicação do mesmo. No mesmo trabalho a mistura de isoxaflutole ao atrazine acentou a diminuição da matéria seca. No presente trabalho a mistura não acentuou a perda.

Tabela 3. Produtividade de raízes de beterraba (t ha⁻¹), por classe de comercialização, cultivada em solo com histórico de aplicação isolada e em mistura dos herbicidas atrazine e tembotrione

Tratamento	Classe A	Classe AA	Comercial	Descarte	Total
Testemunha	8,348 a*	20,403 a	28,752 a	4,59 a	33,005 a
Atrazine	7,095 a	15,318 b	22,413 b	4,35 b	24,706 b
Tembotrione ¹	7,622 a	15,603 b	23,225 b	4,52 a	26,677 b
Tembotrione ²	6,956 a	13,663 b	20,617 b	4,38 b	23,087 b
Atrazine + Tembotrione ¹	7,758 a	18,968 a	26,726 a	4,59 a	30,868 a
Atrazine + Tembotrione ²	8,067 a	15,510 b	23,577 b	4,39 b	26,133 b

*As médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (CEAGESP). ¹ Tembotrione (50,4 g ha⁻¹); ² Tembotrione (100,8 g ha⁻¹).

Nas regiões produtoras de beterraba, onde foi conduzido o experimento, especulava-se que os resíduos de herbicidas testados pudessem aumentar a quantidade de raízes de beterraba descartadas devido ao menor diâmetro das mesmas. No entanto, foi observado que alguns herbicidas não influenciaram a produção de raízes descartadas, sendo que nos casos de resíduos de atrazine, tembotrione (50,4 g ha⁻¹) e atrazine + tembotrione (50,4 g ha⁻¹) houve redução do descarte (Tabela 2). Nas condições avaliadas neste trabalho conclui-se que o uso destes herbicidas, não aumentam a quantidade de raízes descartadas em relação a testemunha, contudo, a redução do peso das raízes, principalmente da classe AA.

Resultados semelhantes foram encontrados por Nelson & Penner (2005) na aplicação de sub-doses de isoxaflutole, em pré-emergência e na água de irrigação sobre feijão, alfafa, cenoura, pepino, feijão preto, cebola, beterraba, e tomate, mesmo utilizando substancialmente menores doses do que as doses utilizadas no controle de plantas daninhas na cultura do milho.

Por outro lado, a aplicação de clomazone, que apresenta mecanismo de ação semelhante ao tembotrione, nas doses de 1100 g ha⁻¹ ou 2200 g ha⁻¹ não reduziu o rendimento das beterrabas plantadas 1 ou 2 anos após a aplicação (Renner et al, 1991).

São escassos trabalhos sobre *carryover* do tembotrione na beterraba. Entretanto, algumas pesquisas demonstraram que a cultura é sensível ao herbicida, sendo utilizada como indicadora de resíduos de tembotrione no solo (Blanco e Caetano, 2008; Blanco, 2010). Vale ressaltar que o tembotrione é um herbicida com caráter ácido fraco e que, no valor de pH do solo estudado tende a menor sorção nas argilas deste tipo de solo, desta maneira estaria mais disponível a perdas por lixiviação. Todavia, em alguns casos não há correlações entre a sorção do herbicida e as concentrações de argila, porque as características químicas das argilas dependem do material de origem do solo e do grau de intemperismo deste, o que pode variar muito em condições tropicais (Lindsay, 2001).

Conclui-se para as condições testadas, menor é o crescimento da parte aérea da beterraba quando cultivada em solo com histórico de aplicação do atrazine e menor produtividade comercial e redução da produtividade classe AA da beterraba para os tratamentos que receberam a aplicação de atrazine, tembotrione (50,4 g ha⁻¹), tembotrione (100,8 g ha⁻¹) e atrazine + tembotrione (100,8 g ha⁻¹).

3.5. REFERÊNCIAS

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em:

http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 01 /05/2017

BLANCO, F. M. G.; CAETANO, G. A. Persistência no solo do herbicida tembotrione aplicado na cultura do milho. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 27º Londrina, 2008.

BLANCO, F. M. G. Persistência no solo, em condições de campo, dos herbicidas Tembotrione e Mesotrione aplicados na cultura do milho. In: XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Goiânia, 2010.

BOTTEGA E. L.; QUEIROZ, D. MARÇAL.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica** v. 44.1 p. 1-9, 2013.

CEAGESP. **Ficha da beterraba.** Disponível em: <http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/Beterraba%20ceagesp%20classifica%C3%A7%C3%A3o.pdf> . Acesso: 20 de maio de 2016.

DEMIRCIOĞLU, A. Determination of the phytotoxic effects of some herbicides used on corn to sugar beet. (2007).

DIAS, R. C.; CARNEIRO, G. D. O. P.; CUNHA, N. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, G. S.; REIS, M.R. Produtividade e distúrbios fisiológicos da batata influenciados pelo residual de tembotrione no solo. In: Congresso Brasileiro de Fitossanidade, 3, 2015, Águas de Lindóia-SP. **Anais...** Águas de Lindóia-SP: Funep/Unesp, 2015a. p.356- 359.

European Food Safety Authority (EFSA), Austria. 2011. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance tembotrione, EFSA Journal, **EFSA Journal**, v. 13, n. 1, 2015.

FELIX e DOOHAN. Response of five vegetable crops to isoxaflutole soil residues. **Weed Technology**, n.19 p.391-396, 2005.

FRANÇA, G. V. SILVA.; OLIVEIRA, G. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, G. S.; CARNEIRO, G. D. O. P., SILVA, D. V.; REIS, M. R. Resíduos de atrazine e de tembotrione no solo afetam o crescimento inicial da beterraba. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n.2, p.195-204, 2016.

HAVENS, D. 1997. Skagit County Ag Stats. Mount Vernon, WA: Washington State University Cooperative Extension. 26 p.

ISMAIL, B. S.; AHMAD, A. R. Attenuation of the herbicidal activities of glufosinate-ammonium and imazapyr in two soils. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.47, n.4, p.279-285, 1994.

LAMEGO, F. P.; KASPARY, T. E.; RUCHEL, Q.; GALLON, M.; BASSO, C. J.; SANTI, A.L. Management of glyphosate resistant *Conyza bonariensis*: winter cover crops and herbicides in soybean pre-seeding. **Planta Daninha** v. 31.2 p.433-442, 2013.

LINDSAY, W. L. Chemical equilibria in soils. New Jersey: Blackburn, 449 p. 2001.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”) **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.2, p.151-164, 2011.

NELSON, E. A.; PENNER D. Sensitivity of Selected Crops to Isoxaflutole in Soil and Irrigation Water. **Weed Technology**, v.19, n.3, p.659-663. 2005.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa phytopathologica**, v.37, n.3, p.85-91, 2011.

RENNER, K. A.; GARY, E. Response of Sugarbeet (*Beta vulgaris*) to Herbicide Residues in Soil. **Weed Technology**, v.5, n. 3, p.622-627, 1991.

RIDDLE, R. N.; O’SULLIVAN, J.; SWANTON C. J.; ACKER, R. C. V. Crop Response to Carryover of Mesotrione Residues in the Field. **Weed Technology**, v.27, n.1, p.92-100, 2013.

ROBINSON, D. E. Atrazine accentuates carryover injury from mesotrione in vegetable crops. **Weed Technology**, v.22, n.4, p.641-645, 2008.

ROBINSON, D. E. e MCNAUGHTO, K. E. Saflufenacil Carryover Injury Varies among Rotational Crops. **Weed Technology**, n.26, v.2 p.177-182. 2012.

SILVA, V. P.; FERREIRA, L. R.; D’ANTONINO, L.; CARNEIRO, J. E.; SILVA, G. R.; FONTES, D. R. Eficiência e Residual no Solo de Herbicidas na Cultura do Feijão. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 961-970, 2013.

SOLTANI, N.; SIKKEMA, P. H.; ROBINSON D. E. Effect of foramsulfuron and isoxaflutole residues on rotational vegetable crops. **Horticultural Science**, v.40, p.620–622, 2005.

4. SELETIVIDADE DO ALHO AOS HERBICIDAS METRIBUZIN, TEMBOTRIONE

4.1. RESUMO

O *Allium sativum* L. pode ser cultivado em sucessão de culturas como a batata, a cenoura e o milho. O metribuzin e tembotrione são herbicidas que apresentam efeito residual e são muito usados no cultivo da batata e milho, respectivamente. O alho pode apresentar sensibilidade a estes herbicidas quando cultivado em sucessão a tais culturas. Objetivou-se com este trabalho avaliar a seletividade de plantas de alho a diferentes concentrações do metribuzin e do tembotrione. Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos constituíram de seis diferentes concentrações iniciais de metribuzin ou tembotrione (0; 6,25; 12,5; 25,0; 37,5 e 50). Cada unidade experimental foi representada por vaso preenchido com 5,0 dm³ de solo com o herbicida. Foram plantados dois bulbilhos de alho por vaso. As avaliações visuais de intoxicação foram realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a emergência dias após a emergência (DAE), que aconteceu sete dias após o plantio. Aos 28 DAE foi determinada a intensidade do verde da folha pelo índice SPAD (Soil Plant Analysis Development). Aos 35 DAE determinou-se a área foliar do alho fez-se a determinação da matéria seca total. Concluiu-se que para as condições testadas, há intoxicação e menor crescimento das plantas de o alho no solo em que houve aplicação de metribuzin e que as doses avaliadas de tembotrione no solo não causam sintomas visuais de intoxicação nas plantas de alho, mas reduzem a matéria seca da parte aérea e a área foliar.

Palavras-chave: herbicida, resíduos, intoxicação

SELECTIVITY OF GARLIC TO HERBICIDES METRIBUZIN, TEMBOTRIONE

ABSTRACT

Allium sativum L. can be grown in succession of crops such as potatoes, carrots and corn. Metribuzin and tembotrione are herbicides that have a residual effect and are widely used in potato and corn cultivation, respectively. Garlic may show sensitivity to these herbicides when grown in succession to such crops. The objective of this work was to evaluate the

tolerance of garlic plants to different concentrations of metribuzin and tembotrione. Two experiments were carried out under greenhouse conditions. The experimental design was a randomized block design, with five replications. The treatments consisted of six different initial concentrations of metribuzin or tembotrione (0, 6.25, 12.5, 25.0, 37.5 and 50). Each experimental unit was represented by pot filled with 5.0 dm⁻³ soil with the herbicide. Two bulbs of garlic were planted per pot. Visual assessments of intoxication were performed at 7, 14, 21, 28 and 35 days after emergency days after emergence (AED), which occurred seven days after planting. At 28 DAE the green leaf intensity was determined by the Soil Plant Analysis Development (SPAD) index. At 35 DAE, the leaf area of the garlic was determined and the total dry matter was determined. It was concluded that for the conditions tested, there is intoxication and lower growth of the garlic plants in the soil in which metribuzin was applied and that the evaluated doses of tembotrione in the soil do not cause visual symptoms of intoxication in the garlic plants, but reduce the dry matter of the aerial part and the leaf area.

Key words: Herbicide, waste, intoxication

4.2. INTRODUÇÃO

O alho destaca-se como uma das principais olerícolas cultivadas no Brasil, sendo utilizado como condimento alimentar e para fins terapêuticos (Viana, 2013; Moura et al., 2013). Seu cultivo está concentrado em regiões com temperatura baixas, de modo que abaixo de 15°C é estimulada a formação dos bulbos (Sobrinho et al., 1993). Por esse motivo, no Brasil, seu plantio é realizado no inverno, frequentemente, após cultivos de outras olerícolas ou de culturas anuais.

O cultivo de olerícolas pode ser feito em rotação com outras espécies como a batata e milho. Dessa maneira, tem crescido a preocupação dos produtores com problemas causados por práticas culturais adotadas antes do cultivo do alho, como a aplicação de herbicidas com efeito residual no solo.

A aplicação de herbicidas com maior persistência no solo pode resultar em intoxicação de culturas sensíveis semeadas em sucessão ao seu uso, sendo esse fenômeno denominado *carryover* (Vivian et al., 2007). Sintomas de intoxicação são frequentes em sistemas de rotação de cultura, principalmente para culturas de ciclo curto, como olerícolas (Johnson e

Talbert, 1993; Qasem, 2006; Robinson, 2008; Taber e Lawson, 2009; Pekarek et al., 2010; Robinson e McNaughton 2012; Rahman, et al., 2014).

A persistência dos herbicidas no solo varia com as propriedades físico-químicas da molécula e das características edafoclimáticas (Clay, 1993; Niekamp & Johnson, 2001). O metribuzin é usado no manejo de plantas daninhas na cultura da batata (U.S. EPA, 1984.; Rodrigues e Almeida, 2005.; Swarczewicz et al., 2013). Já o tembotrione tem sido usado para o controle de plantas daninhas na cultura do milho e pode permanecer no solo até 60 dias após a aplicação para manejo de plantas daninhas (Blanco et al., 2008).

As hortaliças diferem na sua resposta aos resíduos de herbicidas aplicados em anos anteriores (Greenland, 2003.; Felix e Doohan 2005.; Soltani et al., 2005.; Felix et al. , 2007). Embora existam estudos de hortaliças como bioindicadoras de herbicidas no solo, as informações sobre os efeitos de resíduos desses produtos no solo sob a produtividade e crescimento das culturas são escassos. O potencial de um herbicida no solo em reduzir o rendimento das hortaliças tem se tornado uma crescente preocupação para os produtores dessas culturas de alto valor.

Neste sentido, objetivou-se avaliar a seletividade de plantas de alho a diferentes concentrações do metribuzin e do tembotrione aplicados previamente no solo.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos em vasos e em casa de vegetação, para avaliar a seletividade do alho ao tembotrione e metribuzin. Os mesmos foram conduzidos durante o período de maio a junho de 2014. Utilizou-se como substrato um Latossolo Vermelho Distroférrico, textura argilosa, coletado em uma profundidade de 0-10 cm que, após secagem ao ar, foi peneirado. Os atributos químicos e granulométricos do solo estão descritos na Tabela 1. A adubação de plantio foi realizada com 1,4 g de MAP, 2,3 g de Supersimples, 1,2 g de trimag e 0,1 g de cloreto de potássio por dm^3 de solo.

Tabela 1 - Características físico-químicas da amostra de Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa, utilizada no experimento. Rio Paranaíba - MG, 2013.

pH		Al³⁺	H⁺+Al³⁺	Ca²⁺+Mg²⁺	Ca²⁺	K⁺
(H₂O)		(cmol_c dm⁻³)				
6,00		0,00	3,50	4,60	3,60	1,00
M.O.	P	CTC	V	Areia	Silte	Argila
(dag dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)	(%)	(dag kg⁻¹)		
2,40	13,90	8,37	58,00	32,90	11,70	55,40

Extratores: pH - H₂O; P e K - Mehlich 1; Ca, Mg, Al - KCl 1 mol L⁻¹; H+Al - Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹.

Cada experimento correspondeu a um herbicida incorporado ao solo: metribuzin ou tembotrione. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos constituíram de seis diferentes concentrações iniciais de metribuzin ou tembotrionesolo, em ppb (0; 6,25; 12,5; 25,0; 37,5 e 50).

Foram feitas soluções nas diferentes doses do metribuzin (0, 30, 60, 120, 180 e 240 g ha⁻¹), e do tembotrione (0,10, 20, 30, 40 e 50 g ha⁻¹), posteriormente foi calculada quantidade de solução a ser adicionada em quantidade conhecida de solo, cada solução foi aplicada separadamente e a mistura homogenizada com auxílio de betoneira a 25 rpm. Posteriormente os vasos de 5,0 dm³ foram preenchidos com a mistura homogeneizada. Cada unidade experimental foi representada por um vaso preenchido com 5,0 dm³.

Foram plantados quatro bulbilhos de alho por vaso, deixando duas plantas por vaso após a emergência.

Durante a condução do experimento foi realizada uma aplicação de solução nutritiva equilibrada, aos 10 dias após emergência (DAE), contendo 4% de N, 14% de P₂O₅ e 8% de K₂O, sendo que a quantidade da solução foi calculada de acordo com o volume de solo do vaso.

As avaliações visuais de intoxicação das plantas foram realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a emergência da cultura – DAE, que aconteceu sete dias após o plantio. Utilizou-se do critério de notas em uma escala de 0 à 100%, em que zero corresponde a nenhuma injúria e 100 à morte das plantas (SBCPD, 1995).

Aos 28 DAE, no centro da última folha expandida do alho, foi determinada a intensidade da cor verde da folha pelo índice SPAD. Essa determinação foi feita entre 9 h e 10 h com o medidor portátil de clorofila SPAD-502.

Aos 35 DAE determinou-se a área foliar do alho. As plantas foram colhidas e separadas, em parte aérea e raiz, e, posteriormente, seco em estufa com circulação forçada de ar, a 72 °C, até atingir peso constante para determinação da matéria seca total.

Os dados foram submetidos à análise variância ($P < 0,05$) e de regressão.

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O incremento da concentração do metribuzin no solo provocou aumento linear da intoxicação das plantas de alho, em todos os tratamentos avaliados (Figura 1). Os sintomas foram caracterizados pela clorose seguida de necrose das pontas e bordas e posteriormente morte das folhas do alho. A intoxicação das plantas de alho foi próxima a 80%, nas doses superiores a 40 ppb do metribuzin, para as avaliações realizadas aos 21, 28 e 35 dias após a emergência (DAE). Na última avaliação 35 DAE, para a concentração de 50 ppb, constatou-se intoxicação próxima a 100%.

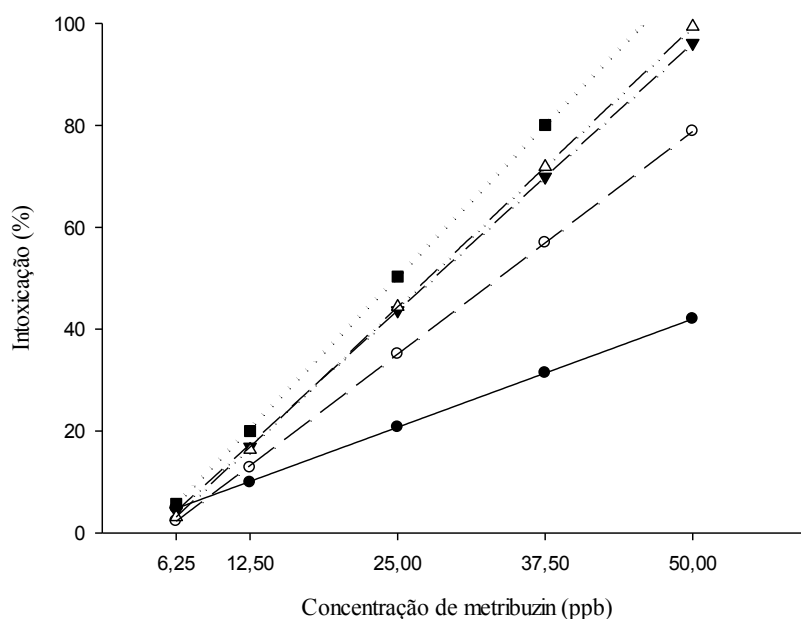


Figura 1. Intoxicação de plantas de alho cultivado em solo com diferentes concentrações de metribuzin.

A matéria seca da parte aérea do alho apresentou comportamento exponencial decrescente com o aumento das concentrações de metribuzin no solo, sendo observado produção de matéria próxima de zero para as concentrações de 37,5 e 50 ppb (Figura 2). Essas

concentrações apresentaram respectivamente reduções da matéria seca da parte aérea em 90 e 93 % em relação à matéria seca da parte aérea da testemunha.

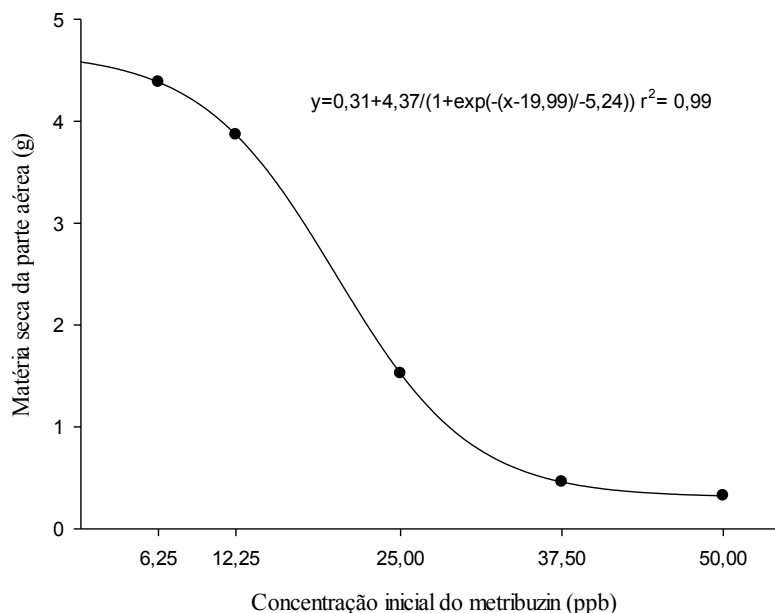


Figura 2. Matéria seca da parte aérea do alho cultivado em solo com diferentes concentrações de metribuzin.

Além da redução da matéria seca da parte aérea, observou-se também redução da matéria seca das raízes e matéria seca total (Figuras 3 e 4). Resíduos de metribuzin acima de 37,50 ppb resultaram em matéria seca total do alho próximos a zero, demonstrando a sensibilidade das plantas de alho ao herbicida. Mesmo na menor concentração, 6,25 ppb, foi observada redução de matéria seca da raiz e e matéria seca total.

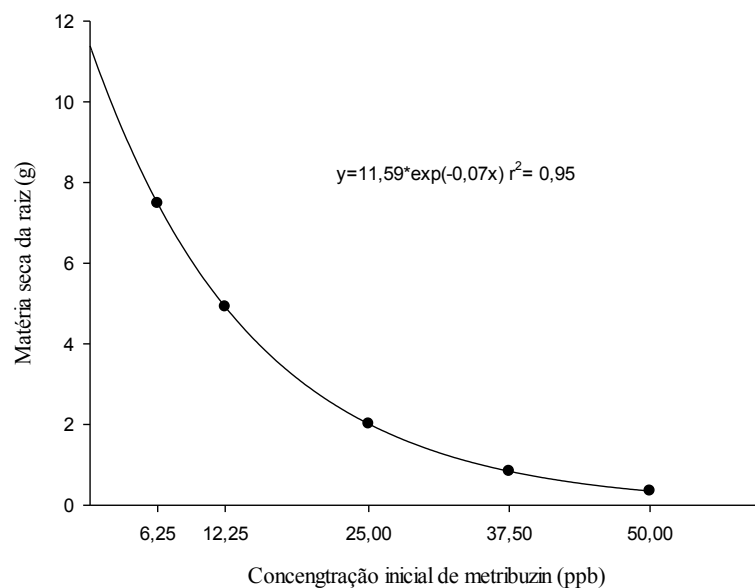


Figura 3. Matéria seca da raiz de plantas de alho cultivado em solo com diferentes concentrações de metribuzin.

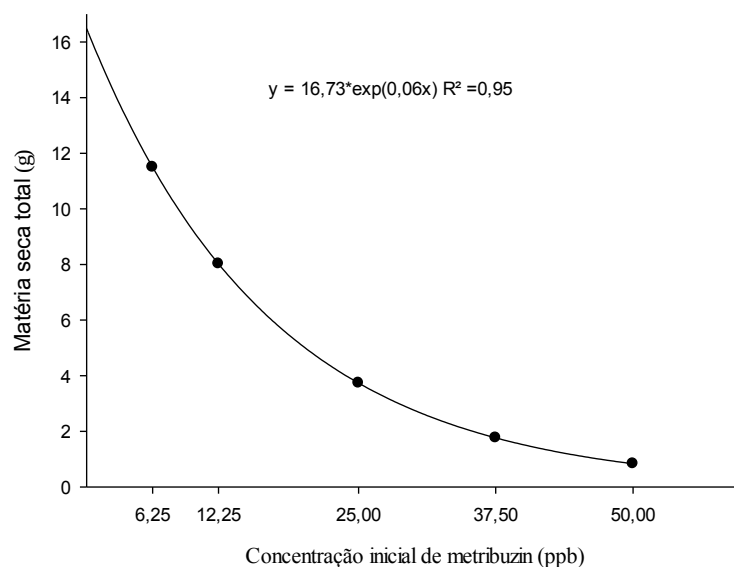


Figura 4. Matéria seca total de plantas de alho cultivado em solo com diferentes concentrações de metribuzin.

Alguns trabalhos relataram a sensibilidade do alho e de outras espécies pertencentes ao gênero *Allium* ao metribuzin. A aplicação deste herbicida, em pré- emergência antes do plantio do alho, na dose de 420 g ha^{-1} causou o atrofiamento das plantas (Qasem, 1996). Mehmood, et al. (2007) relataram que 450 g ha^{-1} do metribuzin em pré-emergência também causou alta intoxicação nas plantas de alho e redução na produção. Além de causar intoxicação na cultura do alho, para cebola (*Allium cepa*) também já foram encontrados

sintomas de lesão, necrose, queima das folhas e menor crescimento vegetativo, após aplicações pré-emergência, na dose de 350 g ha⁻¹ (Ghosheh, 2004).

A crescimento da área foliar apresentou comportamento exponencial decrescente com aumento das concentrações de metribuzin no solo, concentrações superiores a 25 ppb causaram reduções superiores a 80% da área foliar das plantas de alho (Figura 5).

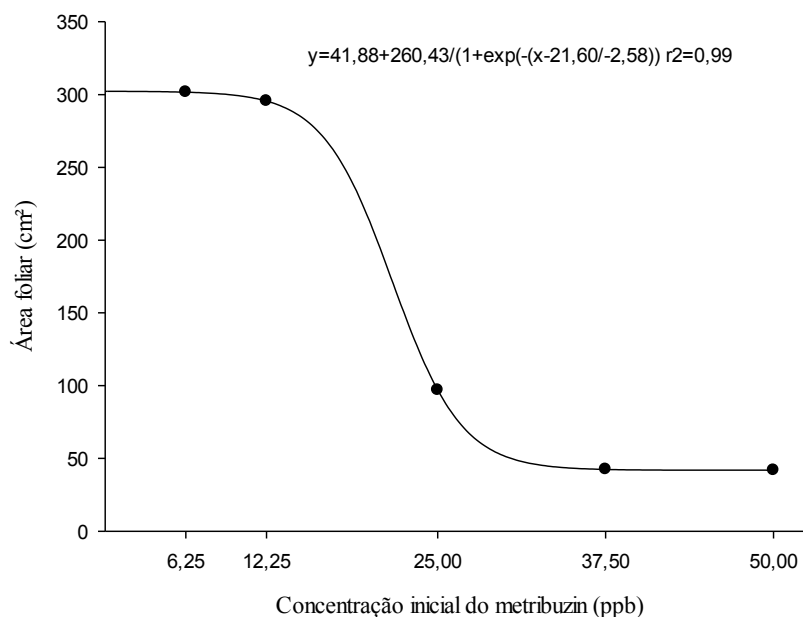


Figura 5. Área foliar de plantas de alho cultivado em solo com diferentes concentrações de metribuzin.

Comportamento semelhante ao apresentado pelo crescimento da área foliar foi observado para o índice SPAD, sendo que a cultura não foi afetada na menor concentração do herbicida, enquanto concentrações acima de 12,5 ppb houve redução brusca nos valores do índice, com tendência a estabilização para as concentrações maiores ou iguais a 25 ppb (Figura 6).

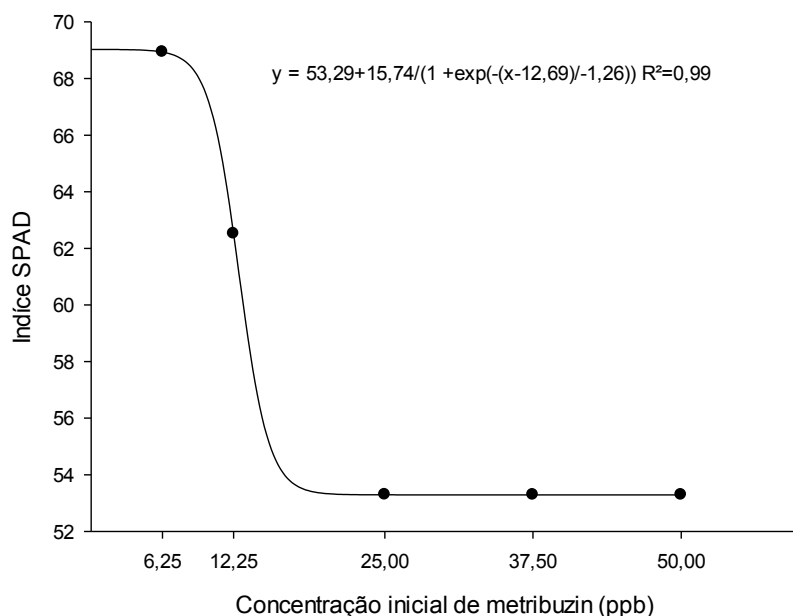


Figura 6. Índice SPAD de plantas de alho cultivado em solo com diferentes concentrações de metribuzin

O aumento da intoxicação das plantas associado à redução da área foliar e do índice SPAD são características indesejáveis, pois podem comprometer a interceptação de radiação e, conseqüentemente, os níveis de fotossíntese líquida, resultando em menor acúmulo de matéria seca pelas plantas (Resende et al., 2013) e possivelmente comprometer a produção de bulbos de alho.

Para outros herbicidas, de mesmo mecanismo de ação do metribuzin, foram relatados sintomas de intoxicação e crescimento em plantas de alho. A aplicação em pré-emergência prometryne acarretou sintomas elevados de fitotoxicidade e reduziu o crescimento das plantas de alho (Mohamed & Nourai, 1997). Sintomas de fitotoxicidade, tais como redução de crescimento e queima de pontas das folhas também foram observados em plantas de alho, quando receberam aplicações em pré-emergência, da mistura de oxadiazon e prometryne na dose de $0,75 + 1,5 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente (Tunku et al., 2007).

A intoxicação e menor crescimento das plantas de o alho indicam a sensibilidade da cultura ao metribuzin, para as condições avaliadas.

Em relação ao tembotrione, este é utilizado em aplicações em pós-emergência das plantas daninhas na cultura do milho, na dose de $100,8 \text{ g ha}^{-1}$. Contudo, informações a respeito do seu comportamento no solo são escassos, o que tem gerado dúvidas em relação ao cultivo de outras culturas em sucessão.

No presente trabalho foram testadas doses substancialmente menores que a dose recomendada em campo, mesmo assim a aplicação de tembotrione no solo não causou sintomas visuais de intoxicação nas plantas de alho.

São escassos trabalhos sobre o efeito do tembotrione ou herbicidas de mecanismo de ação semelhante em plantas de alho, contudo para outras hortaliças, na aplicação no solo de sub-doses de isoxaflutole, herbicida de mesmo mecanismo de ação do tembotrione, em pré-emergência e na água de irrigação sobre feijão, alface, cenoura, pepino, feijão preto, cebola, beterraba, e tomate, Nelson & Penner (2005) verificaram que a planta de cebola foi a menos sensível ao isoxaflutole. Entretanto, todas as doses que resultaram em injúrias nas plantas foram substancialmente menores do que as doses utilizadas para o controle de plantas daninhas na cultura do milho, evidenciando a possibilidade de *carryover*.

Apesar de não ter sido verificado sintomas de intoxicação, a matéria seca da parte aérea e a área foliar foram reduzidas linearmente com o aumento da concentração do herbicida no solo (Figura 7 e 8).

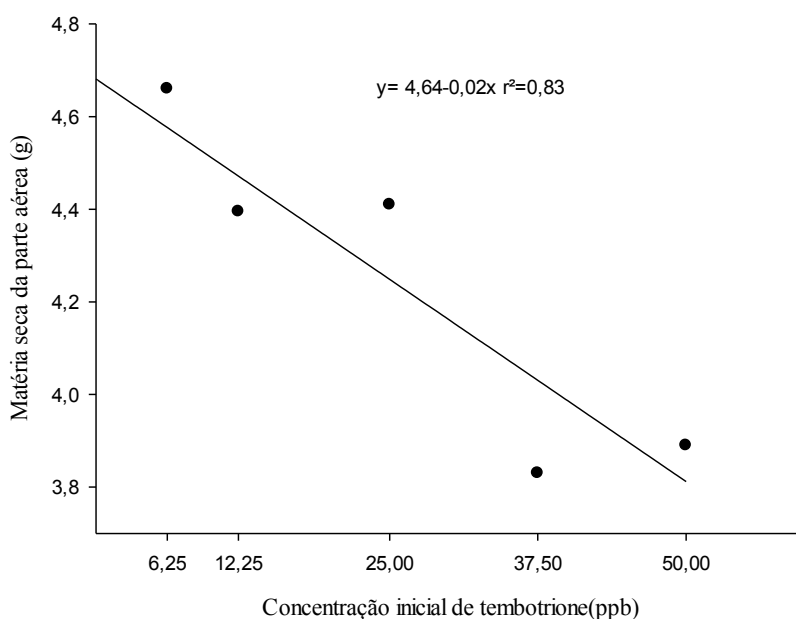


Figura 7. Matéria da parte aérea de plantas de alho cultivado em solo com diferentes concentrações de tembotrione.

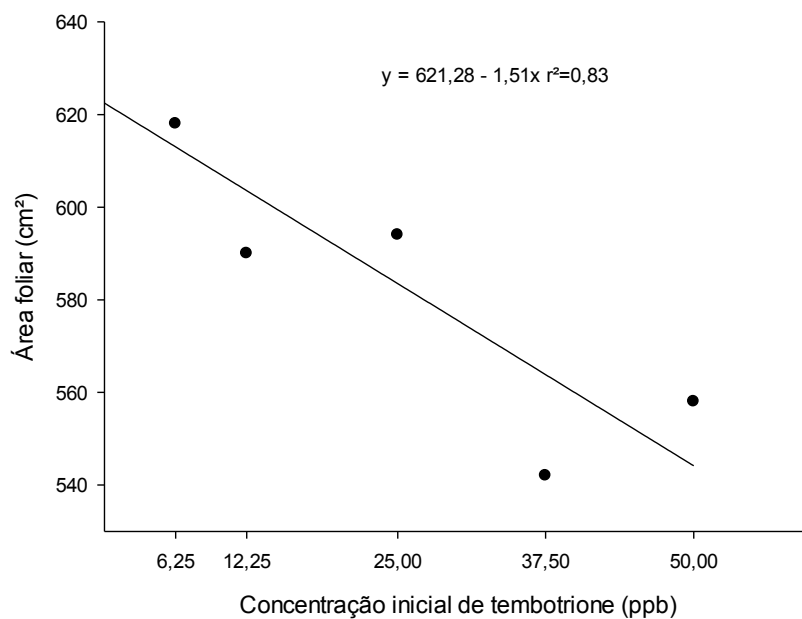


Figura 8. Área foliar de plantas de alho cultivado em solo com diferentes concentrações de tembotrione.

Embora não tenha sido avaliada a produtividade do alho, a redução da área foliar pode comprometer a produção de bulbos de alho, dessa forma estudos em campo são fundamentais para avaliar a produtividade do alho em solos com histórico de aplicação de tembotrione.

A matéria seca radicular, a matéria seca total e o índice SPAD não foram alterados pelas concentrações de tembotrione no solo (Figura 9, 10 e 11).

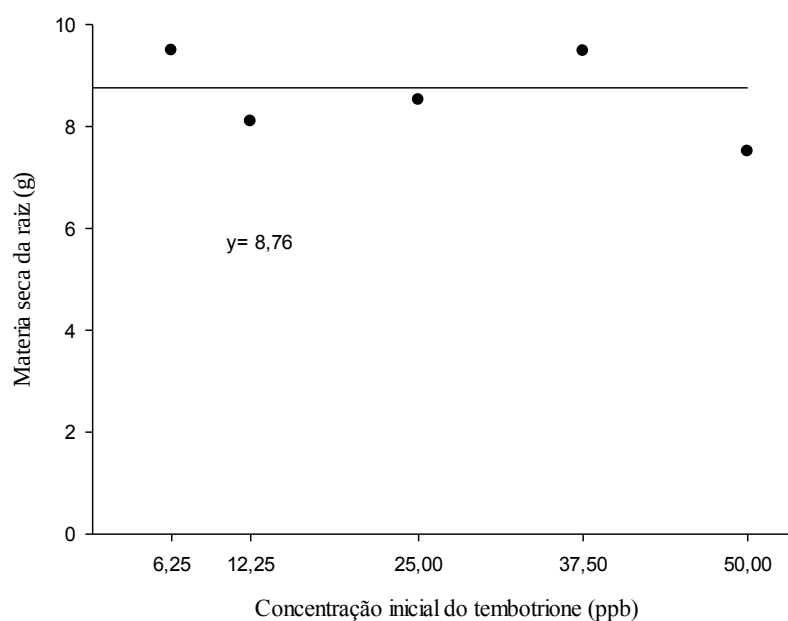


Figura 9. Matéria seca radicular de plantas de alho cultivado em solo com diferentes concentrações de tembotrione.

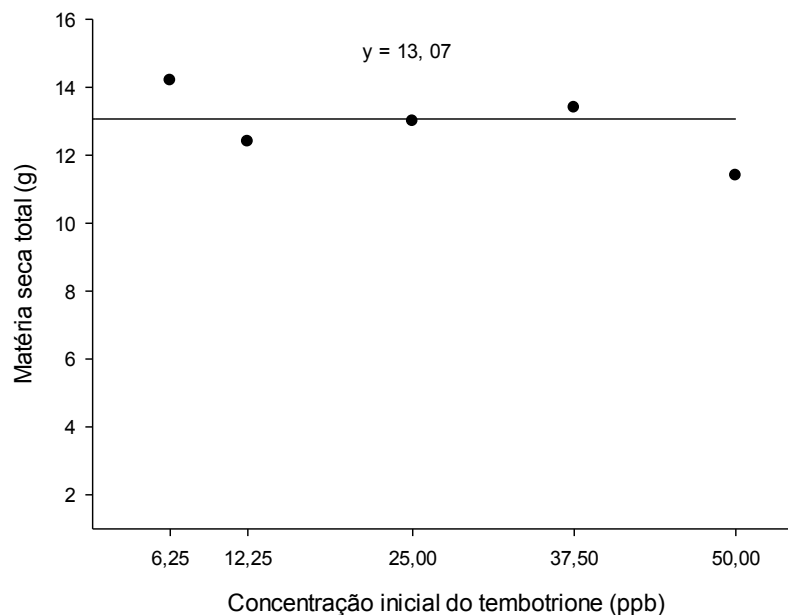


Figura 10. Matéria seca total de plantas de alho cultivado em solo com diferentes concentrações de tembotrione.

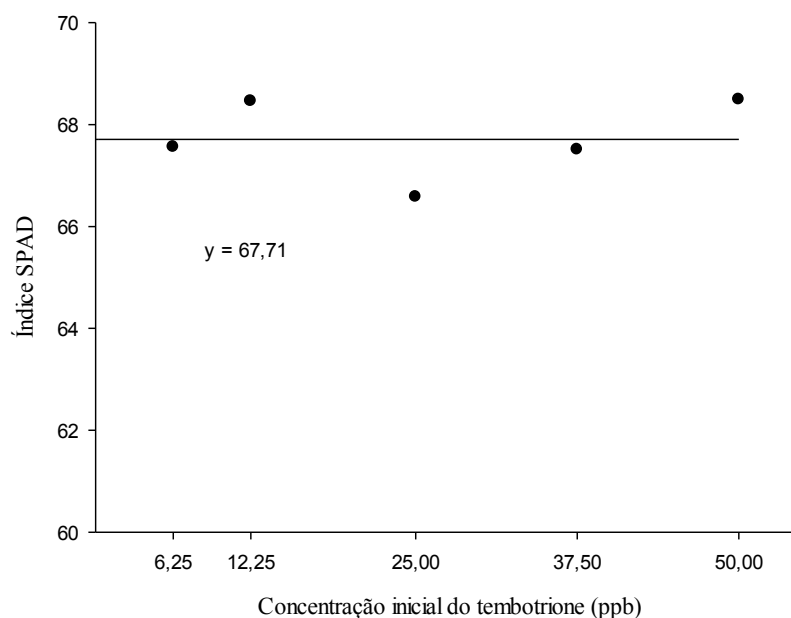


Figura 11. Índice SPAD de plantas de alho cultivado em solo com diferentes concentrações de tembotrione.

O mesotrione, do mesmo mecanismo de ação do tembotrione, causou intoxicação e redução no crescimento e produtividade de culturas como brócolis, cenoura, pepino e cebola,

cultivadas um ano após sua aplicação (Robinson, 2008). Neste caso, o problema foi agravado pela associação do atrazine na calda de pulverização do mesotrione, o qual apresenta mecanismo de ação semelhante ao do tembotrione. Desta maneira, estudos futuros, devem avaliar também os efeitos da associação com o atrazine o tembotrione sobre o crescimento do alho.

Com base neste trabalho conclui-se que o alho é sensível a baixas concentrações de metribuzim para o solo avaliado, alertando ao risco de *carryover* nos casos de rotação de cultura. Conclui-se também que o tembotrione não leva a sintomas visuais de intoxicação, mas gera redução do crescimento da parte área para as doses estudadas no neste trabalho.

Resultados encontrados neste trabalho são fundamentais para evitar o risco de *carryover* na rotação de culturas. Entretanto é fundamental o desenvolvimento de pesquisas de campo e acompanhamento de todo ciclo da cultura na presença de resíduos de tais herbicidas no solo, com o objetivo de inferir sobre a produtividade da cultura do alho na presença destes resíduos.

4.5. REFERÊNCIAS

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em:

http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 01 /05/2017

BLANCO, F. M. G.; QUEIROZ, W.O.; PANTANO, A. P. Persistência no solo dos herbicidas tembotrione e mesotrione aplicados em condições de milho safrinha. In: Congresso brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 26º, Ouro Preto, 2008.

CLAY, D.V. Herbicide residues in soils and plants and their bioassay. In: STREIBIG, J. C.; KUDSK, P. **Herbicide bioassays**. Florida: CRC Press, 1993. p.153-172.

FELIX, J.; DOOHAN, D. J. Response of five vegetables crops to isoxaflutole soil residues. **Weed Technology**, v. 19, n. 1, p. 391-396, 2005.

FELIX, J.; DOHAN, D.J.; BRUINS D. Differential vegetable crop responses to mesotrione soil residues a year after application. **Crop Protection**, v.26, p.1395-403207.

GHOSHEH, H.Z. Single herbicide treatments for control of broadleaved weeds in onion (*Allium cepa*). **Crop Protection**, v.23, p.539–542, 2004.

GREENLAND, R.G. Injury to Vegetable Crops from Herbicides Applied in Previous Years. **Weed Technology**, Vol. 17, n. 1, p. 73-78, 2003.

JOHNSON, D. H.; TALBERT, R. E. 1993. Imazaquin, chlorimuron, and fomesafen may injure rotational vegetables and subflower (*Helianthus annuus*). **Weed Technology**, v.7, p.573–577, 1993.

MOHAMED, E. S.; NOURAI, A .H. Chemical Weed Control in Garlic (*Allium sativum* L.). **Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n.1, p. 40- 51, 1997.

MEHMOOD, T.; KHOKHAR, K. M.; SHAKEEL, M. Integrated weed management practices in garlic crop in Pakistan. **Crop Protection**, v.26, n.7, p.1031–1035, 2007.

MOURA, A. P.; GUIMARÃES, J. A.; FERNANDES, F. R.; FILHO M. M. Recomendações técnicas para o manejo integrado de pragas da cultura do alho. **Embrapa, Circular Técnica 118**, 2013.

NELSON, E. A & PENNER D. Sensitivity of Selected Crops to Isoxaflutole in Soil and Irrigation Water. **Weed Technology**, v.19, n.3, p.659-663. 2005.

NIEKAMP, J. W.; JOHNSON, W. G. Weed management with sulfentrazone and flumioxazin in no-tillage soybean (*Glycine max*). **Crop Protection**, v.20, n.3, p.215-220, 2001.

PEKAREK, R. A.; GARVEY, P. V.; MONKS, D. W.; JENNINGS, K. M.; MACRAE A. W. Sulfentrazone carryover to vegetables and cotton. **Weed Technology**, v.24, p.20–24, 2010.

QASEM, J. R. Chemical weed control in garlic (*Allium sativum* L.) in Jordan. **Crop Protection**, v.15, n,1, p.21-26, 1996.

QASEM, J. R. Chemical weed control in seedbed sown onion (*Allium cepa* L.). **Crop Protection**, v.25, p.618-622, 2006.

RAHMAN, A.; DOWSETT, C. A.; TROLOVE, M. R.; JAMES, T. K. Soil residual activity and plant-back periods for the herbicides saflufenacil and topramezone. **New Zealand Plant Protection**, v.6, p. 298-303, 2014.

RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; ZANIN, D. S.; RESENDE, F. V.; PAULA, J. D.; DIAS, D. M.; GALVÃO, A. G. Caracterização morfológica, produtividade e rendimento comercial de cultivares de alho. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 157-162, 2013.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: IAPAR, 2005. 591 p.

ROBINSON, D. E. Atrazine accentuates carryover injury from mesotrione in vegetable crops. **Weed Technology**, v.22, n.4, p.641-645, 2008.

ROBINSON, D. E.; MCNAUGHTON, K. E. Saflufenacil Carryover Injury Varies among Rotational Crops. **Weed Technology**, v.26, p.177-182, 2012.

SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p. Disponível em: <http://sbcpd.org/portal/images/stories/downloads/pdf/boletim_12_4.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2014.

SOBRINHO, J. A. M.; LOPES, C. A.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; CHARCHAR, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; CARRIJO, O. A.; BARBOSA, S. **A cultura do alho**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 1993.

SOLTANI, N.; SIKKEMA, P. H.; ROBINSON, D. E. Vegetable crop responses to chlorimuronethyl applied in the previous year. **Crop Protection**, v.24, n.7, p.685-688, 2005.

SWARCEWICZ, M.; GREGORCZYK, A.; SOBCZAK, J. Comparison of linuron degradation in the presence of pesticide mixtures in soil under laboratory conditions. **Environ Monit Assess** v.18, p.8109–8114 (2013).

TABER, H.G.; LAWSON, V. Residual Effects of Callisto, Impact, and Laudis Herbicide on Cucumber, Pepper, Snap Bean, and Tomato. **Iowa State Research Farm Progress Reports**, paper 379, 2009.

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) (1984) Chemical Information Fact Sheet Number 28: Linuron, pp.9–13. Office of Pesticides and Toxic Substances, Washington, DC.

TUNKU, P.; LAGOKE, T. O.; ISHAYA, B. Evaluation of herbicides for weed control in irrigated garlic (*Allium sativum* L.) at Samaru, Nigeria. **Crop Protection**, v.26, p.642–646, 2007.

VIANA, J. P. G. **Diversidade genética em alho (*Allium sativum* L.)**. Teresina, 2013. Dissertação (Genética e Melhoramento) Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento Universidade Federal do Piauí.

VIVIAN, R.; QUEIROZ, M. E. L. R.; JAKELAITIS, A.; GUIMARÃES, A. A.; REIS, M. R.; CARNEIRO, P. M.; SILVA, A. A. Persistência e lixiviação de ametryn e trifloxysulfuron-sodium em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 111-124, 2007.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do efeito residual de herbicidas no solo para evitar não só perdas de produtividade como também, assegurar melhor qualidade dos alimentos.

Neste trabalho foi avaliado o efeito de resíduos de herbicidas no solo sobre as culturas cenoura, beterraba e alho. Os resultados mostraram que para as condições testadas, a aplicação prévia de atrazine e tembotrione, acarretou diminuição da matéria seca da parte aérea das plantas de cenoura e menor produtividade comercial desta cultura. O mesmo foi encontrado para cultura da beterraba.

Em relação ao alho, conclui-se que o alho é sensível a baixas concentrações de metribuzim para o solo o tembotrione não levou a sintomas visuais de intoxicação, mas gerou redução da parte aérea para as doses estudadas no neste trabalho. Resultados encontrados para estes herbicidas na cultura do alho alertam o risco de *carryover* na rotação de culturas. Entretanto é fundamental o desenvolvimento de pesquisas de campo e acompanhamento de todo ciclo da cultura na presença de resíduos de tais herbicidas no solo, com o objetivo de inferir sobre a produtividade da cultura do alho na presença destes resíduos.

Como no Brasil são poucos os trabalhos sobre *carryover* em hortaliças, os resultados desta pesquisa evidenciam a importância da continuidade dos trabalhos nessa linha, avaliando o efeito residual de herbicidas sobre a produtividade de outras culturas, como também, pesquisas futuras podem avaliar a presença de tais herbicidas nas hortaliças comercializadas

Além disso, poder contribuir para pesquisas área, este trabalho pode proporcionar maior conhecimento aos produtores de olerícolas, os quais que cultivam estas espécies em sucessão ou rotação a outras culturas, diminuindo a possibilidade de *carryover* e evitando assim perdas de produtividade.