

GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO TOMATE (*LYCOPERSICON LYCOPERSICUM* L., SOLANACEAE) EM SOLO CONTAMINADO POR AGROTÓXICOS

EMERGENCE AND GROWTH OF TOMATO (*LYCOPERSICON
LYCOPERSICUM* L. SOLANACEAE) IN SOIL CONTAMINATED BY PESTICIDES

André Gomes da Rocha 

Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CRHEA), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP) – São Carlos (SP), Brasil.

**Evaldo Luiz
Gaeta Espindola** 

Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, CRHEA, Departamento de Hidráulica e Sanamento, Escola de Engenharia de São Carlos, USP – São Carlos (SP), Brasil.

**Vanessa Bezerra de
Menezes Oliveira** 

Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, CRHEA, Escola de Engenharia de São Carlos, USP – São Carlos (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

Vanessa Bezerra de Menezes Oliveira – Avenida Otto Werner Rosel, 1.111, casa 87 – Jardim Ipanema – CEP 13563-673 – São Carlos (SP), Brasil – E-mail: vanessa.ambiente@gmail.com

Recebido em: 24/07/2018

Aceito em: 01/10/2018

RESUMO

Considerando a necessidade de compreender os efeitos de agrotóxicos sobre organismos não alvo, os efeitos de dois agrotóxicos, comumente utilizados na cultura de tomate (*Lycopersicon lycopersicum*), foram analisados considerando a germinação e o crescimento de plantas como parâmetros de medida. Solo natural, seco e defaunado foi inoculado com um substrato microbiano e contaminado com as doses recomendadas do inseticida (Ingrediente Ativo (IA) abamectina), do fungicida (IA difenoconazol) e a mistura de ambos. Após 0, 28, 56 e 84 dias da contaminação do solo, foram realizados testes de germinação e crescimento de plântulas, conforme adaptações dos protocolos OECD 208 e ISO 11269-2. Em cada teste, foram mensuradas a altura, a massa fresca e a massa seca das plântulas, além da biomassa microbiana de carbono do solo. Em todos os tratamentos, os parâmetros apresentaram um crescimento não evidenciando toxicidade para os organismos testados nas condições citadas.

Palavras-chave: fitotoxicidade; abamectina; difenoconazol.

ABSTRACT

Considering the need to understand the effects that pesticides pose to non-target soil organisms, the effects of two pesticides, commonly used on tomato crops (*Lycopersicon lycopersicum*), were investigated considering germination and growth of the plants as measurement parameters. Natural, dried and defaunated soil was inoculated with a microbial substrate and contaminated with the insecticide (Active Ingredient (AI) abamectin), the fungicide (AI difenoconazole) and a mixture of both products. The tests were performed after 0, 28, 56 and 84 days from soil contamination, according to OECD 208 and ISO 11269-2 guidelines. Plants height, fresh and dry mass, and also microbial biomass carbon were measured. The parameters exhibited an increase over time for all treatments, showing no toxicity to the organisms tested under the above conditions.

Keywords: phytotoxicity; abamectin; difenoconazole.

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das atividades mais importantes da humanidade e, no Brasil, corresponde a um dos setores econômicos mais relevantes (MARTINELLI *et al.*, 2017). Por causa da necessidade de aumento de produção e reaproveitamento de áreas já agricultadas, o modo de produção agrícola atual está estreitamente vinculado à utilização de produtos que ajudem a maximizar a eficiência produtiva das lavouras, como é o caso dos agrotóxicos (ARMAGAN; ÖZDEN; DIMITROVSKI, 2015).

A despeito da importância de tais produtos na prevenção e no controle de pragas agrícolas, eles têm sido motivo de preocupação em função da sua baixa especificidade, que os permite injuriar organismos não alvo (BHAT, 2012; PIMENTEL; BURGESS, 2012), como as próprias plantas em que são aplicados ou outras que não são o objetivo primário da pulverização (BERNARDES *et al.*, 2015; DIAS, 2012; SHAKIR *et al.*, 2016). Nesse sentido, os agrotóxicos podem interferir nos processos de germinação e crescimento das plantas em virtude de diversos aspectos, tais como a ação sobre fatores fisiológicos delas, a toxicidade a organismos que a elas são benéficos e a interferência nos seus processos de absorção de nutrientes (PETIT *et al.*, 2012; SHAKIR *et al.*, 2016).

A maioria dos ensaios de fitotoxicidade com agrotóxicos é conduzida com herbicidas, dado o seu modo de ação, que lhes permite uma nocividade maior às plantas (KRAEHMER *et al.*, 2014). Paralelamente, a maioria dos trabalhos acerca do impacto de outros tipos de agrotóxicos volta-se apenas à avaliação de eficiência agrônômica e resíduos de pesticidas nos produtos prontos para o consumo humano (DIAS, 2012). Contudo, alguns estudos já demonstraram que agrotóxicos como inseticidas e fungicidas também podem afetar negativamente a fisiologia das plantas (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2015; SHAKIR *et al.*, 2016), motivo pelo qual são recomendados mais ensaios de fitotoxicidade com tais tipos de contaminantes (DIAS, 2012).

O tomate é uma das culturas mais importantes do mundo e uma das 10 mais cultivadas no Brasil (IBGE, 2017). Todavia, ele também é uma das culturas que mais apresentam resíduos de agrotóxicos em função de sobredosagem dos produtos (ANVISA, 2016). Entre os

agrotóxicos utilizados no cultivo do tomate no Brasil, encontram-se diversos inseticidas, como aqueles cujo ingrediente ativo (IA) é a abamectina (avermectinas) e fungicidas cujo IA pode ser, por exemplo, o difenoconazol (triazóis) (SILVA, 2016).

No que se refere ao inseticida/acaricida, alguns autores já relataram indícios de fitotoxicidade de subprodutos da abamectina e outras avermectinas, inclusive no tomate, em doses baixas (KOŁODZIEJSKA *et al.*, 2013; SHAKIR *et al.*, 2016). Em relação ao fungicida, alguns autores mencionam o potencial de compostos triazóis para afetar o crescimento de plantas (FLETCHER; HOFSTRA; GAO, 1986), ao passo que outros descrevem o potencial de tais compostos para auxiliar o crescimento de algumas culturas (MUTHUKUMARASAMY; PANNEERSELVAM, 1997; PETIT *et al.*, 2012; WU; VON TIEDEMANN, 2002).

Ainda se sabe que a exposição da fauna e flora aos agrotóxicos raramente ocorre de modo isolado, isto é, na grande maioria das vezes, a aplicação dos produtos nas lavouras é feita com agrotóxicos de diferentes características, gerando uma multiplicidade de exposições a diversos grupos de substâncias, de maneira sistemática e em longo prazo (CEDERGREEN, 2014; MOREIRA *et al.*, 2017). Um estudo realizado no Brasil com profissionais ligados à agricultura indicou que 97% disseram que a aplicação de agrotóxicos é feita mediante a prévia mistura de dois ou mais produtos, demonstrando que essa é uma prática recorrente, embora não regulamentada (GAZZIERO, 2015). Considerando ainda que os diferentes princípios ativos dos agrotóxicos podem influenciar na toxicidade uns dos outros, diversos autores alertam quanto à necessidade de estudos dos efeitos que diversas substâncias adquirem quando utilizadas em mistura (FLORES *et al.*, 2014; PANIZZI; SUCIU; TREVISAN, 2017).

Nesse contexto e com base nas hipóteses de que os agrotóxicos podem interferir nos processos de germinação e crescimento de culturas agrícolas, o estudo objetivou analisar os efeitos de tais produtos, aplicados isoladamente e em mistura, sobre a germinação e o crescimento do tomate (*Lycopersicon lycopersicum*) após a contaminação do solo, de modo que seja avaliada a evolução temporal da toxicidade dos produtos.

MATERIAIS E MÉTODO

Coleta e preparação do solo

O solo foi coletado na faixa de 0 a 15 cm de profundidade, em terreno sem histórico de contaminação (NUNES; ESPÍNDOLA, 2012), localizado no Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CRHEA), no campus da Universidade de São Paulo (USP) em São Carlos, coordenadas 22°10'09.2"S 47°53'55.7"O. O solo foi peneirado (abertura 2 mm), seco e desfaunado em estufa a 65°C por 24 horas (MENEZES-OLIVEIRA *et al.*, 2014). Para garantir a presença de comunidades microbianas, muitas vezes importantes ao crescimento das plantas, foi inoculado um substrato microbiano produzido a partir de solo fresco do mesmo local da coleta, conforme procedimento já descrito na literatura (JENSEN; SCOTT-FORDSMAND, 2012). Após cinco dias de estabilização do substrato microbiano, o solo foi contaminado com as doses mínimas recomendadas para a cultura do tomate (BRASIL, 2015a; 2015b) de dois produtos comerciais, sendo um inseticida (0,02 mg abamectina.kg⁻¹ solo), um fungicida (0,04 mg difenoconazol.kg⁻¹ solo) e a mistura dos dois produtos nas mesmas doses, diluídos em água destilada de modo que fosse ajustada a umidade relativa do

Desenho experimental e procedimentos

Após 0, 28, 56 e 84 dias da contaminação do solo, foram iniciados os testes de germinação e crescimento do tomate, conforme adaptações dos protocolos OECD 208: *Seedling Emergence and Seedling Growth Test* (OECD, 2006) e ISO 11269-2: *Effects of contaminated soil on the emergence and early growth of higher plants* (ISO, 2005). Nesses tempos, cada um dos quatro tratamentos (controle, abamectina, difenoconazol e mistura) foi dividido em 5 réplicas, cada qual composta de 100 ± 1 g de solo dispostos em frascos com capacidade de 350 mL, onde foram introduzidas 5 sementes da espécie de tomate *Lycopersicon lycopersicum*. Foi utilizado um sistema autônomo de rega, com o emprego de cordas de fibras sintéticas que, conectadas do fundo dos frascos com solo a um recipiente contendo água destilada, permitiram que o solo absorvesse água de modo autossuficiente, conforme preconizado pelo protocolo ISO 11269-2 (ISO, 2005). O teste permaneceu na mesma sala em que o solo inicial foi armazenado, com temperatura de 23 ± 1°C e intensidade de iluminação de aproximadamente 7.000 lux, fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares por 16 horas diárias.

solo em 20% (m/m), o que representou aproximadamente 50% da capacidade máxima de retenção hídrica do solo. Os agrotóxicos foram utilizados em suas doses mínimas recomendadas a fim de evitar a supressão de microrganismos do solo que pudessem influenciar a germinação e o crescimento das plantas.

Após a contaminação e o ajuste da umidade, o solo foi disposto em potes de plástico de capacidade de 1.000 mL contendo 500 g de solo seco cada. No total, foram preenchidos 80 potes, considerando o desenho experimental 4 × 5 × 4 (4 tempos de exposição – 0, 28, 56 e 84 dias; 5 repetições por tratamento; 4 tratamentos – controle, abamectina, difenoconazol e mistura). Os potes permaneceram em laboratório climatizado a 23°C, com período de iluminação de 16 horas diárias e período noturno de escuridão de 8 horas, sendo semanalmente abertos por 10 minutos para troca gasosa e correção da umidade. A cada período de exposição, 20 réplicas (5 de cada tratamento) foram sacrificadas para a montagem dos testes com as sementes de *Lycopersicon lycopersicum*.

Cada teste durou 21 dias contados a partir da germinação de metade das sementes do tratamento controle. Após esse período, foram mensurados os seguintes parâmetros das plantas: número de sementes germinadas (observação direta), altura da parte aérea (régua milimetrada), massa fresca e massa seca (balança analítica). Para medição dos parâmetros de crescimento, as plântulas foram cortadas na altura do solo, excluindo-se, desse modo, suas raízes. Considerou-se parte aérea o comprimento do colo até a gema apical das plântulas. Para a medição da massa seca, as plântulas foram colocadas em estufa a 80°C por 24 horas e, em seguida, deixadas em dessecador até esfriarem antes da pesagem (ISO, 2005; OECD, 2006).

Antes do início de cada teste, também foi analisada a biomassa microbiana de carbono (BMC), de acordo com o método de fumigação-extração (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987), usualmente citado como o mais adequado (ANDRÉA; HOLLWEG, 2004), utilizando-se de coeficiente de correção (Kec) igual a 0,33 (SPARLING; WEST, 1988).

Agrotóxicos e sementes

O fungicida comercial possui modo de ação sistêmico, pertence ao grupo químico dos triazóis e apresenta formulação que leva o IA difenoconazol em concentração de 250 g.L⁻¹ (SYNGENTA PROTEÇÃO DE CULTIVOS LTDA, 2016). O inseticida/acaricida tem modo de ação por contato e ingestão, pertence ao grupo químico das avermectinas e possui formulação que leva o IA aba-

Análise química dos agrotóxicos

No intuito de confirmar as concentrações nominais testadas, as soluções estoque foram analisadas por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC/MS/MS Agilent® 6490 Series). As condições da análise foram: coluna Agilent Zorbax ODS C18 (250 × 4,6 × 5 mm) e temperatura de 25°C. A fase móvel isocrática utilizada foi acetonitrila e água (ácido fórmico 0,1%; 90:10 v/v) por 6 minutos, a uma injeção de volume de 20 µl e fluxo de 1,0 mL.min⁻¹. As análises foram conduzidas em triplicatas. Com base na absorvância dos sinais obser-

Análises estatísticas

No intuito de verificar a interação entre os diferentes tratamentos e os tempos de coleta, as comparações estatísticas foram realizadas por meio de análise de variância (ANOVA) de duas vias, com teste post-hoc de *Holm-Šidák*, tanto para parâmetros das plântulas avaliados, quanto para a biomassa microbiana de carbono. Cada parâmetro (porcentagem de germinação, altura da parte aérea, massa fresca, massa seca e BMC) foi considerado uma variável dependente e analisado

mectina em concentração de 36 g.L⁻¹ (CHEMINOVA BRASIL LTDA., 2016). Foram utilizadas sementes comerciais selecionadas de tomate da espécie *Lycopersicon lycopersicum*, com pureza de 99% e índice de germinação de 85%. Os agrotóxicos e as sementes foram adquiridos em loja especializada na cidade de São Carlos, São Paulo.

vados no espectro do detector de arranjo de diodos (DAD) das soluções padrões, a abamectina e o difenoconazol foram detectados e quantificados a 246 nm e 230 nm, com tempos de retenção de 2,9 e 2,2 minutos, respectivamente. A precisão em termos de repetibilidade, expressa em desvio padrão relativo, foi 2,05% para abamectina e 1,88% para o difenoconazol. Os limites de detecção foram 0,1 µg.L⁻¹ (abamectina) e 5 ng.L⁻¹ (difenoconazol), e as recuperações obtidas foram de 116% para a abamectina e 115% para o difenoconazol.

separadamente. As variáveis independentes utilizadas foram os tempos de análise do solo (0, 28, 56 e 84 dias após a contaminação) e os tratamentos (controle, abamectina, difenoconazol e mistura).

As análises foram executadas com os programas SigmaPlot® versão 11.0 e IBM SPSS Statistics® versão 22, ambos para Windows®, e a significância foi estabelecida em 5% para todas as análises.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, são apresentadas as variações na germinação e no crescimento das plantas, para cada um dos diferentes tratamentos, nos quatro períodos de exposição após a contaminação do solo.

Em todos os tratamentos, as diferenças dos valores de germinação das sementes (Figura 1A) entre os quatro períodos de exposição não foram suficientes para excluir a possibilidade de provirem da aleatoriedade intrínseca à variabilidade amostral. Em relação à massa fresca (Figura 1B), nota-se um aumento gradual dos valores em todos os tratamentos ao longo dos quatro períodos de exposição, com diferenças significativas entre os dois últimos e os dois primeiros, excetuando-se

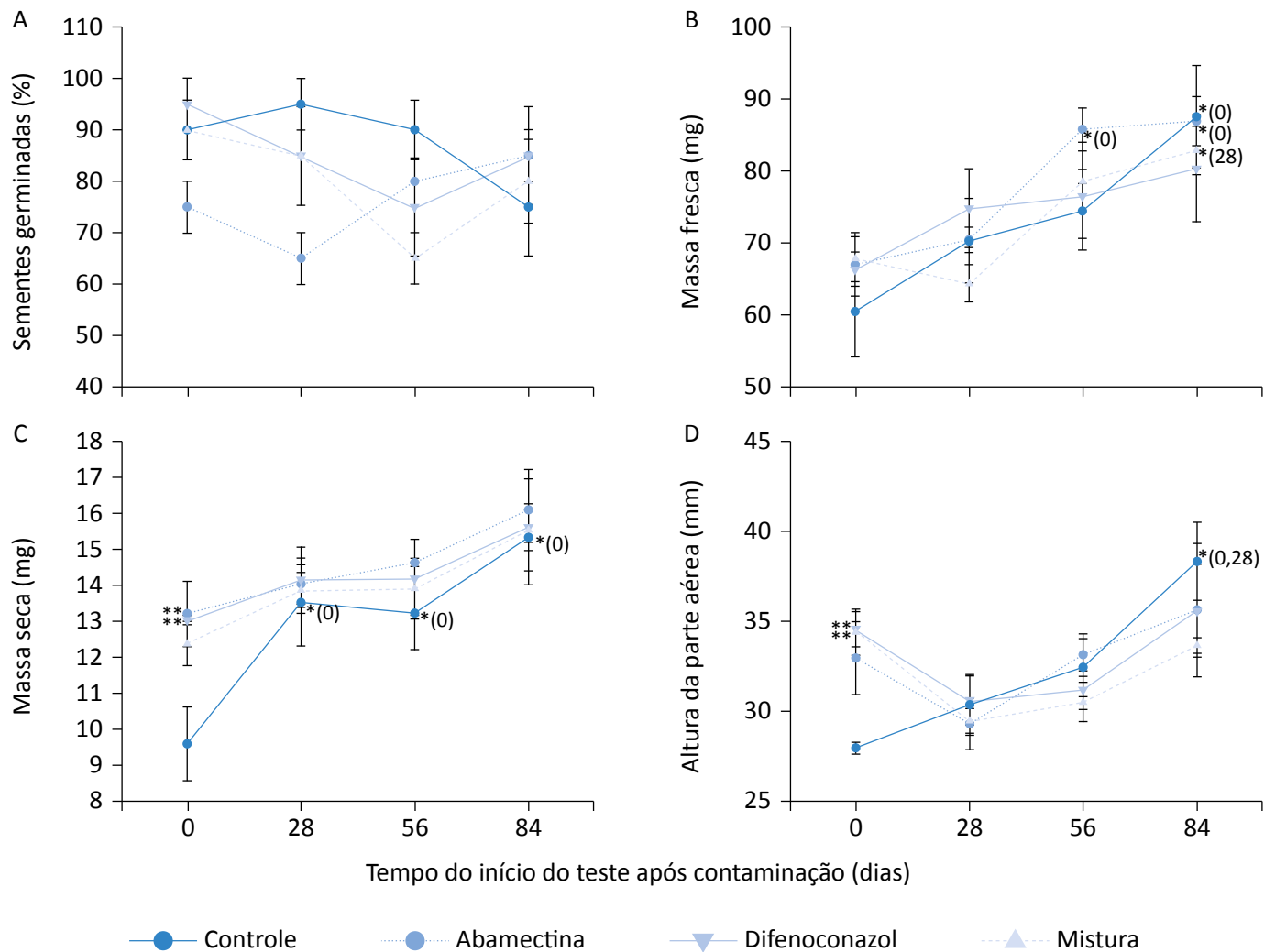
o caso da exposição ao difenoconazol, diante da qual tal parâmetro permaneceu estável ao longo do tempo. Para a massa seca (Figura 1C) e a altura das plântulas (Figura 1D), os valores do controle do primeiro período de exposição se mostraram significativamente menores em comparação com os períodos posteriores. Subsequentemente, há uma ascensão de ambos os parâmetros, levando o controle a equiparar-se aos demais tratamentos a partir da análise realizada após 28 dias da contaminação do solo.

Excetuando-se a germinação das sementes, todos os outros parâmetros avaliados, de uma forma geral, demonstraram um crescimento ao longo dos quatro pe-

períodos de exposição em todos os tratamentos avaliados (Figura 1). Tal fato sugere que o maior tempo de armazenamento do solo favoreceu o crescimento das plântulas, uma vez que as demais variáveis foram as mesmas para todos os períodos de exposição (as variáveis físicas — temperatura, umidade e iluminação — permaneceram inalteradas, e as sementes utilizadas originaram-se do mesmo lote).

Em relação aos valores significativamente maiores de altura e massa seca das plântulas em solos contaminados com

difenoconazol no primeiro tempo de exposição (dia 0), sabe-se que alguns fungicidas triazóis são descritos como reguladores de crescimento vegetal (FLETCHER; HOFSTRA; GAO, 1986), podendo favorecer, por exemplo, o processo de fotossíntese das plantas (MUTHUKUMARASAMY; PANNEERSELVAM, 1997; PETIT *et al.*, 2012), bem como amenizar estresses provocados por diversos fatores, como salinidade (MUTHUKUMARASAMY; PANNEERSELVAM, 1997), agentes oxidativos e senescência das células (WU; VON TIEDEMANN, 2002).



*Diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os mesmos tratamentos em relação a diferentes tempos de exposição (dias 0 e 28);

**diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre o respectivo tratamento e o controle no mesmo tempo de exposição (dia 0).

Figura 1 – Valores e erros padrão de (A) germinação de sementes; (B) massa fresca; (C) massa seca; (D) altura da parte aérea de tomate (*Lycopersicon lycopersicum*) em testes iniciados após 0, 28, 56 e 84 dias da contaminação do solo com as doses recomendadas do inseticida/acaricida (ingrediente ativo: abamectina) e do fungicida (ingrediente ativo: difenoconazol), bem como a mistura de ambos.

Além dos efeitos do fungicida (IA difenoconazol) sobre a altura e a massa seca das plântulas, também foi possível observar uma influência positiva do inseticida/acaricida (IA abamectina) aplicado isoladamente sobre esse último parâmetro, bem como uma possível contribuição positiva da mistura dos produtos em relação à massa seca (Figura 1). As avermectinas são descritas como princípios que possuem fitotoxicidade baixa ou nula, mas, ao contrário dos triazóis, não são relatados casos de estímulo fisiológico ao crescimento de vegetais (HALLEY; NESSEL; LU, 1989; HALLEY; VANDENHEUVEL; WISLOCKI, 1993). Sendo assim, a composição biológica do solo, que se limitou às comunidades microbianas do solo, pode ter influenciado o crescimento de plantas, conforme já descrito em diversos outros trabalhos (FRANKLIN; MILLS, 2007; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Em relação a essa hipótese, a abamectina é normalmente descrita como um princípio que não apresenta atividade antibacteriana ou antifúngica, exceto em altíssimas doses (BAI; OGBOURNE, 2016). Além disso, uma das principais vias de degradação do composto é a atividade metabólica microbiana, que transforma a molécula original de avermectina B_{1a} (da qual mais de

80% da abamectina é composta) em 8a-hidroxi-avermectina B_{1a}, principalmente (HALLEY; VANDENHEUVEL; WISLOCKI, 1993). Considerando tais fatores, a abamectina pode ter servido como substrato e estimulado o crescimento de populações microbianas benéficas ao crescimento das plântulas.

A hipótese de influência dos microrganismos no crescimento das plântulas é corroborada pelo fato de que a emergência delas, única variável que não representou um indicador de crescimento propriamente dito, não apresentou, em qualquer tratamento, variações significativas nos diferentes períodos de exposição. De fato, a germinação de sementes tem se mostrado como o parâmetro menos sensível dentre os usualmente avaliados em testes de fitotoxicidade de agrotóxicos (SHAKIR *et al.*, 2016), muito embora já tenham sido relatados efeitos negativos sobre tal variável diante de doses altas de abamectina e difenoconazol (BERNARDES *et al.*, 2015; SHAKIR *et al.*, 2016).

Com o objetivo de auxiliar o entendimento da influência das comunidades microbianas no crescimento das plântulas, a Figura 2 apresenta os valores da BMC cor-

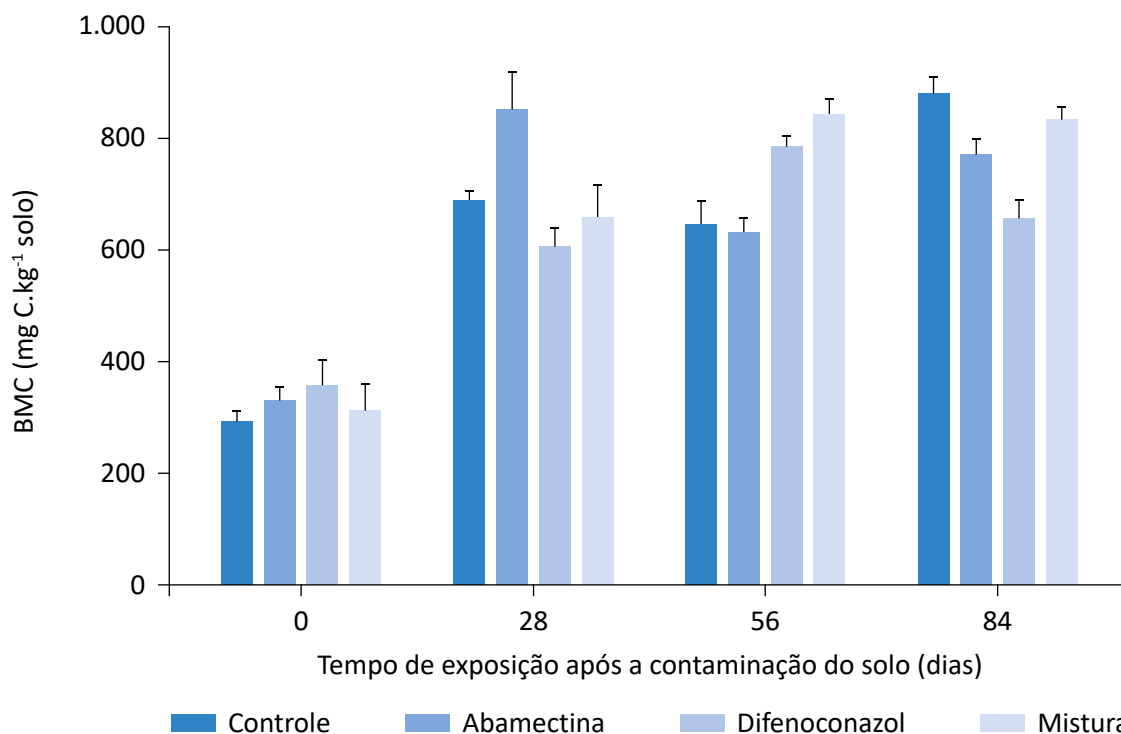


Figura 2 – Valores e erros padrão da biomassa microbiana de carbono do solo após 0, 28, 56 e 84 dias da contaminação deste com as doses recomendadas para o tomate (*Lycopersicon lycopersicum*) do inseticida/acaricida, do fungicida e da mistura de ambos.

respondentes a cada um dos tempos de exposição e tratamentos. A Tabela S1, disponível como material suplementar, traz os resultados da ANOVA de duas vias realizada para a BMC e indica as diferenças significativas entre tratamentos e entre tempos de exposição.

Para todos os tratamentos, os valores de BMC da primeira análise se mostraram menores do que nas análises subsequentes. A primeira análise não revelou diferenças significativas entre os valores de BMC dos diferentes tratamentos, ao contrário do que pode ser observado para alguns tratamentos nas análises realizadas após 28, 56 e 84 dias da contaminação do solo. Todos os tratamentos apresentaram diversas diferenças significativas entre os tempos de análise (Tabela S1), fator que pareceu exercer relevante influência nos valores mensurados de BMC, tal qual ocorreu para os parâmetros de crescimento das plantas.

Acerca das possíveis influências das comunidades microbianas nos parâmetros de crescimento das plântulas, observa-se crescimento generalizado dos microrganismos do solo após a análise inicial (Figura 2). Nesse primeiro período, as comunidades microbianas possivelmente ainda se encontravam em processo de estabilização após a inoculação do substrato microbiano cinco dias antes e nota-se que a biomassa não se mostrou estatisticamente diferente entre quaisquer tratamentos na análise inicial. Nas análises posteriores (28, 56 e 84 dias), o maior intervalo de tempo possibilitou o crescimento das comunidades a ponto de, aparentemente, estabilizar seus níveis de reprodução e crescimento, conforme esperado em razão do limite espacial do *habitat* edáfico fornecido no laboratório (FRANKLIN; MILLS, 2007; VOS *et al.*, 2013).

É importante frisar que as análises da BMC foram feitas com o solo em situação imediatamente anterior ao plantio das sementes, o que significa que as variações da BMC podem servir para explicar determinados resultados no crescimento do tomate, mas que a recíproca não é verdadeira, isto é, o plantio do tomate não afetou os valores de BMC aqui expressados.

Embora o tratamento com fungicida possa ter afetado negativamente as comunidades fúngicas do solo, o carbono da biomassa microbiana não parece ter sido afetado como um todo na primeira análise (dia 0). Sabe-se que as comunidades microbianas do solo são, em termos de densidade, formadas majoritariamente por bactérias,

seguidas das comunidades de fungos e demais microrganismos (COLEMAN; CALLAHAM; CROSSLEY, 2017; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Parte das bactérias do solo é considerada fungívora, ou seja, utiliza-se dos fungos ou de parte deles como fonte adicional de nutrientes, mormente por processos de necrotrofia extracelular e biotrofia extra e endocelular (LEVEAU; PRESTON, 2008).

Independentemente do mecanismo de atuação das bactérias nesses casos, a possível morte dos fungos ou o comprometimento de suas funções em decorrência da ação fungicida podem ter auxiliado o crescimento e a reprodução de bactérias. Ademais, outros tipos de microrganismos edáficos que apresentam comportamento fungívoro, tais como os protozoários, também podem se beneficiar do enfraquecimento das comunidades de fungos (GEISEN *et al.*, 2016). Isso explicaria por que, mesmo em um solo tratado com um fungicida, o carbono da biomassa microbiana como um todo não foi afetado.

A degradação dos agrotóxicos utilizados é outro fator que pode estar ligado ao tempo de exposição e à composição biológica do solo, podendo também ter influenciado os resultados obtidos. A velocidade de degradação dos compostos, geralmente expressada por sua meia-vida, varia bastante em função das diversas singularidades que os influenciam no meio em que estão presentes, tais como luminosidade, tipo de solo e temperatura (WISLOCKI; GROSSO; DYBAS, 1989). Em condições semelhantes às conduzidas neste trabalho, isto é, laboratório com temperatura de 23°C, solo franco-argiloso em condições aeróbias reduzidas pela alta umidade e incidência periódica de radiação ultravioleta, a meia-vida dos ingredientes ativos aplicados em doses semelhantes é descrita como variando aproximadamente de 3 a 14 dias para a abamectina (BAI; OGBOURNE, 2016; HALLEY; NESSEL; LU, 1989) e de 33 a 55 dias para o difenoconazol (THOM; OTTOW; BENCKISER, 1997). Isto posto, é provável que a ausência de diferenças significativas dos parâmetros de crescimento das plântulas entre diferentes tratamentos após 28, 56 e 84 dias da contaminação do solo (Figura 1) também tenha sido influenciada pelos processos de transformação dos produtos no solo.

Para os organismos de solo, pouco se sabe acerca dos efeitos da abamectina e de seus metabólitos, mas alguns estudos sugerem que os produtos de sua degradação apresentam toxicidade menor ou igual à molécula

primária para a fauna e a flora do solo (BAI; OGBOURNE, 2016; WISLOCKI; GROSSO; DYBAS, 1989). Tal informação carece, porém, de mais evidências, visto que a maioria desses estudos foi feita com as fezes de gado tratado com avermectinas ou se trataram de experimentos *in vitro* (BAI; OGBOURNE, 2016). Além disso, outros autores não descartam possíveis efeitos tóxicos a outros organismos edáficos, como minhocas, dos outros ingredientes que compõem a formulação comercial de agrotóxicos a base de abamectina (NUNES; DAAM; ESPÍNDOLA, 2016) ou dos ingredientes inertes de outros tipos de agrotóxicos (PEREIRA *et al.*, 2009).

Possíveis efeitos tóxicos dos denominados ingredientes inertes das formulações a base de abamectina também já foram descritos para organismos aquáticos, como os microcrustáceos *Daphnia similis* (NOVELLI *et al.*, 2012) e *Ceriodaphnia silvestrii* (CASALI-PEREIRA *et al.*, 2015). No caso deste trabalho, considerando o tempo sugerido para a degradação da abamectina, seus subprodutos não apresentaram indícios de fitotoxicidade, tampouco parecem ter apresentado o mesmo tipo de influência no solo que estimulou o crescimento das plântulas observado no primeiro período de exposição (dia 0).

No que se refere ao tratamento com a mistura dos dois agrotóxicos, o único efeito observado, apesar de não significativo estatisticamente, foi uma possível combinação antagonista para a massa seca das plântulas no primeiro tempo de exposição. O possível antagonismo observado, porém, não pôde ser confirmado nos demais períodos de exposição, o que pode ser explicado pela mudança na influência dos contaminantes ao longo do tempo, por conta, principalmente, da sua degradação. Não há registros, na literatura, sobre os possíveis efeitos da mistura de abamectina e difenoconazol nos organismos edáficos. Contudo, outros trabalhos já relataram efeitos sinérgicos ou antagonistas que fungicidas e inseticidas podem adquirir quando utilizados em conjunto, como no caso das taxas de respiração e fotossíntese do dossel de macieiras (UNTIEDT; BLANKE, 2004).

Embora a ação de ambos os agrotóxicos possivelmente tenha auxiliado pontualmente a altura e a massa seca das plantas no primeiro período de exposição, constatou-se que o controle foi o único tratamento em que a altura das plântulas não apresentou decréscimo ao longo dos tempos de exposição, indicando uma possível tendência de melhor desempenho, no longo prazo, naquele tratamento. Tais valores também são acompanhados de níveis mais elevados de biomassa microbiana, sendo que o crescimento conjunto dos dois parâmetros (altura e BMC) se relaciona pelo fato de que solos mais ricos em microrganismos podem ser benéficos às plantas em relação às funcionalidades ecológicas microbianas, tais como maior facilidade de fixação e absorção de nutrientes, decomposição e assimilação da matéria orgânica, agregação e estabilidade de agregados no solo e produção de enzimas, vitaminas e simbioses benéficas às plantas (COLEMAN; CALLAHAM; CROSSLEY, 2017; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As demais variações da biomassa microbiana parecem apresentar uma complexidade maior do que os parâmetros analisados podem explicar, isto é, possivelmente decorrem das interações microbianas de competição, cooperação, predação e outras inúmeras relações que ocorrem entre os microrganismos presentes no solo. Ademais, o tipo de experimentação em menor escala, com limitações físicas à entrada de agentes físicos, químicos ou biológicos externos, tende a favorecer o alcance e a manutenção de uma abundância microbiana ao longo do tempo (FRANKLIN; MILLS, 2007; TREVES *et al.*, 2003).

Por fim, o fato de não ser possível observar, para a massa fresca, os mesmos resultados encontrados para a massa seca das plântulas pode ser explicado pelas flutuações a que a primeira está sujeita quanto à umidade incorporada pelas plântulas no momento de seu corte e pesagem. Isso sugere a massa seca como um parâmetro mais preciso do que a fresca para avaliação de fitotoxicidade.

CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho indicam que as diferenças entre os distintos períodos de exposição tiveram influência de ambos os agrotóxicos apenas no primeiro período, possivelmente em função da degradação dos compostos e melhor estabilização das comunidades microbianas nos períodos de exposição posteriores.

Em relação aos possíveis efeitos tóxicos dos produtos, constatou-se que ambos os agrotóxicos não afetaram negativamente a germinação ou o crescimento da espécie de tomate *Lycopersicon lycopersicum*. Não obstante, observou-se uma melhor tendência de crescimento das plântulas no solo controle em longo prazo, em detrimen-

to dos solos contaminados pelos agrotóxicos. Para as misturas, foi observado um possível efeito antagônico apenas para a massa seca no primeiro tempo de exposição, não indicando maiores consequências ao crescimento das plantas dos produtos utilizados em combinação.

Frisa-se que a fitotoxicidade ou outros efeitos ambientais desses agrotóxicos em condições de campo podem diferir dos resultados aqui encontrados, em virtude de aplicações repetidas e em doses maiores do que

as recomendadas (NUNES; ESPÍNDOLA, 2012; PERES; MOREIRA, 2003).

Por fim, reitera-se a importância do cumprimento das recomendações de aplicação de ambos os agrotóxicos avaliados por parte dos agricultores e recomenda-se a iniciativa de diminuição progressiva da sua utilização, uma vez que mesmo alterações microbiológicas provocadas por eles podem contribuir com mudanças de maior magnitude, dada a sua escala de utilização.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Anvisa). *Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos: relatório das análises de amostras monitoradas no período de 2013 a 2015*. Brasília: Anvisa, 2016.
- ANDRÉA, M. M.; HOLLWEG, M. J. M. Comparação de métodos para determinação de biomassa microbiana em dois solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 6, p. 981-986, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000600006>
- ARMAGAN, G.; ÖZDEN, A.; DIMITROVSKI, D. Food production and pesticide use: A dilemma in agriculture. *Fresenius Environmental Bulletin*, v. 24, n. 12, p. 4364-4369, 2015.
- BAI, S. H.; OGBOURNE, S. Eco-toxicological effects of the avermectin family with a focus on abamectin and ivermectin. *Chemosphere*, v. 154, p. 204-214, jul. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.03.113>
- BERNARDES, P. M.; ANDRADE-VIEIRA, L.; ARAGÃO, F. B.; FERREIRA, A.; FERREIRA, M. Toxicity of Difenconazole and Tebuconazole in *Allium cepa*. *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 226, n. 7, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2462-y>
- BHAT, A. K. Effect of pesticides on non-target sites with reference to soil ecosystems. In: ABROL, D. P.; SHANKAR, U. (Orgs.). *Integrated Pest Management: Principles and practice*. Reino Unido: Cabi, 2012. p. 370-385.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Relatório de produtos formulados: Kraft 36 EC*. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2015a.
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Relatório de produtos formulados: Score 250 EC*. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2015b.
- CASALI-PEREIRA, M. P.; DAAM, M. A.; DE RESENDE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; ESPÍNDOLA, E. L.; BOTTA, C. M. Toxicity of Vertimec® 18 EC (active ingredient abamectin) to the neotropical cladoceran *Ceriodaphnia silvestrii*. *Chemosphere*, v. 139, p. 558-564, nov. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.08.006>
- CEDERGREEN, N. Quantifying synergy: A systematic review of mixture toxicity studies within environmental toxicology. *PLoS One*, v. 9, n. 5, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096580>
- CHEMINOVA BRASIL LTDA. *Ficha de informação de segurança de produto químico*. São Paulo: Cheminova Brasil. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Inseticidas/kraft.pdf>>. Acesso em: set. 2016.
- COLEMAN, D. C.; CALLAHAM, M. A., Jr.; CROSSLEY, D. A., Jr. *Fundamentals of Soil Ecology*. 3. ed. Nova York: Elsevier, 2017.
- DIAS, M. C. Phytotoxicity: An Overview of the Physiological Responses of Plants Exposed to Fungicides. *Journal of Botany*, v. 2012, p. 1-4, 2012. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/135479>

- FLETCHER, R. A.; HOFSTRA, G.; GAO, J.-G. Comparative fungitoxic and plant growth regulating properties of triazole derivatives. *Plant and Cell Physiology*, v. 27, n. 2, p. 367-371, 1986. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a077111>
- FLORES, L.; BANJAC, Z.; FARRÉ, M.; LARRAÑAGA, A.; MAS-MARTÍ, E.; MUÑOZ, I.; BARCELÓ, D.; ELOSEGI, A. Effects of a fungicide (imazalil) and an insecticide (diazinon) on stream fungi and invertebrates associated with litter breakdown. *Science of the Total Environment*, v. 476-477, p. 532-541, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.059>
- FRANKLIN, R. B.; MILLS, A. L. Introduction. In: FRANKLIN, R. B.; MILLS, A. L. (Orgs.). *The Spatial Distribution of Microbes in the Environment*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2007. p. 1-30.
- GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. *Planta Daninha*, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582015000100010>
- GEISEN, S.; KOLLER, R.; HÜNNINGHAUS, M.; DUMACK, K.; URICH, T.; BONKOWSKI, M. The soil food web revisited: diverse and widespread mycophagous soil protists. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 94, p. 10-18, mar. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.11.010>
- GOPALAKRISHNAN, S.; SATHYA, A.; VIJAYABHARATHI, R.; VARSHNEY, R. K.; GOWDA, C. L. L.; KRISHNAMURTHY, L. Plant growth promoting rhizobia: challenges and opportunities. *3 Biotech*, v. 5, n. 4, p. 355-377, 2015. <https://doi.org/10.1007/s13205-014-0241-x>
- HALLEY, B. A.; NESSEL, R. J.; LU, A. Y. H. Environmental Aspects of Ivermectin Usage in Livestock: General Considerations. In: CAMPBELL, W. C. (Org.). *Ivermectin and Abamectin*. Nova: Springer, 1989. p. 162-172.
- HALLEY, B. A.; VANDENHEUVEL, W. J. A.; WISLOCKI, P. G. Environmental effects of the usage of avermectins in livestock. *Veterinary Parasitology*, v. 48, n. 1-4, p. 109-125, 1º jun. 1993. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(93\)90149-H](https://doi.org/10.1016/0304-4017(93)90149-H)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *Soil quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora*. Part 2: Effects of contaminated soil on the emergence and early growth of higher plants. ISO, 2005.
- JENSEN, J.; SCOTT-FORDSMAND, J. J. Ecotoxicity of the veterinary pharmaceutical ivermectin tested in a soil multi-species (SMS) system. *Environmental Pollution*, v. 171, p. 133-139, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.07.014>
- KOŁODZIEJSKA, M.; MASZKOWSKA, J.; BIAŁK-BIELIŃSKA, A.; STEUDTE, S.; KUMIRSKA, J.; STEPNOWSKI, P.; STOLTE, S. Aquatic toxicity of four veterinary drugs commonly applied in fish farming and animal husbandry. *Chemosphere*, v. 92, n. 9, p. 1253-1259, ago. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.04.057>
- KRAEHMER, H.; LABER, B.; ROSINGER, C.; SCHULZ, A. Herbicides as Weed Control Agents: State of the Art: I. Weed Control Research and Safener Technology: The Path to Modern Agriculture. *Plant Physiology*, v. 166, n. 3, p. 1119-1131, 2014. <https://doi.org/10.1104/pp.114.241901>
- LEVEAU, J. H. J.; PRESTON, G. M. Bacterial mycophagy: definition and diagnosis of a unique bacterial–fungal interaction. *New Phytologist*, v. 177, n. 4, p. 859-876, 1º mar. 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02325.x>
- MARTINELLI, L. A.; COLETTA, L. D.; LINS, S. R. M.; MARDEGAN, S. F.; VICTORIA, D. C. Brazilian agriculture and its sustainability. In: STEIER, G.; PATEL, K. (Orgs.). *International Food Law and Policy*. Nova York: Springer, 2017. p. 767-792.
- MENEZES-OLIVEIRA, V. B.; SCOTT-FORDSMAN, J. J.; SOARES, A. M. V. M.; AMORIM, M. J. B. Development of ecosystems to climate change and the interaction with pollution—Unpredictable changes in community structures. *Applied Soil Ecology*, v. 75, p. 24-32, mar. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.10.004>
- MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.

- MOREIRA, R. A.; DAAM, M. A.; VIEIRA, B. H.; SANCHES, A. L.; REGHINI, M. V.; DA SILVA MANSANO, A.; DE FREITAS, E. C.; ESPINDOLA, E. L.; ROCHA, O. Toxicity of abamectin and difenoconazole mixtures to a Neotropical cladoceran after simulated run-off and spray drift exposure. *Aquatic Toxicology*, v. 185, p. 58-66, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.02.001>
- MUTHUKUMARASAMY, M.; PANNEERSELVAM, R. Amelioration of NaCl stress by triadimefon in peanut seedlings. *Plant Growth Regulation*, v. 22, n. 3, p. 157-162, 1997. <https://doi.org/10.1023/A:1005819207395>
- NOVELLI, A.; VIEIRA, B. H.; VASCONCELOS, A. M.; PERET, A. C.; ESPINDOLA, E. L. G. Field and laboratory studies to assess the effects of Vertimec® 18EC on *Daphnia similis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 75, p. 87-93, 1º jan. 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.08.016>
- NUNES, M. E. T.; DAAM, M. A.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Survival, morphology and reproduction of *Eisenia andrei* (Annelida, Oligochaeta) as affected by Vertimec® 18 EC (a.i. abamectin) in tests performed under tropical conditions. *Applied Soil Ecology*, v. 100, p. 18-26, abr. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.11.023>
- NUNES, M. E. T.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Sensitivity of *Eisenia andrei* (Annelida, Oligochaeta) to a commercial formulation of abamectin in avoidance tests with artificial substrate and natural soil under tropical conditions. *Ecotoxicology*, v. 21, n. 4, p. 1063-1071, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10646-012-0859-6>
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *OECD Guidelines for the testing of chemicals: Terrestrial Plant Test - Seedling Emergence and Seedling Growth Test*. OECD, 2006.
- PANIZZI, S.; SUCIU, N. A.; TREVISAN, M. Combined ecotoxicological risk assessment in the frame of European authorization of pesticides. *Science of the Total Environment*, v. 580, p. 136-146, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.154>
- PEREIRA, J. L.; ANTUNES, S. C.; CASTRO, B. B.; MARQUES, C. R.; GONÇALVES, A.M.; GONÇALVES, F.; PEREIRA, R. Toxicity evaluation of three pesticides on non-target aquatic and soil organisms: commercial formulation versus active ingredient. *Ecotoxicology*, v. 18, n. 4, p. 455-463, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10646-009-0300-y>
- PERES, F.; MOREIRA, J. C. (Orgs.). *É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.
- PETIT, A.-N.; FONTAINE, F.; VATSA, P.; CLÉMENT, C.; VAILLANT-GAVEAU, N. Fungicide impacts on photosynthesis in crop plants. *Photosynthesis Research*, v. 111, n. 3, p. 315-326, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11120-012-9719-8>
- PIMENTEL, D.; BURGESS, M. Small amounts of pesticides reaching target insects. *Environment, Development and Sustainability*, v. 14, n. 1, p. 1-2, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10668-011-9325-5>
- SHAKIR, S. K.; KANWAL, M.; MURAD, W.; ZIA, UR REHMAN; SHAFIQ UR REHMAN; DAUD, M. K.; AZIZULLAH, A. Effect of some commonly used pesticides on seed germination, biomass production and photosynthetic pigments in tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Ecotoxicology*, v. 25, n. 2, p. 329-341, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10646-015-1591-9>
- SILVA, M. R. *Gestão de embalagens de agrotóxicos - logística reversa em pequenos municípios brasileiros: o caso do município de Bom Repouso, MG*. Dissertação (Mestrado)—Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.
- SPARLING, G. P.; WEST, A. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C labelled cells. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 20, n. 3, p. 337-343, 1988. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(88\)90014-4](https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90014-4)
- SYNGENTA PROTEÇÃO DE CULTIVOS LTDA. *Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: Score 250 EC*. Syngenta Proteção de Cultivos, 2016. Disponível em: <https://www.extrapratica.com.br/BR_Docs/Portuguese/FISPQ/SCORE.pdf>. Acesso em: set. 2017.

THOM, E.; OTTOW, J. C. G.; BENCKISER, G. Degradation of the fungicide difenoconazole in a silt loam soil as affected by pretreatment and organic amendment. *Environmental Pollution*, v. 96, n. 3, p. 409-414, 1º jan. 1997. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(97\)00037-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(97)00037-7)

TREVES, D. S.; ZIA, B.; ZHOU, J.; TIEDJE, J. M. A Two-Species Test of the Hypothesis That Spatial Isolation Influences Microbial Diversity in Soil. *Microbial Ecology*, v. 45, n. 1, p. 20-28, 2003. <https://doi.org/10.1007/s00248-002-1044-x>

UNTIEDT, R.; BLANKE, M. M. Effects of fungicide and insecticide mixtures on apple tree canopy photosynthesis, dark respiration and carbon economy. *Crop Protection*, v. 23, n. 10, p. 1001-1006, out. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.02.012>

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6)

VOS, M.; WOLF, A. B.; JENNINGS, S. J.; KOWALCHUK, G. A. Micro-scale determinants of bacterial diversity in soil. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 37, n. 6, p. 936-954, 1º nov. 2013. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12023>

WISLOCKI, P. G.; GROSSO, L. S.; DYBAS, R. A. Environmental Aspects of Abamectin Use in Crop Protection. In: CAMPBELL, W. C. (Org.). *Ivermectin and Abamectin*. Nova York: Springer, 1989. p. 182-200.

WU, Y.; VON TIEDEMANN, A. Impact of fungicides on active oxygen species and antioxidant enzymes in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) exposed to ozone. *Environmental Pollution*, v. 116, n. 1, p. 37-47, jan. 2002.

Material Suplementar

Tabela S1 – Análise de variância de duas vias da biomassa microbiana de carbono.

| Comparações entre tratamentos nos mesmos tempos | | | | Comparações do mesmo tratamento entre tempos | | | |
|---|------------|-------------------------|---------|--|------------|-------------------------|---------|
| | Comparação | Diferenças entre médias | Valor p | | Comparação | Diferenças entre médias | Valor p |
| Entre tratamentos (tempo 0) | D vs. C | 65,11 | 0,235 | Entre tempos (controle) | 84 vs. 0 | 601,61 | < 0,001 |
| | D vs. M | 44,43 | 0,417 | | 28 vs. 0 | 394,34 | < 0,001 |
| | A vs. C | 40,22 | 0,462 | | 56 vs. 0 | 377,10 | < 0,001 |
| | D vs. A | 24,89 | 0,649 | | 84 vs. 56 | 224,52 | < 0,001 |
| | M vs. C | 20,68 | 0,705 | | 84 vs. 28 | 207,27 | < 0,001 |
| | A vs. M | 19,53 | 0,72 | | 28 vs. 56 | 17,25 | 0,752 |
| Entre tratamentos (tempo 28) | A vs. D | 247,27 | < 0,001 | Entre tempos (abamectina) | 28 vs. 0 | 522,31 | < 0,001 |
| | A vs. M | 180,92 | 0,001 | | 84 vs. 0 | 502,31 | < 0,001 |
| | A vs. C | 168,18 | 0,003 | | 56 vs. 0 | 340,49 | < 0,001 |
| | C vs. D | 79,09 | 0,151 | | 28 vs. 56 | 181,82 | 0,001 |
| | M vs. D | 66,36 | 0,227 | | 84 vs. 56 | 161,82 | 0,004 |
| | C vs. M | 12,74 | 0,816 | | 28 vs. 84 | 20,01 | 0,714 |
| Entre tratamentos (tempo 56) | M vs. C | 184,52 | 0,001 | Entre tempos (difenoconazol) | 56 vs. 0 | 429,23 | < 0,001 |
| | M vs. A | 180,91 | 0,001 | | 84 vs. 0 | 319,22 | < 0,001 |
| | D vs. C | 117,24 | 0,035 | | 28 vs. 0 | 250,14 | < 0,001 |
| | D vs. A | 113,63 | 0,041 | | 56 vs. 28 | 179,08 | 0,002 |
| | M vs. D | 67,28 | 0,22 | | 56 vs. 84 | 110,00 | 0,047 |
| | A vs. C | 3,61 | 0,947 | | 84 vs. 28 | 69,08 | 0,208 |
| Entre tratamentos (tempo 84) | C vs. D | 217,28 | < 0,001 | Entre tempos (mistura) | 56 vs. 0 | 540,94 | < 0,001 |
| | M vs. D | 159,10 | 0,005 | | 84 vs. 0 | 522,75 | < 0,001 |
| | A vs. D | 158,19 | 0,005 | | 28 vs. 0 | 360,93 | < 0,001 |
| | C vs. A | 59,09 | 0,281 | | 56 vs. 28 | 180,01 | 0,002 |
| | C vs. M | 58,18 | 0,289 | | 84 vs. 28 | 161,83 | 0,004 |
| | M vs. A | 0,91 | 0,987 | | 56 vs. 84 | 18,18 | 0,739 |

Os valores p em **negrito** denotam diferenças significativas ($p < 0,05$).

D: difenoconazol; C: controle; M: mistura; A: abamectina.

