

DIEGO FERNANDO VARGAS CABRERA

**PRODUÇÃO, AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DA REQUEIMA, DA
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE
FUNGICIDAS EM TOMATEIRO CULTIVADO EM DIFERENTES
SISTEMAS DE CULTIVO**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016**

T

V297p
2016

Vargas Cabrera, Diego Fernando, 1988-
Produção, avaliação da severidade de requeima, da tecnologia de aplicação e quantificação de resíduos de fungicidas em tomateiro cultivado em diferentes sistemas de cultivo / Diego Fernando Vargas Cabrera. - Viçosa, MG, 2016.
xi, 78f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Inclui apêndice.

Orientador: Derly José Henriques da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Tomate - Produtividade. 2. Tomate - Cultivo. 3. *Solanum lycopersicum*. 4. Requeima. 5. Pesticida - Técnicas de aplicação.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.
Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.


CDD 22. ed. 635.6425

DIEGO FERNANDO VARGAS CABRERA

**PRODUÇÃO, AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DA REQUEIMA, DA
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE
FUNGICIDAS EM TOMATEIRO CULTIVADO EM DIFERENTES
SISTEMAS DE CULTIVO**

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

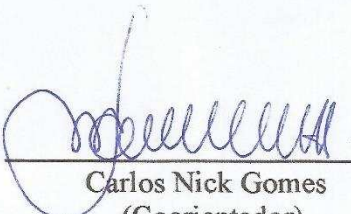
APROVADA: 04 de abril de 2016.




Maria Eliana Lopes Ribeiro de Queiros



Davi Mesquita de Macedo



Carlos Nick Gomes
(Coorientador)



Derly José Henriques da Silva
(Orientador)

"A vida só pode ser compreendida olhando-se para trás; mas só pode ser vivida olhando-se para a frente."

Soren Kierkegaard

Dedicatória

À minha mãe, Fanny Cabrera Murcia (in memorium), pela educação, carinho, amor e por tudo que fez por mim ao longo da vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus pela oportunidade e por ter me concedido força de vontade para realizar este trabalho.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, Argemiro Vargas e Fanny Cabrera, que me educaram para que soubesse atribuir os devidos valores às conquistas.

A Universidade Federal de Viçosa, UFV, representada pelos professores e funcionários que colaboram para a formação pessoal do corpo discente, principalmente ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, por me conceder a oportunidade de realização desse curso.

Ao Prof. Derly José Henriques da Silva, estando sempre presente no desenvolvimento do trabalho, não somente pela excelente orientação, mas pelo incentivo, amizade e confiança.

A todos os amigos e colegas da equipe NEO em especial ao Victor de Souza Almeida e Nathália Araújo pela amizade, pela disponibilidade e pelos aconselhamentos, os quais contribuíram diretamente no desenvolvimento deste trabalho.

Ao laboratório de química analítica LAQUA e em especial à professora Maria Eliana Lopez ribeiro de Queiros pela disponibilidade e boa vontade em me ajudar

Enfim, a todos que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho e para minha formação, expresso meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigado !!

BIOGRAFIA

DIEGO FERNANDO CARGAS CABRERA, filho de Argemiro Vargas Ortiz e Fanny Cabrera Murcia, nasceu no município de Pitalito (Huila), Colômbia, em 14 de março de 1988.

Em fevereiro de 2014, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Tolima, Colômbia.

Iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia em março de 2014, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, submetendo-se à defesa de dissertação em 4 de abril de 2016.

SUMÁRIO

RESUMO	IX
ABSTRACT.....	XI
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERENCIAS.....	3
CAPÍTULO I.....	13
SEVERIDADE DA REQUEIMA (<i>Phytophthora infestans</i>) EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO TOMATEIRO	13
ABSTRACT.....	16
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.1. Localização e caracterização do experimento	19
2.4 Tratos culturais	20
2.5. Sistemas de cultivo do tomateiro avaliados	20
2.6. Avaliação da severidade	20
2.7. Mensurações do clima.....	22
2.8. Avaliação da produtividade	22
2.9. Delineamento experimental.....	22
2.10. Análises estatísticas	22
3. RESULTADOS	23
3.1. Dados meteorológicos	23
3.2. Progresso da doença	23
3.4. Avaliação da produtividade	27
3. DISCUSSÃO.....	30
CONCLUSÃO.....	32
5. REFERENCIAS.....	32
6. ANEXOS.....	36
CAPÍTULO 2	37
AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DE APLICACION AGROTOXICOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO TOMATEIRO	37
RESUMO	38
ABSTRACT.....	39
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E METODOS.....	42
2.1. Localização e caracterização do experimento	42

2.2.	Equipamentos utilizados.....	42
2.3.	Sistemas de cultivo testados	42
2.4.	Determinação da aplicação da calda nos sistemas de cultivo.....	44
2.5.	Determinação e análise dos parâmetros técnicos da aplicação	45
2.6.	Densidade de gotas.....	45
2.7.	Porcentagem de cobertura	45
2.9.	Avaliação da deposição da calda.....	45
2.10.	Determinação da deposição da calda na folha.....	46
2.11.	Determinação da área foliar.....	46
2.12.	Determinação da deposição da calda por área foliar.....	46
2.13.	Calibração do espectrofotômetro.....	47
2.15.	Condições climáticas.....	48
2.16.	Delineamento experimental.....	48
3.	RESULTADOS	48
4.	DISCUSSÃO.....	54
5.	CONCLUSÃO	56
6.	REFERENCIAS.....	56
CAPITULO 3		59
QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE AGROTOXICOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO TOMATEIRO PELO MÉTODO DE EXTRAÇÃO ESL-PBT COM PARTIÇÃO EM PAIXA TEMPERATURA.....		59
RESUMO		60
ABSTRACT.....		61
1.	INTRODUÇÃO.....	62
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	63
2.1.	Localização e caracterização do experimento	63
2.2.	Sistemas de cultivo do tomateiro avaliados	64
2.3.	Agrotóxicos avaliados	64
2.4.	Coleta de amostras para a avaliação de resíduos de agrotóxicos nos diferentes sistemas de condução do tomateiro	65
2.5.	Análise cromatográfica.....	66
2.6.1.	Preparo das soluções-padrão	66
2.7.	Extração solido-liquido com partição em baixa temperatura (ESL-PBT)	67
2.7.1.	Preparo das amostras de tomate.....	67
2.7.2.	Extração dos agrotóxicos em tomate.....	67
2.9.	Delineamento experimental.....	68
3.	RESULTADOS	68

4. DISCUSSÃO.....	73
5. CONCLUSÃO.....	75
6. REFERENCIAS.....	75
CONCLUSÃO GERAL.....	78

RESUMO

VARGAS CABRERA, Diego Fernando, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, Abril de 2016. **Produção, avaliação da severidade da requeima, da tecnologia de aplicação e quantificação de resíduos de fungicidas em tomateiro cultivado em diferentes sistemas de cultivo.** Orientador: Derly José Henriques da Silva. Coorientador: Carlos Nick Gomes.

A produção de tomate (*Solanum lycopersicum*) é limitada por vários fatores, dentre estes, as doenças de plantas. A requeima é causada por *Phytophthora infestans*, sendo considerada de grande importância pelos danos causados na cultura do tomateiro. O excesso no uso de pesticidas para o controle de doenças pode levar a um aumento nos custos de produção, acúmulo de resíduos nos frutos e problemas de saúde para trabalhadores do campo e consumidores. Por conseguinte, é necessário o desenvolvimento de novos sistemas agrícolas que atendam aos aspectos econômico, ecológico e social, buscando atingir a sustentabilidade econômica fundamentada na redução dos custos de produção e redução da agressão ao planeta. No Brasil, os principais sistemas de cultivo do tomateiro são o Vertical e Cerca Cruzada, nestes sistemas tem diferentes características que podem afetar o desenvolvimento de doenças e dificuldade na aplicação de agrotóxicos, por conseguinte, recentemente foi desenvolvido um novo sistema de cultivo do com o principal objetivo de aumentar a produtividade, o qual foi denominado “Sistema Viçosa”. Este sistema tem um conjunto de técnicas no qual resultou em aumento de 61% na produção com até 223% na produtividade e rentabilidade, principalmente pelo maior adensamento quando comparado aos sistemas tradicionais, equivalendo para o Cerca Cruzada de (16.667 plantas hectare⁻¹), no Vertical (16.667 plantas hectare⁻¹), e os novos sistemas de cultivo Viçosa (25.000 plantas hectare⁻¹) e Viçosa Adensado (62.500 plantas hectare⁻¹). Para avaliar a severidade da requeima, tecnologia de aplicação e quantificação de resíduos nos frutos nos sistemas tradicionais e novos sistemas de cultivo, foram conduzidos três experimentos em condições de campo na área de pesquisa do Setor de Olericultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, de abril a setembro de 2015. O 1º experimento consistiu em avaliar a severidade da requeima (*Phytophthora infestans*) em diferentes sistemas de cultivo do tomateiro; 2º: avaliar eficiência da tecnologia de aplicação de agrotóxicos; 3º: determinar a influência do sistema de cultivo e a tecnologia de aplicação na deposição e quantidade de resíduos

de agrotóxicos em frutos de tomate. Foi possível concluir que o sistema Cerca Cruzada teve maiores valores na severidade da doença nos terços médio e superior. Os sistemas Viçosa e Viçosa Adensado foram afetados igualmente em todos os terços da planta, foram significativamente menores comparados ao sistema Cerca Cruzada, indicando que as características deste sistema favorecem severidade à requeima do tomateiro. Nos resultados das avaliações feitas na tecnologia de aplicação nos diferentes sistemas de cultivo indicam que a densidade de folhas e a disposição da planta influenciaram na deposição e cobertura de gotas, conhecido como “efeito guarda-chuva”. A redução da deposição de gotas ocorre à medida que as partículas se movimentam para baixo através do dossel e dificulta a penetração de gotas nas partes mais internas da planta, afetando eficiência das aplicações nos diferentes sistemas de cultivo. Houve diferença significativa na quantificação dos resíduos de Clorotalonil e Difenconazol entre os sistemas de cultivo no Sistema de Cultivo Adensado Viçosa foram observados menores valores na deposição quando comparados aos demais sistemas. O sistema Viçosa e Viçosa Adensado, pode aumentar a sustentabilidade agrícola, atingindo os aspectos econômicos e sociais, fundamentada no uso de técnicas que aumentam a produção e reduzem os custos, além de reduzir o uso dos produtos químicos, promovendo, assim, alimentos mais saudáveis.

ABSTRACT

VARGAS CABRERA, Diego Fernando, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2016. **Severity of late blight (*Phytophthora infestans*) and evaluation of the application of technology in different tomato cultivation systems.** Adviser: Derly José Henriques da silva. Co-Adviser: Carlos Nick Gomes.

The production of tomato (*Solanum lycopersicum*) is limited by several factors, among them, plant diseases. Late blight is caused by *Phytophthora infestans* and is considered of great importance. Excessive use of pesticides to control diseases can lead to an increase in production costs, waste accumulation in fruits and health problems for farm workers and consumers. Therefore, the development of new agricultural systems that meet the economic, ecological and social aspects and the economic sustainability based on the reduction of production costs and reduced aggression to the planet. In Brazil, the main and traditional farming systems used are the Vertical and About Crusade, these systems have different characteristics that can affect the development of diseases and difficulty in applying pesticides recently developed a new tomato cultivation system called "Viçosa system." This increases the productivity and profitability of up to 223% mainly because the bulk density when compared to traditional systems. Three experiments were conducted under field conditions in the search area of the Vegetable Crops Sector of the Department of Plant Science at the Universidade Federal de Viçosa, from April to September 2015. The first experiment was to evaluate the severity of late blight (*Phytophthora infestans*) in different tomato cultivation systems; second experiment: to determine the efficiency of the application of crop protection technology; third experiment: to determine the influence of cropping system and the application of technology in the deposition and amount of residues of pesticides in fruits of tomato. Results obtained indicate About Crusade system had higher values in the severity of disease in middle and upper thirds. The Viçosa Viçosa Dense systems were equally affected at all thirds of the plant, with lower values compared to About Cross system, indicating that the characteristics of the system favor the severity of tomato late blight. The results of the assessments made in the application of technology in different cropping systems indicate that the leaf density and layout of the plant influence the deposition and drops coverage, known as "umbrella effect". The reduction of the deposition of droplets occurs as the particles

move downward through the canopy and hinders the penetration of droplets in the inner parts of the plant, affecting the efficiency of applications in different culture systems. Quantification of waste Chlorothalonil and Difenconazole indicated that the cultivation system interfere with the amount of pesticide residues in tomato fruit, the Cultivation System Dense Viçosa had lower deposition when compared to other systems.

INTRODUÇÃO GERAL

A requeima é uma doença causada pelo patógeno *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary e é fator limitante na produção de tomate em todo o mundo. Não há variedades resistentes no Brasil (Grigolli et al., 2011), o que torna o controle químico o método em uso no controle dessa doença.

P. infestans está presente em todas as regiões onde o tomate é cultivado, sendo mais severa em períodos frios e úmidos e pode infectar caules, folhas e frutos (Fry and Goodwin, 1997). A infecção, prevalência, intensidade e severidade de *P. infestans* depende de baixas temperaturas (12-20 °C) (Fohner et al., 1984), alta umidade relativa (80 a 90%) e precipitação. Nessas condições, a taxa de infecção e crescimento do patógeno são estimuladas (Becktell et al., 2005a), podendo levar rapidamente a perdas de até 100% no cultivo (Fry, 2008; Nowicki et al., 2012) além do uso excessivo de pesticidas (Small et al., 2015).

Os custos globais para o controle da requeima são de 6,7 bilhões de dólares por ano, (Haverkort et al., 2008), ao mesmo tempo, o uso de agroquímicos evita perdas de até 45% na oferta mundial de alimentos (Oerke, 2006). O excesso no uso de pesticidas pode levar a aumento nos custos de produção, acúmulo de resíduos nos frutos e problemas de saúde para trabalhadores do campo e consumidores (Gil and Sinfort, 2005). No Brasil, as aplicações são feitas em caráter preventivo e curativo, podendo chegar a 25 ou mais por ciclo da cultura (Costa et al., 2007), resultando em até 20% dos custos de produção (Mizubuti et al., 2001).

O manejo integrado da requeima é alternativa que visa a redução no uso de agrotóxicos (Becker, 2005). A implementação de medidas de controle quando não são necessários, resultam em custos adicionais e acúmulo de produtos no meio ambiente (Small et al., 2015). A integração de medidas como a utilização de um sistema de cultivo com características adequadas, pode resultar em controle efetivo e redução nos custos (Shtienberg, 2000).

Práticas de manejo como sistemas de tutoramento podem influenciar na incidência de doenças e eficiência na aplicação de agrotóxicos, (Boff et al., 1991; Picanço et al., 1995). O sistema de tutoramento dá suporte para o desenvolvimento das plantas, evitando o contato com o solo e pode aumentar a ventilação e a iluminação ao

longo do dossel (Matos & Shirahige, 2012), influenciando principalmente a umidade relativa, temperatura, concentração de gás carbônico atmosférico e radiação solar, além de reduzir o desenvolvimento de doenças (Wamser et al., 2008)

O objetivo no controle de doenças via aplicação de agrotóxicos é depositar uniformemente uma quantidade de produto suficiente na superfície das plantas (Braekman et al., 2009a). O tipo de equipamento e o volume de calda (Braekman et al., 2009b; Medina et al., 2005; R. C. Derksen et al., 2008b) são os fatores mais importantes na eficiência da aplicação dos pesticidas. Os pulverizadores hidráulicos (manual ou motorizado) são amplamente utilizados, e normalmente não são calibrados, o que compromete a qualidade das aplicações (Sánchez-Hermosilla et al., 2011; Vallet and Tinet, 2013).

Os pulverizadores motorizados conseguem trabalhar com pressões elevadas (> 20 bar) e alto volume de calda (Sánchez-Hermosilla et al., 2013a), podendo levar ao aumentando da contaminação ambiental e contaminação dos operadores (Matthews, 2000). Esses equipamentos tem baixa eficiência, sendo que 80% do produto pode ser perdido durante a pulverização devido à deriva (até 15%), rebote (até 30%), escorrimento (até 20%) e outros processos (até 15%), além de proporcionar distribuição irregular no dossel da planta (R. C. Derksen et al., 2008a, 2008b; Sánchez-Hermosilla et al., 2012, 2011)

A avaliação e desenvolvimento de estratégias para aumentar a eficiência no controle de *P. infestans* dependem da disponibilidade de métodos para quantificação da doença (James, 1974), avaliação da eficiência das pulverizações e tecnologia de aplicação de agrotóxicos.

Os principais objetivos neste trabalho foram: avaliar a severidade da requeima (*Phytophthora infestans*) em diferentes sistemas de cultivo do tomateiro; determinar a eficiência da tecnologia de aplicação de agrotóxicos em diferentes sistemas de cultivo do tomateiro; avaliar a influência do sistema de cultivo e a tecnologia de aplicação na deposição e quantidade de resíduos de agrotóxicos em frutos de tomate.

REFERENCIAS

- Becker W. Validação de dois sistemas de previsão para o controle da requeima do tomateiro na região de Caçador, SC. *Agropecuária Catarinense*. 2005;25:125–130.
- Becktell MC, Pathology P, Daughtrey ML, Fry WE. Temperature and Leaf Wetness Requirements for Pathogen Establishment , Incubation Period, and Sporulation of *Phytophthora infestans* on *Petunia* × *hybrida*. *Plant Dis*. 2005;89:975–979.
- Boff P, Vale F, Zambolim L, Fontes P. Epidemiologia comparativa da mancha-de-estenfílio (*Stemphylium solani*) e da pinta-preta (*Alternaria solani*), em dois sistemas de condução do tomateiro. *Fitopatol Bras*. 1991;16:104–109.
- Braekman P, Foque D, Messens W, Van Labeke MC, Pieters JG, Nuyttens D. Effect of spray application technique on spray deposition in greenhouse strawberries and tomatoes. *Pest Manag Sci*. 2009a;66:203–212.
- Braekman P, Foqué D, van Labeke MC, Pieters JG, Nuyttens D. Influence of spray application technique on spray deposition in Greenhouse Ivy pot plants grown on hanging shelves. *HortScience*. 2009b;44:1921–1927.
- Costa H, Zambolim L, Vetura J. Doenças de hortaliças que se constituem em desafio para o controle. *Manejo Integr. doenças e pragas hortaliças*. Viçosa UFV. 2007.
- Fohner GR, Fry WE, White GB. Computer simulation raises question about timing protectant fungicide application frequency according to a potato late blight forecast. *Phytopathology*. 1984. p. 1145–1147.
- Fry W. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. *Mol Plant Pathol*. 2008;9:385–402.
- Fry WE, Goodwin SB. Re-emergence of potato and tomato late blight in the united states. *Plant Dis*. 1997;81:69–72.
- Gil Y, Sinfort C. Emission of pesticides to the air during sprayer application: A bibliographic review. *Atmos Environ*. 2005;39:5183–5193.
- Grigolli JFJ, Kubota MM, Alves DP, Rodrigues GB, Cardoso CR, Silva DJH Da, Mizubuti ESG. Characterization of tomato accessions for resistance to early blight. *Crop Breed Appl Biotechnol*. 2011;11:174–180.
- Haverkort a. J, Boonekamp PM, Hutten R, Jacobsen E, Lotz L a P, Kessel GJT, Visser RGF, Van Der Vossen E a G. Societal costs of late blight in potato and prospects of durable resistance through cisgenic modification. *Potato Res*. 2008;51:47–57.
- James WC. Assessment of plant diseases and losses. *Annu Rev Phytopathol*. 1974;12:27–48.
- Matos ES, Shirahige FH. Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução de plantas. *Hortic Bras*. 2012;30:240–245.
- Matthews G. Application of Biopesticides. *Pestic. Appl. Methods*, Third Ed. 2000.
- Medina R, Sanchez-Hermosilla J, Gázquez JC. Deposition Analysis of Several Application Volumes of Pesticides Adapted to the Growth of a Greenhouse Tomato

- Crop. Acta Hortic. 2005;179–186.
- Mizubuti E, Luz E, Santos A. Requeima ou mela da batata e do tomate. In Luz EDMN, Santos AF, Matsuoka K and Bezerra JL Doenças causadas por Phytophthora no Brasil. Rural Campinas, São Paulo. 2001. p. 100–174.
- Nowicki M, Lichočka M, Nowakowska M, Kłosińska U, Kozik EU. A Simple Dual Stain for Detailed Investigations of Plant-Fungal Pathogen Interactions. Veg Crop Res Bull. 2012;77:61–74.
- Oerke E-C. Crop losses to pests. J Agric Sci. Cambridge University Press; 2006;144:31–43.
- Picanço M, Guedes R, Leite G. Incidência de *Scrobipalpuloides absoluta* em tomateiro sob diferentes sistemas de tutoramento e de controle químico. Hortic Bras. 1995;13(2):180–183.
- R. C. Derksen, H. Zhu, H. E. Ozkan, R. B. Hammond, A. E. Dorrance, A. L. Spongberg. Determining the Influence of Spray Quality, Nozzle Type, Spray Volume, and Air-Assisted Application Strategies on Deposition of Pesticides in Soybean Canopy. Trans ASABE. 2008a;51:1529–1537.
- R. C. Derksen, J. Frantz, C. M. Ranger, J. C. Locke, H. Zhu, C. R. Krause. Comparing Greenhouse Handgun Delivery to Poinsettias by Spray Volume and Quality. Trans ASABE. 2008b;51:27–35.
- Sánchez-Hermosilla J, Páez F, Rincón VJ, Callejón AJ. Evaluation of a fog cooling system for applying plant-protection products in a greenhouse tomato crop. Crop Prot. Elsevier Ltd; 2013;48:76–81.
- Sánchez-Hermosilla J, Rincón VJ, Páez F, Agüera F, Carvajal F. Field evaluation of a self-propelled sprayer and effects of the application rate on spray deposition and losses to the ground in greenhouse tomato crops. Pest Manag Sci. 2011;67:942–947.
- Sánchez-Hermosilla J, Rincón VJ, Páez F, Fernández M. Comparative spray deposits by manually pulled trolley sprayer and a spray gun in greenhouse tomato crops. Crop Prot. Elsevier Ltd; 2012;31:119–124.
- Shtienberg D. Modelling: The basis for rational disease management. Crop Prot. 2000;19:747–752.
- Small IM, Joseph L, Fry WE. Development and implementation of the BlightPro decision support system for potato and tomato late blight management. Comput Electron Agric. Elsevier B.V.; 2015;115:57–65.
- Vallet a., Tinet C. Characteristics of droplets from single and twin jet air induction nozzles: A preliminary investigation. Crop Prot. Elsevier Ltd; 2013;48:63–68.
- Wamser AF, Becker WF, Santos JP, Mueller S. doenças e insetos-praga. 2008;180–185.

CAPÍTULO I

SEVERIDADE DA REQUEIMA (*Phytophthora infestans*) EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO TOMATEIRO

RESUMO

SEVERIDADE DA REQUEIMA (*Phytophthora infestans*) EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO TOMATEIRO

A Requeima é uma doença causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary e é fator limitante na produção de tomate em todo o mundo. No Brasil não há variedades resistentes, o que torna o uso indispensável de agrotóxicos o método de controle da requeima. No tomateiro é usado o tutoramento como suporte para o desenvolvimento das plantas o qual reduz contato destas com o solo, possibilitando o aumento da ventilação e iluminação ao longo do dossel. Além disso, influencia na umidade relativa, temperatura, dispersão de gás carbônico atmosférico, e radiação solar, interferindo no desenvolvimento das doenças. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a severidade da requeima em função da AACPD em diferentes sistemas de cultivo. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao caso. Os tratamentos foram compostos por quatro sistemas de cultivo: Cerca Cruzada (16.667 plantas hectare⁻¹), Vertical (16.667 plantas hectare⁻¹), Viçosa (25.000 plantas hectare⁻¹) e Viçosa Adensado (62.500 plantas hectare⁻¹). Foi utilizado o cultivar Pegasus da Agristar, avaliando-se 9 plantas em cada sistema de cultivo visualmente a cada três dias, ou até que a severidade atingisse 100% dos danos em cada tratamento, empregando-se a escala descritiva de (James, 1971) modificada por (Fry et al., 1979) para requeima (*Phytophthora infestans*). Os valores obtidos foram transformados e plotados em um gráfico de proporção da doença em função do tempo, expressados na curva de progresso da doença. A partir desse gráfico calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), esses dados foram submetidos ao teste F na análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Sob as condições ambientais observadas no experimento, determinou-se que variáveis climáticas umidade, chuva e temperatura e o sistema de cultivo afetaram a severidade da requeima. Aos 100 DAT onde começa a colheita dos frutos de tomateiro, a porcentagem de área foliar lesionada nos sistemas de cultivos foi de 55% no Vertical, 66% no Viçosa, 71% Adensado e 81% na Cerca Cruzada. A maior AACPD foi obtida no sistema Cerca Cruzada nos terços médio e superior, nos sistemas Viçosa e Viçosa adensado foram afetados igualmente em todos os terços da planta, com valores menores comparados ao sistema Cerca Cruzada. Dessa forma, conclui-se

que as plantas cultivadas sob o sistema cerca cruzada teve maior severidade à requeima do tomateiro.

ABSTRACT

SEVERITY OF LATE BLIGHT (*Phytophthora infestans*) IN DIFFERENT TOMATO CROP SYSTEMS

Late blight is a disease caused by oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary and is a limiting factor in the production of tomatoes worldwide. There are no resistant varieties, which makes the use of pesticides the most common method in the control of late blight. The staking supports the development of plants avoiding contact with the ground, allowing increased ventilation and lighting throughout the canopy. Moreover, influences the relative humidity, temperature, atmospheric carbon dioxide dispersion, and solar radiation interfering with the development of the disease. This experiment aimed to evaluate the severity of late blight due to AUDPC in different cropping systems. The experiment was conducted in a randomized block design case. The treatments consisted of four cropping system: Some Crusade, Vertical, Viçosa and Dense. 9 plants was evaluated visually every three days, or until the severity of damage reached 100% in each treatment, a total of 40 evaluations. The values obtained were processed and plotted on a chart proportion of the disease versus time, expressed in the disease progress curve. From this chart, we calculated the area under the disease progress curve (AUDPC), and these data were submitted to the F test in the analysis of variance and the means were compared by Tukey test at 5% significance level. Under environmental conditions evaluated in this experiment, it was observed that the climate variables and cultivation system affected the severity of late blight. The DAT 100, the percentage of diseased leaf area was 55% in the Vertical System, 66% in Viçosa, 71% and 81% in dense About Crusade. Most AUDPC was obtained in the system About Crusade in the middle and upper, in Viçosa Viçosa and dense systems were affected in all thirds of the plant, with lower values compared to the system About Crusade. Thus, it is concluded that the plants grown under the cross-fence system had greater severity of tomato late blight.

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é cultivado em praticamente todas as regiões geográficas do Brasil, em épocas distintas e sob diferentes sistemas de cultivo, destacando-se como a segunda hortaliça mais cultivada no mundo (Matos and Shirahige, 2012)

Nos últimos anos, a cultura vem se expandindo mundialmente, tanto em área cultivada quanto em produtividade, pelo desenvolvimento de novas tecnologias e pelo emprego de variedades melhoradas (melo & vilela, 2005). A produção nacional atingiu 4,2 milhões de toneladas em 2014, sendo o sudeste responsável por 39% dessa produção nacional (IBGE, 2014).

A requeima, causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary é uma das principais doenças do tomateiro. O patógeno afeta folhas, hastes, frutos e pecíolo, e pode limitar a produção em condições de alta umidade e baixas temperaturas (Wamser et al., 2008a)

O manejo integrado de doenças constitui um plano de medidas visado à redução do uso de agrotóxicos com controle mais eficiente (Becker, 2005). Práticas culturais, como sistemas de tutoramento, podem influenciar a incidência de doenças (Boff et al., 1991; Picanço et al., 1995). O tutoramento dá suporte para o desenvolvimento das plantas, evita o contato com o solo, aumenta a ventilação e a iluminação ao longo do dossel (Matos & Shirahige, 2012), e influencia principalmente a umidade relativa, temperatura, dispersão de gás carbônico atmosférico, e radiação solar, o que reduz o desenvolvimento das doenças (Wamser et al., 2008)

No Brasil, os principais sistemas de tutoramento são: Cerca Cruzada ou “V” invertido e Vertical. No sistema Cerca Cruzada, as plantas são amarradas em tutores dispostos perpendicularmente ao solo em forma de “V” invertido entre duas filas consecutivas de plantas (Matos and Shirahige, 2012). A formação da câmara úmida na parte interna do “V” invertido, condiciona um ambiente favorável para o desenvolvimento de fungos, além de reduzir a eficiência de aplicação de agrotóxicos que não atingem a parte interna do “V” (Wamser et al, 2008)

No sistema Vertical, as plantas são enroladas em fitilhos à medida que crescem. Estes são presos na base da planta e a um fio de arame (Almeida et al., 2015). A eficiência na distribuição da radiação solar e ventilação, menor período de molhamento foliar e maior eficácia no controle fitossanitário são as características principais desse sistema (Santos et al., 1999; Wamser et al., 2008b).

O aumento da população de plantas para maximizar a produtividade também tem sido uma prática comum (Almeida et al., 2015). A implementação de tecnologias e a otimização das técnicas de produção que permitam reduzir custos, riscos de epidemias de doenças e que contribuam para a redução da frequência de pulverizações de fungicidas é uma tendência mundial a qual pode ser atingida com a implementação de novos e eficientes sistemas de produção (Dayan et al., 1993; Margni et al., 2002).

Um novo sistema de cultivo do tomateiro, denominado “Sistema Viçosa” foi proposto recentemente (Almeida et al., 2015). Neste sistema, as plantas são conduzidas em espaçamento 2 m x 0,2 m tutoradas com fitilho e inclinadas a aproximadamente 75° em relação ao solo, formando um “V”. A condução é feita com uma haste e é realizado a retirada de inflorescências acima do 8º racemo, deixando-se 6 a 9 folhas acima deste. O raleamento de pencas e a retirada de folhas baixas também é prática comum nesse sistema (Almeida et al., 2015).

Esse conjunto de técnicas resultou em aumento de 61% na produção com até 223% na produtividade e rentabilidade em comparação aos sistemas tradicionais, sendo a maior população de plantas um dos principais fatores responsáveis por este aumento (Almeida et al., 2015).

No Brasil, são escassos estudos que avaliam a duração de epidemia e o progresso da requeima em sistemas de cultivo do tomateiro. O conhecimento dos efeitos de densidade de plantio pode definir novas estratégias de manejo de doenças capazes de contribuir na redução do uso de fungicidas (Batista, 2006)

O objetivo neste trabalho foi avaliar a severidade da requeima (*Phytophthora infestans*) e a produtividade no Sistema Viçosa de cultivo do tomateiro e compará-lo com sistemas convencionais.

2. METATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em condições de campo na área de pesquisa do Setor de Olericultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, Brasil (latitude de 20° 45' S, longitude de 42° 52' W e altitude de 648 m) de março a setembro de 2015 (plântio inverno).

Foi utilizado o híbrido comercial Pegasus da Agristar. Este Híbrido possui hábito de crescimento indeterminado e frutos do tipo Santa Cruz.

As mudas foram produzidas em casa de vegetação em bandejas de poliestireno com 200 células preenchidas com substrato comercial e transplantadas quando possuíam três a quatro folhas definitivas.

As adubações foram realizadas de acordo com resultados das análises de solo (figura 1), utilizando como referência a recomendação da 5ª aproximação (Ribeiro et al., 1999).

Tabela 1. Resultado análise de solos.

Ref. Lab.	Referência do Cliente	pH		P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al
		H ₂ O		mg/dm ³			cmol _c /dm ³			
990	01 ESTUFA	6,70		114,9	180		3,99	1,05	0,0	2,31
991	02 CAMPO	6,00		65,2	175		2,76	0,55	0,0	3,47

SB	CTC (t)	CTC(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
cmol _c /dm ³			%		dag/kg	mg/L	mg/dm ³						
5,46	5,46	7,77	70	0			16,5						
3,85	3,85	7,32	53	0			27,4						

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5
P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich 1
Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol/L
H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0
B - Extrator água quente
S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético
SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
V = Índice de Saturação de Bases
m = Índice de Saturação de Alumínio
ISNa - Índice de Saturação de Sódio
Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N
P-rem = Fósforo Remanescente

2.4 Tratos culturais

A cultura foi irrigada por sistema de gotejamento e o manejo realizado segundo a evapotranspiração da cultura do tomateiro, calculada a partir da ETo (evapotranspiração de referencia), Kc (segundo a fase da cultura), e Kl (obtido pela faixa molhada e sombreada)

O controle fitossanitário foi realizado de maneira preventiva com aplicações de agrotóxicos registrados para a cultura. As desbrotas e amarrios foram feitos semanalmente e o controle das plantas daninhas realizados manualmente (Almeida et al., 2015)

2.5. Sistemas de cultivo do tomateiro avaliados

Foram testados quatro sistemas de cultivo; 1) Fitolho: plantas tutoradas verticalmente com fitilho (tradicional) e conduzidas com uma haste, com espaçamento de 1,2 m entre linhas e 0,5 m entre planta; 2) Cerca Cruzada: sistema de tutoramento triangular com bambu e condução com uma haste, com espaçamentos de 1,2 m entre linha e 0,5 m entre planta ; 3) Sistema Viçosa com espaçamentos de 2 m entre linha e 0.2 m entre planta; 4) Sistema Viçosa Adensado com espaçamentos de 1,2 m entre linha e 0.1m entre planta.

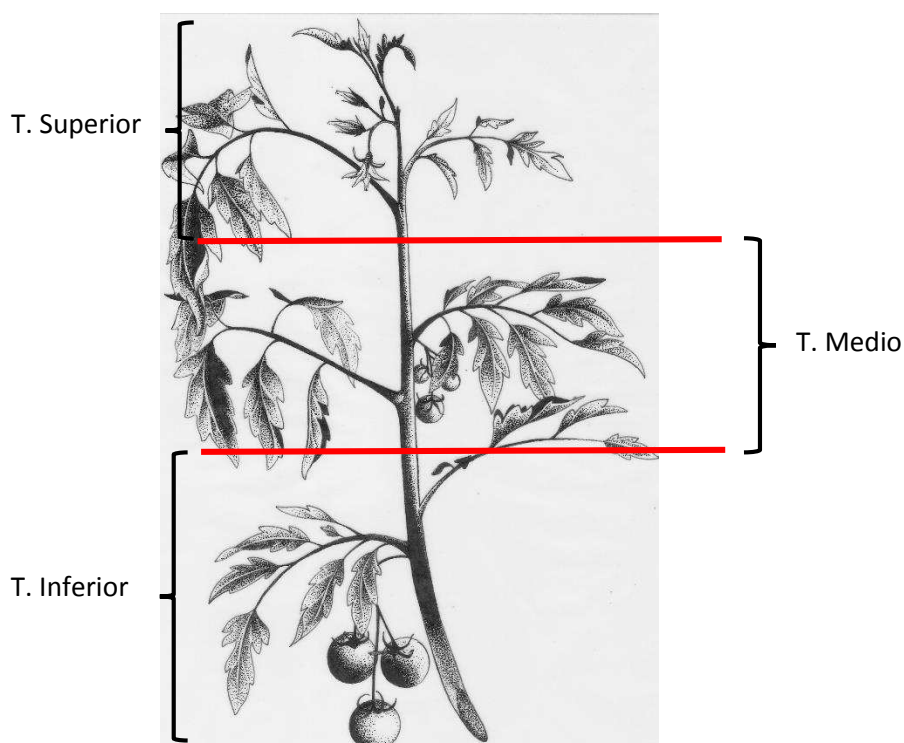
No Sistema Viçosa e Viçosa Adensado, as plantas foram tutoradas com fitilho e inclinadas a aproximadamente 75° com o solo. Estacas de eucalipto em formato de cruz foram utilizadas para apoiar dois fios de arames, um em cada extremidade. Os fitilhos ficaram fixados aos arames de forma alternada, formando um “V”. As plantas foram conduzidas com uma haste, com retirada das inflorescências acima do 8° racemo e remoção da gema apical acima da 12ª inflorescência. Em cada cacho, foi feita a retirada de frutos desuniformes, defeituosos ou com problemas fitossanitários. Durante a colheita, as folhas abaixo do terceiro cacho foram removidas com o intuito de reduzir fonte de inóculo de pragas e doenças e melhorar a incidência de luz e aeração ao longo do dossel.

2.6. Avaliação da severidade

A requeima manifestou-se por infecção natural, a avaliação da requeima foi feita de acordo com metodologia de (Cardoso, 2014), a qual foi expressada pela severidade

(percentagem de área ou volume de tecido coberto por sintomas). Cada parcela foi avaliada a cada três (3) dias, até o último estágio fenológico do tomate ou até quando a severidade da doença atingisse 100%.

Foi utilizada a escala descritiva de (James, 1971) modificada por (Fry et al., 1979) para requeima (*Phytophthora infestans*). A estimativa da severidade da doença foi feita em 9 plantas de cada parcela, e subdivididas em 3 terços (superior, médio e inferior). Em cada um desses terços foram marcados dois ramos de folhas para a avaliação da severidade da requeima (Figura 1).



Fonte: autor

Figura 1- Terços (superior, médio e inferior) em plantas de tomate.

Os dados obtidos ao longo das avaliações para cada parcela experimental foram utilizados para calcular a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), conforme proposto por (Shaner and Finney, 1977). Os valores da AACPD foram baseados em Campbell & Madden (1990), calculados por meio da seguinte equação:

$$AACD = \sum_{i=1}^{n-1} [(y_i + y_{i+1})/2](t_{i-1} - t_i)$$

Em que: y_i e y_{i+1} são a percentagem de área foliar lesionada observada na avaliação e t_i e t_{i+1} são o intervalo de tempo (dias) entre as avaliações; e n é o número total de avaliações.

2.7. Mensurações do clima

Os dados climáticos (luz, umidade relativa, temperatura e precipitação) foram coletados por uma estação meteorológica localizada no campo experimental.

2.8. Avaliação da produtividade

Os frutos foram colhidos semanalmente quando possuíam pelo menos 10% de área com coloração vermelha, pesados e classificados segundo normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2002).

Os frutos grandes foram aqueles com diâmetro maior que 60 mm, médios com diâmetro entre 50 e 60 mm e frutos pequenos com diâmetro entre 40 e 50 mm. A Massa Média de Fruto (MMF) foi o resultado da Produção Comercial (PC) dividido pelo número total de frutos comerciais (NTF).

2.9. Delineamento experimental

O experimento para a avaliar a severidade da requeima foi montado em esquema fatorial 4 x 3 (4 sistemas de cultivo x 3 terços da planta) e conduzido em delineamento de blocos ao caso com nove repetições, sendo cada planta uma repetição, além disso, foram utilizadas as mesmas plantas para a avaliação da produtividade. Os tratamentos consistiram de quatro sistema de cultivo (Viçosa, Viçosa Adensado, Vertical, Cerca Cruzada).

2.10. Análises estatísticas

Os resultados de produção e AACPD das variáveis analisadas foram submetidos a análises de variância, empregando-se o programa estatístico R R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008 (Venables and Smith, 2010)

3. RESULTADOS

3.1. Dados meteorológicos

A temperatura durante o experimento variou de 12,3 a 29,7 °C com uma temperatura média 19,9 °C (Fig. 2). A umidade relativa variou 62-92% com média de 90% (Fig. 4). A precipitação total foi de 70,2 milímetros (Fig. 2). A porcentagem de condições climaticamente favoráveis para a aparição dos sintomas da requeima para umidade foi de 100% e para temperatura 97% durante a avaliação da doença nos diferentes sistemas de cultivo. Na (figura 2) as setas indicam o início dos primeiros sintomas da requeima os quais apareceram aos 17 DAT no sistema Cerca Cruzada, (2), aos 22 DAT sistema adensado e viçosa e aos 28 DAT sistema Vertical. O progresso da doença ao longo do tempo foi mais severo para o sistema cerca cruzada, com percentagens mais elevados em cada terço da planta (Figura 2).

3.2. Progresso da doença

O maior progresso da requeima ocorreu no Sistema Cerca Cruzada (81%), seguidos pelos sistemas Viçosa Adensado (71%), Sistema Viçosa (66%) e Vertical (55%) (Figura 3).

A porcentagem de severidade no Sistema Viçosa nos terços superior, médio e inferior, respectivamente foram de 77, 72 e 65%, Sistema Viçosa Adensado 81; 56 e 50 %, Sistema Vertical 83, 48 e 30%, Sistema Cerca Cruzada 92, 72 e 82% (Figura 4)

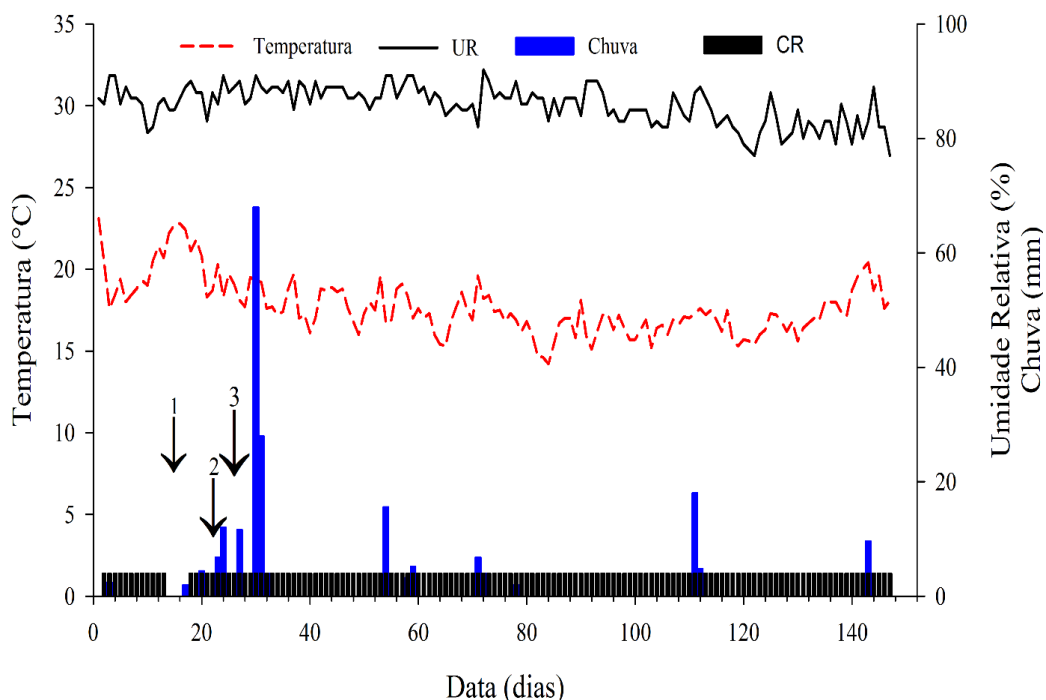


Figura 2- Valores diários da temperatura média, precipitação pluviométrica acumulada, umidade relativa e condição favorável para a requeima registrados durante o experimento. A seta indica o início dos primeiros sintomas da requeima nos sistemas Cerca Cruzada (1), Viçosa Adensado e Viçosa (2) e Vertical (3).

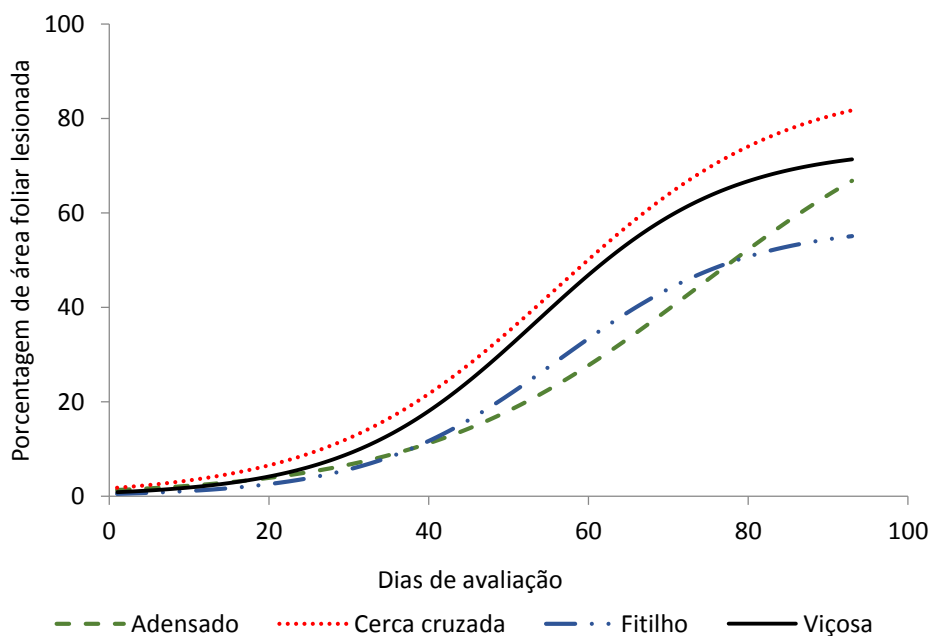


Figura 3. Porcentagem da área foliar lesionada em função dos dias de avaliação de plantas de tomate conduzidas no sistema Viçosa Adensado, Viçosa, Vertical e Cerca Cruzada

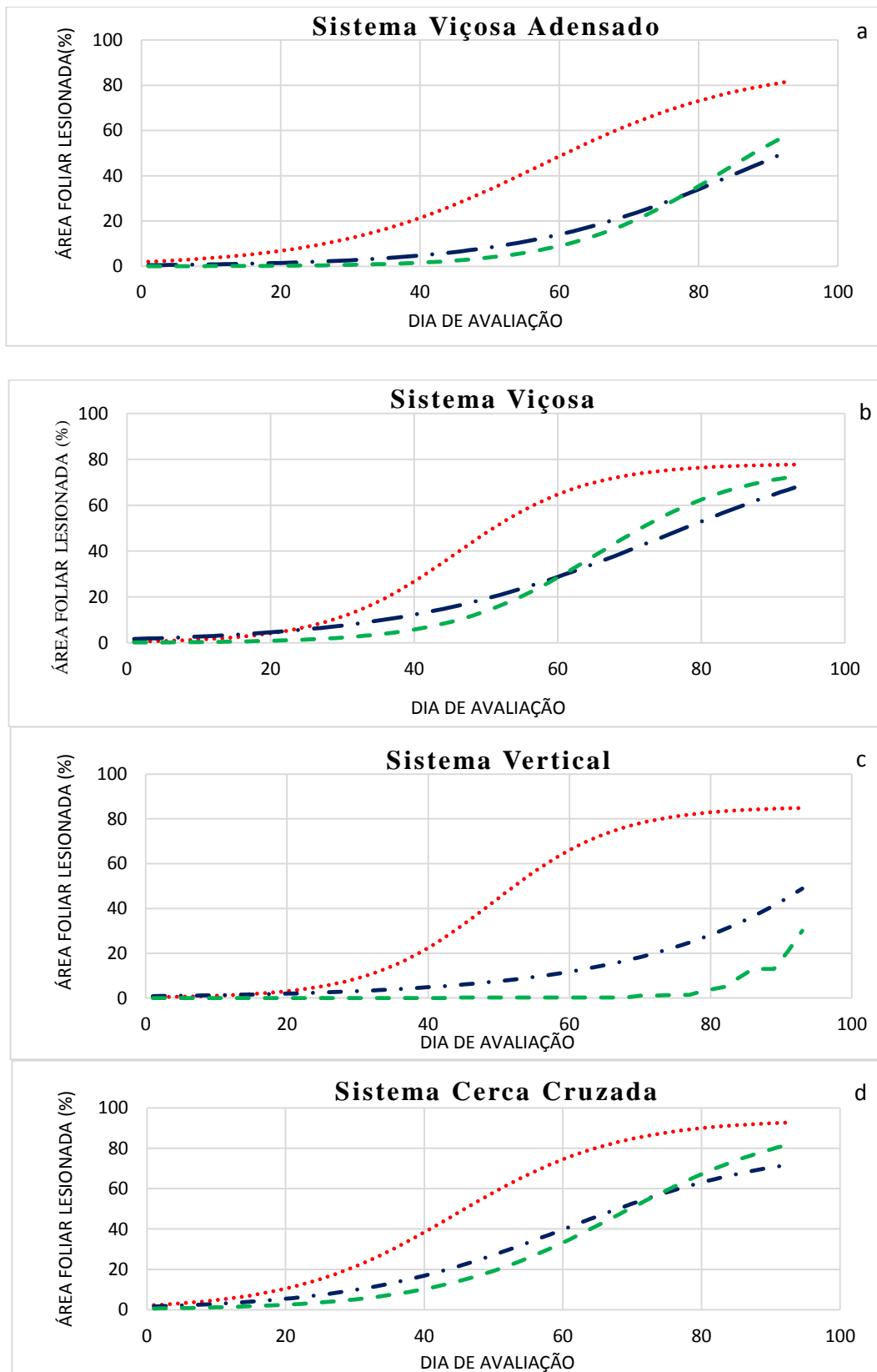


Figura 4. Porcentagem da área foliar lesionada em função dos dias de avaliação no terço inferior (—), médio (—) e superior (—) de plantas de tomate conduzidas nos Sistema Viçosa Adensado (a), Viçosa (b), fitilho (c) e cerca cruzada (d).

3.3. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em diferentes sistemas de cultivo do tomateiro

Houve efeito significativo entre o sistema de cultivo e a parte da planta avaliada na Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) nos sistemas Viçosa, Viçosa Adensado, Vertical, Cerca Cruzada avaliados nos terços superior, médio e inferior

FV	GL	QM
Sistema de cultivo	3	17262942**
Bloco	8	1498481ns
Erro (a)	24	1095250
Parte-Planta	2	75483076**
Sistema*Parte-Planta	6	2411332**
Erro (b)	64	521616
Total	107	
CV		51

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; **,*** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Houve influência do sistema de cultivo e do terço da planta sobre o desenvolvimento da requeima. A maior área abaixo da curva de progresso da doença foi obtida no sistema Cerca Cruzada. Os valores médios de AACPD foram de 3302.32, 1495.25, 2037.41, 1764.15 para os sistemas de cultivo Cerca Cruzada, Vertical, Viçosa Adensado e Viçosa, respectivamente (Tabela 2).

Os valores de AACPD da requeima foram maiores no sistema Cerca Cruzada e não diferiu nos demais sistemas. O terço inferior foi o mais atingido e dentre todos os sistemas o mais atingido foi o Cerca Cruzada

Tabela 2. Comparação entre médias da área abaixo da curva de progresso da requeima (AACPD) no terço inferior, médio e superior de plantas de tomate conduzidas no Sistema Cerca Cruzada, Vertical, Viçosa Adensado e Viçosa Adensado.

Sistema de cultivo	Parte da planta			Média
	Inferior	Médio	Superior	
Cerca cruzada	4517.85 Aa	3333.76 Ab	2055.37 Ac	3302.32 A
Filho	3852.07 ABa	428.21 Cb	205.48 Bc	1764.15 B
Viçosa	3409.65 Ba	1989.09 Bb	713.49 Bc	1495.25 B
Adensado	3223.24 Ba	1317.41 BCb	751.79 Bb	2037.41 B
Média	3750.70 a	1767.11 b	931.53 c	-

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

3.4. Avaliação da produtividade

Os resumos das análises de variância para os dados de produção encontram-se na tabela 3 (pagina 21). Os valores dos quadrados médios e dos coeficientes para os componentes de produção avaliados indicam que houve diferencia significativo só para produção comercial (PC) e número frutos grandes (NFG).

A média da produção de frutos grandes não diferiu significativamente do sistema de cultivo viçosa, vertical e cerca cruzada, indica que estes sistemas, apresentam produção comercial similar (tabela 4).

Tabela 4-Valores médios de Produção de número de Frutos Grandes, peso frutos grandes, número frutos médios, produção comercial e número de frutos comercial por planta (NFG, PFG, NFC, PFM. PC E NFC) em quatro sistemas de cultivo de tomateiro

Sistema	NFG	PFG	NFM	PFM	PC	NFC
Adensado	13,6 a	1946,2 a	8,1 a	789,3 a	2851,1 a	24,2 a
Viçosa	19,4 a	2788,8 a	8,9 a	941,9 a	3797,5 a	30,8 a
Vertical	17,1 a	2499,6 a	8,3 a	732,8 a	3286,9 a	29,1 a
Cerca	17,8 a	2607,9 a	8,0 a	744,0 a	3393,4 a	28,8 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não difere entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na tabela 5, observa-se que houve efeito do sistema de condução de plantas sobre a produção comercial (PC/ha) O sistema de cultivo viçosa adensado foi superior com produção de 178,2 t/ha em relação ao sistema de cultivo viçosa 94,9 t/ha. No sistema de cultivo Vertical e Cerca Cruzada, não diferem entre si, em relação à produção comercial (PC/há) com valores de 54,8 e 56,6 t/ha respectivamente.

A produção de fruto grande por hectare (PFG/ha), houve efeito dos sistemas de cultivo do tomateiro (Tabela 5). Houve diferenças significativas entre os sistemas de cultivo do tomateiro, o sistema de condução viçosa adensado obteve as maiores medias de PFG/há (121,6 t/ha) em relação aos demais sistemas de cultivo Viçosa 69.7 t/há vertical 41,7 t/há e Cerca cruzada (43,5t/há).

Tabela 5- Valores médios de Produção comercial, produção de Frutos Grandes, produção média de frutos por hectare (Pc/ha, PFG/ha, PMF/ha) em quatro sistemas de cultivo de tomateiro

Sistema	PC/ha		PFG/ha		PMF/ha	
Adensado	178,2	a	121,6	a	119,5	a
Viçosa	94,9	b	69,7	b	126,4	a
Vertical	54,8	c	43,7	b	124,2	a
Cerca	46,6	c	38,5	b	127,1	a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não difere entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3- Quadrados médios (QM) da análise de variância para número de frutos grandes (NTF), peso frutos grandes (PFG), número de frutos médios (NFM) peso frutos médios (PFM), número de frutos total (NFT), produção comercial (PC), número de frutos comerciais (NFC), produção frutos grandes (PFG) frutos grandes (FG) e peso medi ode frutos (PMF) nos diferentes sistemas de cultivo do tomateiro.

FV	G L	NFG	PFG	NFM	PFM	NFT	PC	NFC	PROD FG	%FG	PMF
BLOCOS	8	36,72	832190,8	20,03	185613,3	47,07401	666754,1	44,26215	484,712	0,01776	186,305
TRAT	3	54,34994 ^{ns}	1186435 ^{ns}	1,3633 ^{ns}	83643,99 ^{ns}	53,83447 ⁿ _s	1361264 ^{ns}	70,4647 ^{ns}	12512,94 ^{**}	0,010644 ⁿ _s	105,8714 ^{ns}
RESÍDUO	24	21,03	518132,7	14,65	148033,7	40,11364	662626,2	41,22512	494,124	0,01374	277,385
CV (%)		27,05	29,25	45,94	47,97	23,56	24,43	22,76	32,16	15,99	13,4

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; e ^{**} significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

3. DISCUSSÃO

A requeima tem seu desenvolvimento favorecido em condições de temperatura amena (10 a 22 °C) e alta umidade relativa (85 a 100%) (Tooley et al., 2009, Andrade-Piedra et al., 2005) Essas condições foram verificadas em 97 e 100% do ciclo da cultura, respectivamente, resultando no aparecimento da doença (Figura 1).

Sob condições ambientais favoráveis, a requeima tem a capacidade para colonizar os tecidos do hospedeiro de forma rápida (Suassuna et al., 2004). Efeitos combinados de temperatura, alta frequência de precipitação pluviométrica e duração do molhamento foliar e umidade relativa influenciam a disseminação e aumentam a severidade da doença (Alvarenga, 2004; Maziero et al., 2009). Temperaturas entre 16 e 23 °C são ótimas para a ocorrência de epidemias (Harrison, 1992) e estas são praticamente inexistentes em temperaturas abaixo e acima de 7 °C e 28 °C, respectivamente (Hyre, 1954; Rotem, 1971).

O processo de germinação direta de esporângios é estimulado em temperatura de 16 a 23 °C (Phukan SN and CK, 1993), o que aumenta a velocidade da infecção e crescimento do patógeno sob o hospedeiro (Beckett et al., 2005b; Harrison and Lowe, 1989; Harrison, 1992). No interior da planta ocorre a esporulação e colonização patogênica, aumentando a severidade e a sobrevivência do patógeno (Harrison, 1992; Hartill et al., 1990; Minogue and Fry, 1981), podendo levar rapidamente a perdas de até 100% no cultivo (Mayton et al., 2008; Nowicki et al., 2012).

O desenvolvimento da requeima foi afetado pela localização na planta (diferentes terços) e sistemas de cultivo. Os maiores valores de AACPD nas folhas localizadas nas partes inferiores da planta se devem ao microclima mais favorável ao desenvolvimento da doença (menor temperatura e maior umidade relativa (Batista, 2006). Menor incidência de raios solares, mantem por mais tempo a umidade relativa elevada e o maior período de molhamento foliar (Batista, 2006). A ventilação também é menor, e há maior contanto de plantas doentes e sadias, favorecendo a rápida disseminação da doença na parte inferior da planta (Giesler et al., 1996)

No sistema Vertical, há melhor distribuição da radiação solar e ventilação, menor período de molhamento foliar (Wamser et al., 2008b). O que reduz indiretamente a disponibilidade de inoculo para novas infecções, as combinações

desses efeitos promoveram redução significativa no progresso da requeima (Batista, 2006)

No Sistema Cerca Cruzada ocorre a formação de uma câmara úmida no meio das fileiras. Essa câmara reduz a incidência de raios solares e diminui a temperatura, formando condições ideais para o desenvolvimento da requeima. A aplicação de agrotóxicos também fica prejudicada, uma vez que esses não conseguem atingir as folhas na parte mais interna de forma eficiente (Wamser et al., 2008b). A presença de água livre sobre os folíolos por mais tempo e o maior número de horas de molhamento também são condições que contribuem para maior severidade da requeima neste sistema (Batista, 2006).

O sistema Cerca Cruzada reduz a eficiência de aplicação de agrotóxicos. A formação de dosséis compactos na parte interna do “V” invertido resultam na baixa cobertura foliar pelas pulverizações, contribuindo para o surgimento e desenvolvimento da requeima na parte inferior da planta (Batista, 2006)

Maior incidência direta dos raios solares pode reduzir a sobrevivência de esporângios de *P. infestans* em até 95% quando expostos por uma hora a radiação solar (Belmar-Díaz et al., 2000). A formação do “V” no sistema Viçosa e Viçosa Adensado pode aumentar a interceptação de radiação solar, diminuindo a viabilidade do patógeno e consequentemente reduzir a severidade da requeima.

O aumento da densidade de plantas pode aumentar a produtividade (Machado et al., 2007). No sistema de cultivo adensado foi obtido maior produção comercial por hectare (178,2 t) e produção de frutos grandes por hectare (121,6 t).

No interior da câmara úmida formada no sistema Cerca Cruzada, há menor ventilação e radiação (Santos et al., 1999), ao longo do dossel existe, uma menor disponibilidade de fotoassimilados para o desenvolvimento de frutos. Essa deficiência induz a planta a ajustar o número de frutos pelo abortamento de flores (Picanço et al., 1998) e frutos (Sandri et al., 2002) diminuindo assim a produtividade.

CONCLUSÃO

1. A severidade da requeima foi menor nos sistemas Viçosa e Viçosa Adensado, independente da parte da planta avaliada, quando comparados ao sistema Cerca Cruzada, tradicionalmente utilizado pelos agricultores.
2. O Sistema de Cultivo Adensado teve maior produção quando comparado com os demais sistemas.

5. REFERENCIAS

- Almeida VS, Gomes CN, Antonio AC, Moura AD. Sistema Viçosa para o cultivo de tomateiro. *Hortic Bras.* 2015;33:74–79.
- Alvarenga MA. Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Editora UFLA, Lavras. p. Andrade,. Ed UFLA, Lavras. 2004. p. 400.
- Alvarez VH, Novais RF De, Barros NF De, Cantarutti RB, Lopes AS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5º Aproximação. 1999;359.
- Andrade-Piedra JL, Hijmans RJ, Juárez HS, Forbes G a, Shtienberg D, Fry WE. Simulation of Potato Late Blight in the Andes. II: Validation of the LATEBLIGHT Model. *Phytopathology.* 2005;95:1200–1208.
- Batista D da C. Dinamica de inóculo de *Alternaria solani*, efeito da densidade de plantio na intensidade da pinta preta e requeima e previsão dessas doenças em tomateiro e batateira. Universidade Federal de Viçosa; 2006.
- Becker W. Validação de dois sistemas de previsão para o controle da requeima do tomateiro na região de Caçador, SC. *Agropecuária Catarinense.* 2005;25:125–130.
- Beckett MC, Pathology P, Daughtrey ML, Fry WE. Temperature and Leaf Wetness Requirements for Pathogen Establishment , Incubation Period , and Sporulation of *Phytophthora infestans* on *Petunia × hybrida*. *Plant Dis.* 2005;89:975–979.
- Belmar-Diaz CR, Grunwald NJ, Fernandez-Pavia SP, Garay-Serrano E, Romero-Montes G, Rodriguez-Alvarado G, Lozoya-Saldana H. Survival of *Phytophthora infestans* sporangia exposed to solar radiation in the Toluca Valley.

- Phytopathology. 2000;95:S149–S150.
- Boff P, Vale F, Zambolim L, Fontes P. Epidemiologia comparativa da mancha-de-estenfílio (*Stemphylium solani*) e da pinta-preta (*Alternaria solani*), em dois sistemas de condução do tomateiro. Fitopatol Bras. 1991;16:104–109.
- Cardoso CR. Epidemiologia da pinta preta causada por *Alternaria tomatophila*, *A .grandis* e *A .solani* em batateira e tomateiro. 2014.
- Dayan E, van Keulen H, Jones JW, Zipori I, Shmuel D, Challa H. Development, calibration and validation of a greenhouse tomato growth model: II. Field calibration and validation. Agric Syst. 1993;43:165–183.
- Fry WE, Bruck RI, Mundt CC. Retardation of potato late blight epidemics by fungicides with eradicant and protectant properties. Plant Dis. 1979;63:970–974.
- Giesler LJ, Yuen GY, Horst GL. The microclimate in tall fescue turf as affected by canopy density and its influence on brown patch disease. Plant Dis. 1996. p. 389–394.
- Harrison JG. Effects of the aerial environment on late blight of potato foliage — a review. Plant Pathol. 1992;41:384–416.
- Harrison JG, Lowe R. Effects of humidity and air speed on sporulation of *Phytophthora infestans* on potato leaves. Plant Pathol. 1989;38:585–591.
- Hartill WFT, Young K, Allan DJ, Henshall WR. Effects of temperature and leaf wetness on the potato late blight. New Zeal J Crop Horti Sci. 1990;18:181–184.
- Hyre RA. Progress in forecasting late blight of potato and tomato. Plant Dis. 1954;38:245–253.
- IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. 2014.
- James WC. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage Can. Plant Dis. 1971;51:39–65.
- Machado AQ, Alvarenga MAR, Florentino CET. produção de tomate italiano (saladete) sob diferentes densidades de plantio e sistemas de poda visando ao consumo in natura. hor. 2007;25:149–153.
- Margni M, Rossier D, Crettaz P, Jolliet O. Life cycle impact assessment of pesticides

- on human health and ecosystems. *Agric Ecosyst Environ.* 2002;93:379–392.
- Matos ES, Shirahige FH. Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução de plantas. *Hortic Bras.* 2012;30:240–245.
- Mayton H, Myers K, Fry WE. Potato late blight in tubers-The role of foliar phosphonate applications in suppressing pre-harvest tuber infections. *Crop Prot.* 2008;27:943–950.
- Maziero JMN, Maffia L a., Mizubuti ESG. Effects of Temperature on Events in the Infection Cycle of Two Clonal Lineages of *Phytophthora infestans* Causing Late Blight on Tomato and Potato in Brazil. *Plant Dis.* 2009;93:459–466.
- Minogue KP, Fry WEBT-P. Effect of temperature, relative humidity, and rehydration rate on germination of dried sporangia of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology.* 1981;71:1181–1184.
- Nowicki M, Lichocka M, Nowakowska M, Kłosińska U, Kozik EU. A Simple Dual Stain for Detailed Investigations of Plant-Fungal Pathogen Interactions. *Veg Crop Res Bull.* 2012;77:61–74.
- Phukan SN, CK B. Studies on the factors influencing diurnal periodicity in dispersal, deposition and infectivity of sporangia of the late blight fungus *Phytophthora infestans*. *Adv. Plant Sci.* 1993. p. 158–60.
- Picanço M, Guedes R, Leite G. Incidência de Scrobipalpuloides absoluta em tomateiro sob diferentes sistemas de tutoramento e de controle químico. *Hortic Bras.* 1995;13(2):180–183.
- Picanço M, Leite GLD, Guedes RNC, Silva EA. Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal sprays and plant spacing. *Crop Prot.* 1998;17:447–452.
- Rotem J. Relativity of Limiting and Optimum Inoculum Loads, Wetting Durations, and Temperatures for Infection by *Phytophthora infestans*. *Phytopathology.* 1971;61:275.
- Sandri M, Andriolo J, Witter M, Ross T. High density of defoliated tomato plants in protected cultivation and its effects on development of trusses and fruits. *Hortic Bras.* 2002;20:485–489.

- Santos HS, Perin WH, Titato LG, Vida JB, Callegari O. Avaliação de sistemas de condução em relação à severidade de doenças e à produção do tomateiro. *Acta Sci.* 1999;21:453–457.
- Shaner G, Finney R. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology.* 1977;67.8:1051–1056.
- Suassuna ND, Maffia LA, Mizubuti ESG. Aggressiveness and host specificity of Brazilian isolates of *Phytophthora infestans*. *Plant Pathol.* 2004;53:405–413.
- Tooley PW, Browning M, Kyde KL, Berner D. Effect of Temperature and Moisture Period on Infection of Rhododendron “Cunningham”s White’ by *Phytophthora ramorum*. *Phytopathology.* 2009;99:1045–1052.
- Venables W, Smith D. the R Development Core Team.(2008) An Introduction to R. Netw Theory Limited, Bristol. 2010;
- Wamser AF, Becker WF, Santos JP, Mueller S. doenças e insetos-praga. *Hortic Bras.* 2008a;26:180–185.
- Wamser AF, Becker WF, Santos JP, Mueller S. Influência do sistema de condução do tomateiro sobre a incidência de doenças e insetos-praga. *Hortic Bras.* 2008b;26:180–185.

6. ANEXOS

Tabela 3. Chave descritiva de severidade para avaliação da requeima da batateira (modificada) (*Phytophthora infestans*)

SEVERIDADE	DESCRIÇÃO
0,0%	Nenhuma doença observada
0,01%	5 folíolos infectados/10 plantas ou 2 folhas levemente infectadas/10 plantas
0,1%	Cerca de 5 folíolos infectados/planta; ou cerca de duas folhas afetadas por planta.
1,0%	Infecção geral leve. Acima de 10 lesões/planta
5,0%	Cerca de 50 lesões/planta; 1 em 10 folíolos afetados
25%	Aproximadamente todos os folíolos afetados, mas a planta mantendo forma normal; campo com aspecto verde, apesar de todas as plantas afetadas
50%	Todas as plantas afetadas e cerca de 50% da área foliar destruída. Campo com aparência verde – marrom
75%	Cerca de 75% da área foliar destruída; campo sem predominância de verde ou marrom
95%	Poucas folhas nas plantas, mas talos verdes
100%	Todas as folhas mortas, talos mortos ou morrendo

Adaptada de: JAMES, C., 1971. Um manual de chaves de avaliação de doenças de plantas.

Departamento de Agricultura do Canadá. Publicação no1458.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DE APLICACION AGROTOXICOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO TOMATEIRO

RESUMO

AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DE APLICACION DE AGROTOXICOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO TOMATEIRO.

A produção agrícola é dependente de um controle eficiente dos patógenos que atacam as lavouras. O controle químico é o método mais utilizado por ter baixo custo, eficiência e rapidez no controle de doenças. O uso inadequado de equipamentos e os altos volumes de calda reduzem a eficiência de controle, aumentam os custos de produção e podem gerar distribuição irregular do produto no dossel da planta. A variabilidade que ocorre na deposição dos agrotóxicos é devido à interação entre o equipamento, densidade e arquitetura das plantas. A deposição do produto quando se utiliza equipamentos hidráulicos ocorre principalmente pelo impacto, o que dificulta o transporte das gotas no interior do dossel das plantas, principalmente em plantios mais adensados. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a eficiência da tecnologia de aplicação de agrotóxicos em diferentes sistemas de cultivo do tomateiro. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao caso com 4 repetições. Avaliou-se quatro sistemas de cultivo: Cerca Cruzada (16.667 plantas hectare⁻¹), Vertical (16.667 plantas hectare⁻¹), Viçosa (25.000 plantas hectare⁻¹) e adensado (62.500 plantas hectare⁻¹). Etiquetas hidrossensíveis foram distribuídas em quatro plantas em cada sistema para determinar a densidade e cobertura das gotas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A densidade de gotas e percentagem cobertura é maior no terço médio em relação ao inferior, porque este sofre menor interferência das folhas acima. A densidade de folhas e a disposição da planta influencia a deposição e cobertura de gotas conhecido como “efeito guarda-chuva”, a redução da deposição de gotas ocorre à medida que as partículas se movimentam para baixo ao longo do dossel o que dificulta a deposição de gotas nas partes mais inferiores da planta, afetando a eficiência das aplicações nos diferentes sistemas de cultivo.

ABSTRACT

EVALUATION OF PESTICIDE APPLICATION OF TECHNOLOGY IN DIFFERENT AGRICULTURAL TOMATO CROP SYSTEMS.

Agricultural production depends on an efficient control of pathogens that attack crops. Chemical control is the method most used to have low cost, high efficiency and speed of disease control. Improper use of equipment and high spray volumes reduce the efficiency of control, increase production costs and can lead to an irregular distribution of the product in the plant canopy. The variability occurs in the deposition of pesticides is due to the interaction between the equipment, density and architecture of plants. The deposition of the product when using hydraulic occurs primarily by impact, which makes the transport of the droplets within the plant canopy, especially in denser planting. In this context, this study aimed to evaluate the efficiency of pesticide application technology in different tomato cultivation systems. The experiment was conducted in a randomized block design case with 4 repetitions. We evaluated four farming systems: Some Crusade (16,667 hectare-1 plant), Vertical (16,667 hectare-1 plants), Viçosa (25,000 hectare-1 plants) and dense (62,500 hectare-1 plants). Water sensitive labels were distributed in four plants to determine the density and coverage of the droplets. Data were submitted to analysis of variance and the means compared by Tukey test at 5% probability. The droplet density and percent coverage is higher in the middle third relative to the lower, because it suffers less interference leaves above. The density of leaves and disposal plant influences the deposition and drops coverage known as "umbrella effect", reducing the deposition of droplets occurs as the particles move down through the canopy, which hinders the deposition of drops in the lower parts of the plant, affecting efficiency of applications in different cropping systems.

1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola depende de controle eficaz de patógenos que atacam e destroem as lavouras (Giles and Downey, 2003). O controle químico é o método mais utilizado por ter baixo custo, alta eficiência e rapidez no controle de doenças (Cunha et al., 2011; Giles et al., 2008).

O uso inadequado de equipamentos e os altos volumes de calda utilizados nas pulverizações reduzem a eficiência de controle (Salyani et al., 2007). Aproximadamente 80% do produto aplicado pode ser perdido durante a pulverização devido à deriva (até 15%), rebote (até 30%), escorrimento (até 20%) e outros processos (até 15%) aumentando os custos produção (Giles and Downey, 2003). Além disso, pode proporcionar distribuição irregular do produto no dossel da planta (Derksen et al., 2008; Sánchez-Hermosilla et al., 2012).

O objetivo na aplicação de agrotóxicos é depositar a quantidade de produto suficiente e uniforme na superfície das plantas, (Sánchez-Hermosilla et al., 2012). A avaliação da tecnologia de aplicação é necessária, já que as características do equipamento afetam o diâmetro, transporte e deposição das gotas na superfície do alvo (Giles, 1997; Sidahmed, 1999), interferindo na eficiência de controle de pragas e doenças, número de aplicações, contaminação ambiental e produtividade (Baesso et al., 2014; Giles and Downey, 2003).

A eficiência na aplicação está diretamente ligada ao pulverizador e volume de calda. Após a saída do bico, as gotas têm seu movimento proporcional à sua massa e velocidade inicial, afetando a penetração ao longo do dossel (Pergher et al., 1997). O ajuste adequado dos equipamentos pode aumentar a precisão e eficiência, resultando em maior uniformidade na aplicação (Cunha et al., 2011).

Para a produção do tomateiro no Brasil tem sido utilizado vários sistemas de cultivo. O sistema cerca cruzada consiste no amarrido de plantas em tutores dispostos perpendicularmente ao solo em forma de “V” invertido entre duas filas consecutivas de plantas (Almeida et al., 2015).

A desvantagem desse sistema é a formação de uma câmara úmida na parte interna do “V” invertido, aumentando o desenvolvimento de pragas e doenças e diminuindo

a eficiência da aplicação de agrotóxicos, os quais não conseguem penetrar a parte interna do “V” formado pelas plantas (Almeida et al., 2015).

No sistema vertical são utilizados tutores que podem ser fitilho de polietileno ou bambu. A medida que as plantas crescem, elas vão sendo fixadas nos tutores. A vantagem do sistema é a maior distribuição da radiação solar e ventilação, diminui o período de molhamento foliar, aumentando a eficácia no controle fitossanitário (Almeida et al., 2015).

O novo sistema Viçosa de cultivo do tomateiro (Almeida et al, 2015), consiste na inclinação de plantas aproximadamente 75° em relação ao solo, as quais são fixadas na parte superior em estacas de eucalipto, formando uma estrutura em formato de cruz, apoiados em dois fios de arame, em cada extremidade, e amarrados de forma alternada, formando um “V”.

O novo sistema aumenta em até 61% e 223% na produtividade e rentabilidade respectivamente, em comparação aos sistemas tradicionais. Um dos fatores responsáveis pelo aumento da produtividade é o maior adensamento (Almeida et al., 2015). A possível desvantagem do sistema é controle fitossanitário, o qual pode ser afetado pela densidade foliar, e o equipamento utilizado.

A grande variabilidade na deposição é devido à interação entre o equipamento, a densidade e arquitetura das plantas, afetando a deposição dos agrotóxicos dentro do dossel (Fox et al., 2008). O sistema de aplicação pneumático fraciona a calda em pequenas gotas, transportando-as até o alvo pelo movimento turbulento do ar. Essas gotas se espalham durante sua trajetória, devido ao fluxo de ar em alta velocidade emitido pelo equipamento, através da corrente aerodinâmica (Fox et al., 2008).

Nos sistemas hidráulicos a deposição na folha ocorre principalmente pelo impacto, dificultando o transporte no interior do dossel das plantas, principalmente em sistemas em que a densidade das plantas é maior, assim, diminuindo a deposição dos agrotóxicos (Mewes et al., 2013).

O objetivo do trabalho foi determinar a eficiência da tecnologia de aplicação de agrotóxicos, determinando a densidade e cobertura de gotas de equipamentos hidráulicos e pneumáticos em diferentes sistemas de cultivo do tomateiro

2. MATERIAL E METODOS

2.1. Localização e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em ambiente protegido na área de pesquisa do Setor de Olericultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, MG, Brasil (latitude de 20° 45' S, longitude de 42° 52' W e altitude de 648 m) para o período de março- setembro de 2015, que corresponde ao plantio de inverno.

2.2. Equipamentos utilizados

Foram utilizados dois equipamentos, atomizador pneumático Costal Motorizado marca Guarany com capacidade para 11 L com motor Kawasaki TK65-2 tempos e potência de 4,6 (HP) (figura 1a) e pulverizador motorizado hidráulico (figura 1b).

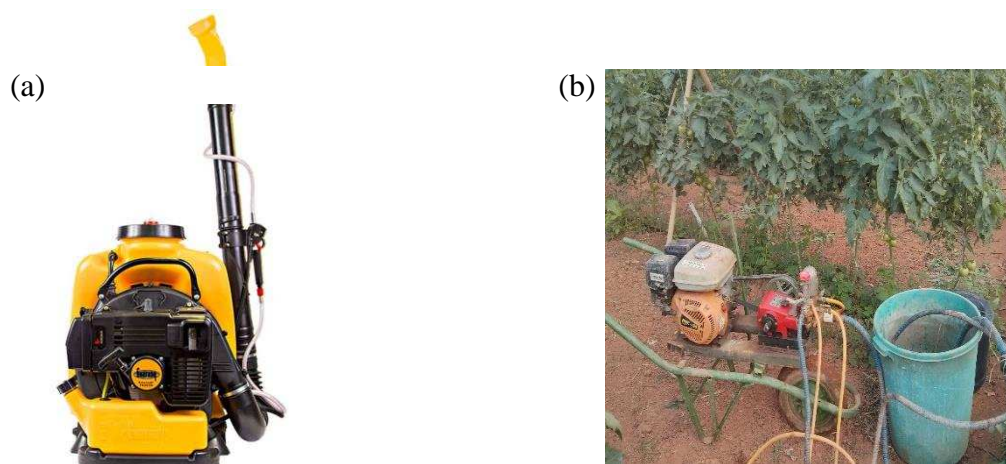


Figura 1- equipamentos utilizados: a) atomizador pneumático Costal Motorizado, b) pulverizador motorizado hidráulico.

2.3. Sistemas de cultivo testados

Foram testados quatro sistemas de cultivo do tomate (figura 2); 1) fitilho: plantas tutoradas verticalmente com fitilho (tradicional) e conduzidas com uma haste, com espaçamento de 1,2 m entre linhas e 0,5 m entre planta (figura 2a), 2) Cerca Cruzada: sistema de tutoramento triangular com bambu e condução com uma haste, com espaçamentos de 1,2 m entre linha e 0,5 m entre planta (figura 2b) ; 3) sistema viçosa com espaçamentos de 2 m entre linha e 0,2 m entre planta (figura 2c); y 4)

sistema viçosa adensado com espaçamentos de 1,2 m entre linha e 0.1 m entre planta (figura 2d).

No Sistema Viçosa e adensado, as plantas foram tutoradas com fitilho e inclinadas a aproximadamente 75° com o solo segundo a metodologia de Almeida (2015). Estacas de eucalipto em formato de cruz foram utilizadas para apoiar dois fios de arames, um em cada extremidade. Os fitilhos ficaram fixados aos arames de forma alternada, formando um “V



Figura 2) - Sistema vertical: Plantas tutoradas verticalmente com fitilho (a), Cerca Cruzada: sistema de tutoramento triangular (b), sistema viçosa: espaçamento de 2 m entre linha e 0.2 m entre planta (c), sistema viçosa adensado: espaçamentos de 1,2 m entre linha e 0,1 m entre planta (d)

2.4.Determinação da aplicação da calda nos sistemas de cultivo

O volumen de calda a ser aplicado em litros foi determinado com base no método Tree Row Volume (TRV), determinando o volume de calda a ser aplicado em litros por 1.000 m³ de volume do dossel, denominado índice volumétrico considerando-se dados do diâmetro e altura de copa em cada um dos sistemas de cultivo a serem avaliados.

O método TRV consistiu em medir o volume de vegetação em 1/ha e foi referência para determinação da calda para cada sistema. Seguindo a seguinte equação;

$$TRV = \frac{H.L. 10000}{D}$$

O TRV é o volume dos dosséis das plantas por área (m³ ha⁻¹); *H*, altura do dossel (m), *L* largura do dossel (m) e *D*, distância entre linhas de plantio (m) (tabela 1e 2)

Equipamento atomizador:

Tabela 1. variaves avaliadas para a determinação do volume de aplicação para cada sistema de cultivo do tomateiro para o equipamento atomizador

Variáveis analisadas	Sistemas de cultivo do tomateiro			
	Viçosa	Adensado	Vertical	Cerca cruzada
TRV	9360 m ³ /ha	12375 m ³ /ha	6750 m ³ /ha	9125 m ³ /ha
Índice volumétrico	30L/1000 m ³	30L/1000m ³	30L/1000m ³	30L/1000m ³
Volume de calda	280 L/ha	371 L/ha	202L/ha	273 L/ha
Vazão da ponta	0,56 L/min	0,54 L/min	0,34L/min	0,327 L/min
Velocidade do operador	1,2 Km/h	1,1Km/h	1,7 Km/h	1,2Km/h

Equipamento Hidráulico Motorizado:

Tabela 2. variaves avaliadas para a determinação do volume de aplicação para cada sistema de cultivo do tomateiro para o equipamento hidráulico motorizado.

Variáveis analisadas	Sistemas de cultivo do tomateiro			
	Viçosa	Adensado	Vertical	Cerca cruzada
TRV	9360 m ³ /ha	12375 m ³ /ha	6750 m ³ /ha	9125 m ³ /ha
Índice volumétrico	30L/1000 m ³	30L/1000m ³	30L/1000m ³	30L/1000m ³

Volume de calda	280 L/ha	371 L/ha	202L/ha	273 L/ha
Vazão da ponta	0,326 L/min	0,321 L/min	0,28L/min	0,327 L/min
Velocidade do operador	1,4Km/h	1,3Km/h	2,8 Km/h	1,4Km/h

2.5. Determinação e análise dos parâmetros técnicos da aplicação

A eficiência da distribuição da calda foi avaliada em cada sistema de cultivo utilizando-se etiquetas hidrossensíveis, marca Syngenta, de 28x26 mm. As etiquetas foram distribuídas sobre a face adaxial no terço superior, médio e inferior das folhas do tomateiro e fixados com grampeador, em duas posições distintas no dossel da planta, externa e interna para determinar a penetração, densidade e cobertura de gotas nas etiquetas hidrossensíveis em cada sistema de cultivo.

2.6.Densidade de gotas

Após a aplicação, as etiquetas de papel hidrossensível foram colocadas em sacos de papel e separadas de acordo com o terço da planta e profundidade da planta externa e interna em cada sistema de cultivo.

2.7.Porcentagem de cobertura

A cobertura do alvo pela calda corresponde à área ocupada pelas gotas após uma aplicação. A porcentagem de cobertura foi obtida pela relação entre a área coberta pelas gotas e a área total das etiquetas.

As etiquetas foram digitalizadas utilizando-se scanner HP, modelo Scanjet 3770, a uma resolução de 1.200 dpi, e analisadas com o auxílio do software IMAGE TOOL, versão 3.0, para obter a densidade e cobertura de gotas.

2.8.Composição da calda

2.9.Avaliação da deposição da calda

Para a determinação da deposição da calda, foram coletadas folhas de cada repetição de acordo com os terços e profundidade das etiquetas hidrossensíveis em cada sistema de condução. Após a aplicação da calda, as folhas são recolhidas e colocadas em sacos de papel separadamente, de acordo com o terço e profundidade e

levadas ao laboratório para análise em espectrofotômetro, determinando-se a quantidade de produto que atingiu a folha em cada sistema de cultivo.

2.10. Determinação da deposição da calda na folha

As folhas, depois de pulverizadas estas foram recolhidas e armazenadas, para depois ser lavadas sendo adicionando 50 ml de água destilada dentro do saco de plástico o posteriormente ser agitado, para retirada da calda depositada na superfície da folha. Parte dessa solução foi retirada, e fez-se a leitura da absorbância.

Interpolando os valores da leitura aos dados da curva de calibração, determinou-se a concentração do traçador na amostra, e desse valor, o volume de calda presente na folha.

2.11. Determinação da área foliar

Para determinação da área foliar, após a lavagem das folhas e a retirada do produto, foi utilizado o integrador de área foliar de bancada LI-3100C (LICOR) (figura 3), com uma resolução de 1 mm² que tem alta precisão e repetitividade, as folhas foram passadas pelo aparelho, um a um, e os valores de área foliar foram anotados em uma tabela. Com base nessas informações, determinou-se a quantidade do produto na folha.



Figura 3- integrador de área foliar de bancada LI-3100C

2.12. Determinação da deposição da calda por área foliar

Partindo dos valores da calda depositada nas folhas e da área foliar, determinou-se a concentração da calda por área ($\mu\text{L cm}^{-2}$)

2.13. Calibração do espectrofotômetro

Para obter a curva de calibração do espectrofotômetro da solução utilizada, utilizaram-se soluções-padrão em várias concentrações conhecidas (mg/L^{-1}) do traçador, usando amostras da calda aplicada no experimento. Empregou-se um espectrofotômetro modelo SP 1105 (figura 4)



Figura 4- Espectrofotômetro modelo SP 1105

Partiu-se da amostra de 2 g de corante azul brilhante por litro de água e obteve-se o valor da absorvância determinando pelo espectrofotômetro para várias concentrações dessa amostra, foi elaborado um gráfico de absorvância versus a concentração de corante dessa amostra e a equação de calibração do aparelho para o traçador utilizada (Skoog and Holler, 2001)

2.14. Curva de calibração

A curva de calibração do espectrofotômetro foi realizada pela absorvância de 7 concentrações conhecidas do corante, que possibilitaram compor uma equação de regressão linear que converteu os valores de absorvância para concentração do corante para cada amostra (Figura 4).

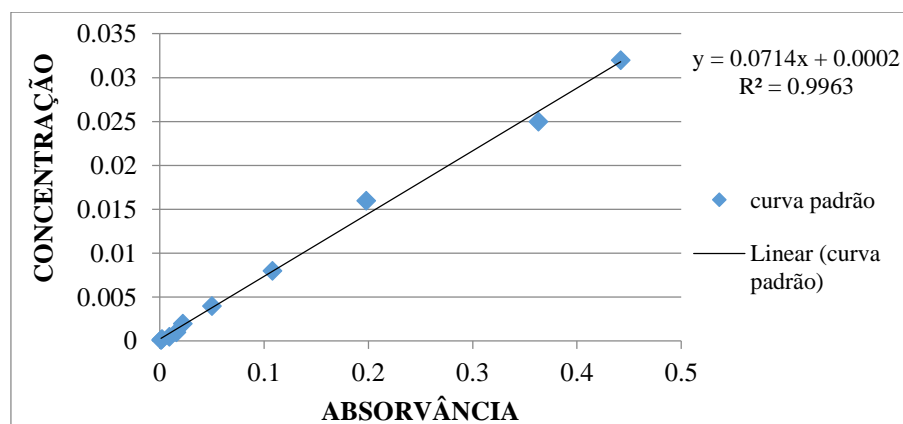


Figura 4 - Curva de calibração entre os parâmetros de absorvância e concentração da amostra para calibração do espectrofotômetro

O valor do coeficiente de regressão observado foi alto, indicando a viabilidade da utilização da equação para estimar a concentração do corante ($R^2=0,9963$).

2.15. Condições climáticas

No experimento da aplicação foram monitorados os valores de temperatura e umidade relativa do ar e a pressão barométrica por médio de um termo higrômetro herbicat.

2.16. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial $4 \times 3 \times 2$, sendo quatro sistemas de cultivo, 3 terços (superior médio e inferior) e duas profundidades (externa e interna), em delineamento de blocos ao caso com quatro tratamentos que consistiram de quatro sistema de cultivo, sendo o vertical, cerca cruzada, sistema viçosa e viçosa adensado, e quatro repetições em cada tratamento

Na área experimental foram instaladas 25 linhas de cultivo de 7 m de comprimento e área total de 270 m^2 em ambiente protegido, considerando as linhas das extremidades como bordaduras e as centrais utilizadas para as avaliações em cada sistema de cultivo.

Os dados foram analisados por médio de análise de variância, sendo as medias comparadas pelo teste F e de tukey, adotando-se o nível de 5% de significância

3. RESULTADOS

Densidade de gotas (DG/cm^2) e percentagem de cobertura (%CO) nos sistemas de cultivo de tomateiro utilizando-se pulverizador hidráulico motorizado.

Na Tabela 3 é apresentado a análise de variância da densidade de gotas (DG/cm^2) e cobertura (% CO) de acordo com sistema de cultivo, profundidade e terço nas plantas de tomateiro, utilizando-se pulverizador hidráulico motorizado.

Houve efeito significativo e independente para sistemas de cultivo, profundidade e terço da planta para a característica densidade de gotas DG (n° gotas cm^{-2}) (Tabela 3).

Para % CO, observou-se efeito significativo no terço da planta e interação significativa para sistema de cultivo e profundidade (Tabela 3).

Tabela 3- Resumo da análise de variância das variáveis densidade de gotas e cobertura em 4 sistemas de cultivo do tomateiro, 2 profundidades e 3 terços da planta.

FV	GL	QM	
		DG (Cm ²)	% CO
Sistema	3	30192**	258 ^{ns}
Profundidade	1	73311**	12895**
Rep	3	2022	20 ^{ns}
Sistema x Profundidade	3	12650 ^{ns}	711**
Resíduo a	21	4992	110
CV		56,35	51,48
Terço	2	17444**	1007**
Sistema X Terço	6	4885 ^{ns}	69 ^{ns}
Profunde x Terço	2	3307 ^{ns}	304,6 ^{ns}
Sistema x Profundidade x Terço	6	6157 ^{ns}	140,3 ^{ns}
Resíduo b	48	3125	124,9
CV		44,59	54,92

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Densidade de gotas (DG/cm²) utilizando-se pulverizador hidráulico motorizado

A menor densidade de gotas foi verificada no sistema Vertical. A profundidade externa obteve maior densidade de gotas e o terço médio e o terço médio foi superior ao terço inferior com relação a essa característica (Tabela 4).

Tabela 4). Médias obtidas para a densidade de gotas (DG/Cm²) em 4 sistemas de cultivo do tomateiro, 2 profundidades e 3 terços da planta.

Sistema	Densidade de gotas (gotas cm ⁻²)	
Adensado	147,7	a
Viçosa	135,4	a
Vertical	72,8	b
Cerca cruzada	145,5	a
Profundidade		
Externa	153	a
Interna	98	b
Terço		
Superior	128,79	ab
Médio	146,83	a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Inferior

100,51

b

Cobertura (%CO) utilizando-se pulverizador hidráulico motorizado

Na parte externa da planta, os sistemas Adensado e Vertical obtiveram maior %CO em relação ao sistema Cerca Cruzada e não houve diferença entre sistemas quando avaliou-se a %CO na parte interna da planta. A maior cobertura foliar foi verificada na parte externa da planta, independente dos sistemas.

Tabela 5 - Médias obtidas para a percentagem de cobertura (%CO) em 4 sistemas de cultivo e 2 profundidades

Sistema	Profundidade			
	Externa		Interna	
Adensado	38,04	aA	10,69	aB
Viçosa	32,01	abA	10,7	aB
Vertical	36,4	aA	10,49	aB
Cerca cruzada	21,29	bA	12,15	aB

*Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Os terços superior e médio são os que obtiveram maior porcentagem de cobertura na aplicação de agrotóxicos (% CO) (Tabela 9).

Tabela 6). Médias obtidas para percentagem de cobertura (%CO) em 3 terços da planta.

Terço da planta	% cobertura	
Superior	23,46	a
Médio	23,71	a
Inferior	13,87	b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Densidade de gotas (DG/cm²) e cobertura (%CO) nos diferentes sistemas de cultivo de tomateiro utilizando-se pulverizador Pneumático.

Na Tabela 7, é apresentada a análise de variância da densidade de gotas (DG/cm²) e cobertura (% CO) de acordo com sistema de cultivo, profundidade e terço nas plantas de tomateiro utilizando-se pulverizador pneumático.

Houve interação significativa para sistemas de cultivo e profundidade para a característica densidade de gotas DG (nº gotas cm⁻²) e a parte da planta não influenciou nessa característica.

Tabela 7- Resumo da análise de variância das variáveis densidade de gotas e cobertura em 4 sistemas de cultivo do tomateiro, 2 profundidades e 3 terços da planta.

DENSIDADE	GL	QM	
		FV	DG (Cm ²)
Sistema	3	155809**	398,7**
Profundidade	1	784921**	2384,8**
Rep	3	4793 ^{ns}	26,6 ^{ns}
Sistema x Profundidade	3	65690**	34,2 ^{ns}
Resíduo a	21	10506 ^{ns}	35,5 ^{ns}
CV		32,16	52,94
Terço	2	24487 ^{ns}	29,74 ^{ns}
Sistema X Terço	6	79825 ^{ns}	33,58 ^{ns}
Profunde x Terço	2	52579 ^{ns}	31,02 ^{ns}
Sistema x Profundidade x Terço	6	34846 ^{ns}	52,82 ^{ns}
Resíduo b	48	1061297 ^{ns}	79,36 ^{ns}
CV		46,65	79,17

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

A densidade de gotas na parte externa das plantas não variou entre os sistemas, porém, na parte interna, o Sistema Adensado obteve os maiores valores. Neste sistema, não houve diferença entre a parte interna e externa, e, nos demais, a densidade de gotas foi maior na parte externa.

Tabela 8- Médias obtidas para a densidade de gotas (DG/Cm²) em 4 sistemas de cultivo do tomateiro e 2 profundidades.

Sistema	Profundidade			
	Externa		Interna	
Adensado	433,93	aA	409,31	aA
Viçosa	460,7	aA	225,64	bB
Vertical	386,85	aA	142,79	bB
Cerca cruzada	355,17	aA	135,53	bB

*Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Os maiores valores de % de cobertura foram encontrados nos sistemas de cultivo viçosa adensado, e o sistema cerca cruzada representaram os menores valores. A profundidade externa obteve maior percentagem de cobertura (%CO) (tabela 9).

Tabela 9). Médias obtidas para a percentagem de cobertura (%CO) em 4 sistemas de cultivo do tomateiro e 2 profundidades.

Sistema	Cobertura (%)	
Adensado	16,4	a
Viçosa	12,5	ab
Vertical	8,7	bc

Cerca cruzada	7,4	c
Profundidade		Cobertura (%)
Externa	16,2	a
Interna	6,3	b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Determinação da deposição da calda por área foliar utilizando-se pulverizador hidráulico motorizado

Na Tabela 9, é apresentada a análise de variância da deposição da calda (Volume $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) de acordo com sistema de cultivo, profundidade e terço nas plantas de tomateiro utilizando-se pulverizador hidráulico motorizado.

A deposição da calda teve efeito significativo e independente a profundidade analisada.

Tabela 9- Resumo da análise de variância da deposição da calda (Volume $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) em 4 sistemas de cultivo do tomateiro, 2 profundidades e 3 terços da planta.

	GL	QM
FV	(Volume $\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	
Sistema	3	0.0000294 ^{ns}
Profundidade	1	0.0011732 ^{***}
Rep	3	0.0000469 ^{ns}
Sistema x Profundidade	3	0.0000808 ^{ns}
Resíduo a	21	0.0000459
CV		54.59
Terço	2	0,00491 ^{ns}
Sistema X Terço	6	0,07868 ^{ns}
Profunde x Terço	2	0,03259 ^{ns}
Sistema x Profundidade x Terço	6	0,05295 ^{ns}
Resíduo b	48	0,03903 ^{ns}
CV		50.35

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; ^{***} Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

O maior volume de aplicação de calda (Volume $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) foi verificada na parte externa das plantas de tomateiro (Figura 14).

Tabela 10- Médias obtidas para (Volume $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) em 2 profundidades da planta.

Profundidade	Volume ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	
Externa	1.5904	a
Interna	0,8912	b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Determinação da deposição da calda por área foliar utilizando-se pulverizador Pneumático

Na Tabela 10, é apresentada a análise de variância da deposição da calda (Volume $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) de acordo com sistema de cultivo, profundidade e terço nas plantas de tomateiro utilizando-se pulverizador pneumático.

Houve interação significativa para deposição da calda da calda (Volume $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) nos sistemas de cultivo e profundidade e a parte da planta não influenciou nessa característica.

Tabela 10- Resumo da análise de variância da deposição da calda (Volume $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) em 4 sistemas de cultivo do tomateiro, 2 profundidades e 3 terços da planta.

FV	GL	QM (Volume $\mu\text{L}/\text{cm}^2$)
Sistema	3	0.0000422*
Profundidade	1	0.0003896***
Rep	3	0.0000354
Sistema x Profundidade	3	0.0000400*
Resíduo	21	0.0000108
CV		37.89
Terço	2	0,007899 ^{ns}
Sistema X Terço	6	0,005933 ^{ns}
Profunde x Terço	2	0,001955 ^{ns}
Sistema x Profundidade x Terço	6	0,02071 ^{ns}
Resíduo	48	0,01261 ^{ns}
CV		40.95

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; *** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

A deposição da calda (Volume $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) na parte externa das plantas variou entre os sistemas, valores mais elevados foram para o sistema adensado, porém, na parte interna, não houve diferença nos sistemas de cultivo do tomateiro na deposição da calda.

Tabela 11- Médias obtidas para a deposição da calda (Volume $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) em 4 sistemas de cultivo do tomateiro e 2 profundidades.

Sistema	Profundidade			
	Externa		Interna	
Adensado	1.3365	aA	0.7763	aB
Viçosa	1.2076	abA	0.7067	aB

Vertical	0.8720	bA	0.7067	aB
Cerca cruzada	0.8581	bA	0.5344	aB

*Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

4. DISCUSSÃO

A temperatura variou entre 22 °C, a velocidade do vento entre 0 e 1,0 m s⁻¹ a 2 m do solo, enquanto a pressão barométrica foi de 933 mbar e a umidade relativa 83% no momento da avaliação.

A umidade relativa do ar é o fator mais relevante na evaporação das gotas e deposição do produto nos alvos. A temperatura e umidade relativa do ar influencia diretamente nas perdas por evaporação, sendo que quanto menor o tamanho de gotas menor deve ser a temperatura e maior a umidade relativa do ar. Os valores ideais de umidade relativa do ar são de 60 e 70%, que é o limite para deposição eficiente de gotas finas e medias no alvo. No experimento a umidade relativa do foi de 83%, o que pode ter interferido nos resultados da cobertura e densidade de gotas nos diferentes sistemas de cultivo do tomateiro avaliados.

A menor densidade de gotas no sistema viçosa em relação nos outros sistemas de cultivo pode ser devido aos amplos movimentos do operador que tem que o braço para cobrir toda a planta, exigindo boa sincronização entre o movimento de braço e caminhamento para obter boa uniformidade (Sánchez-Hermosilla et al., 2013b).

A Densidade de gotas (DG/cm²) foi maior que o indicado para controle de doenças causadas por fungos, valores de 50 a 70 gotas por cm⁻² são os indicados para o controle de fungos (Barthelemy, 1990). De acordo com o recomendado, a população de gotas é eficiente para controle de fungos.

Resultados obtidos da avaliação da severidade da doença no capítulo 1, indicou que o Sistema Cerca teve os maiores valores de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), na literatura indica que no Sistema Cerca, as aplicações de agrotóxicos podem ser prejudicada porque não conseguem atingir as folhas na parte mais interna de forma eficiente (Wamser et al., 2008b) A formação de dosséis

compactos na parte interna do “V” invertido resultam na baixa cobertura foliar pelas pulverizações (Batista, 2006).

O resultado da avaliação da tecnologia de aplicação indica que no Cerca Cruzada o produto consegue chegar no interior do “V” invertido, o valor médio de número de densidade de gotas (DG/cm²) foi de (145,5), e a percentagem de cobertura na parte externa de 21,29 e interna de 12,15 sendo igual aos outros sistemas de cultivo, porém a eficácia do controlo dos fungicidas é influenciada pelas condições ambientais (Silveira, 2012), água livre sobre os folíolos por mais tempo e o maior número de horas de molhamento foliar no “V”, além das temperaturas e umidade relativa adequadas no ciclo da cultura

A densidade de gotas e percentagem cobertura é maior no terço médio em relação ao inferior, porque este sofre menor interferência das folhas acima. A densidade de folhas e a disposição da planta influencia a deposição e cobertura de gotas (Cerruto et al., 2009), conhecido como “efeito guarda-chuva”, a redução do diâmetro e deposição de gotas ocorre à medida que as partículas movimentam-se para baixo através do dossel (Roten et al., 2015), o que dificulta a deposição de gotas nas partes mais inferiores da planta (Gulart et al., 2013; H. Zhu et al., 2002)

Os maiores valores densidade de gotas (DG/Cm²) foram para o sistema Viçosa Adensado, nas superfícies externas e interna foram iguais, a maior densidade de folhas neste sistema pode aumentar o sucesso de deposição, o atomizador transporta o produto pelo impulso do ar, o que pode interferir no deslocamento e penetração no dossel das plantas (Ruas et al., 2013) melhora a retenção nas partes mais densa, em relação aos sistemas convencionais (H. Zhu et al., 2002).

A deposição das gotas nas plantas não dependem somente do equipamento, a idade, do tipo da cultura, densidade de plantas, momento de aplicação e condição operacional durante a pulverização podem ser afetadas (Cooke et al., 1990)

O sombreamento ou efeito “efeito guarda-chuva”, reduziu significativamente os depósitos de pulverização no alvo (Cerruto et al., 2009). A deposição é mais elevada no lado da planta mais próxima do pulverizador em comparação com os depósitos no interior do dossel que está mais longe do pulverizador (R. C. Derksen et al., 2007).

A pulverização com atomizador não produziu uma diferença de % cobertura e densidade de gotas nos terços da planta em diferentes sistemas de cultivo, pode-se supor que o atomizador teve maior homogeneidade.

Cobertura na profundidade externa independente do sistema e interfere na deposição das gotas, mesmo assim com o movimento na folha ou a turbulência do ar que gera o atomizador no interior do dossel para criar a oportunidade de grande impacto da gota (R.C. Derksen et al., 2007).

Neste sentido, os diferentes sistemas de cultivo avaliados contribuíram para a desuniformidade da aplicação na parte interna do dossel da planta, é devido principalmente ao adensamento das folhas externas o que promoveu uma importante barreira para com as folhas posicionadas internamente.

5. CONCLUSÃO

1. Maior número de gotas foram verificados nas folhas posicionadas externamente ao dossel da planta independente do sistema de cultivo e do equipamento utilizado.

2. A Percentagem de cobertura maiores valores foram encontrados nas folhas externas e menores terço médio da planta.

3. Aperfeiçoamentos na distribuição do produto independente do equipamento utilizado são necessários, visando a melhorar a homogeneidade da aplicação de agrotóxicos para o controle mais eficiente de fitopatógenos na cultura do tomateiro.

6. REFERENCIAS

Almeida VS, Gomes CN, Antonio AC, Moura AD. Sistema Viçosa para o cultivo de tomateiro. Horti Bras. 2015;33:74–79.

Baesso MM, Teixeira MM, Adriane R, Ruas A, Couto R, Baesso E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. Rev ceres. 2014;61:780–785.

Barthelemy P. Choisir les outils de pulverisation. Inst Tech des Céréales des Fourrag. 1990. p. 135.

Batista D da C. Dinamica de inóculo de *Alternaria solani*, efeito da densidade de plantio na intensidade da pinta preta e requeima e previsão dessas doenças em

- tomateiro e batateira. Universidade Federal de Viçosa; 2006.
- Cerruto E, Emma E, Manetto G. Spray applications to tomato plants in greenhouses. Part 2: Effect spray lance type. *J Agric Eng.* 2009;3:41–48.
- Cooke BK, Hislop EC, Herrington PJ, Western NM, Humpherson-Jones F. Air-assisted spraying of arable crops, in relation to deposition, drift and pesticide performance. *Crop Prot.* 1990;9:303–311.
- Cunha M, Carvalho C, Marcal ARS. Assessing the ability of image processing software to analyse spray quality on water-sensitive papers used as artificial targets. *Biosyst Eng. IAgRE;* 2011;111:1–13.
- Derksen RC, Frantz J, Ranger CM. Comparing greenhouse handgun delivery to poinsettias by spray volume and quality. *Trans asabe.* 2008;51:27–33.
- Derksen RC, Vitanza S, Welty C, Miller S, Bennett M. Field evaluation of application variables and plant density for bell pepper pest management. *Am Soc Agric Bol Eng.* 2007a;50:1945–1965.
- Derksen RC, Zhu H, Fox RD, Brazee RD, Krause CR. Coverage and Drift Produced by Air Induction and Conventional Hydraulic Nozzles Used for Orchard Applications. *Am Soc Agric Bol Eng.* 2007b;50:1493–1501.
- Fox RD, Derksen RC, Zhu H, Brazee RD, Svensson SA. A history of air-blast sprayer development and future prospects. *Trans ASABE.* 2008;51:405–410.
- Giles D. Independent control of liquid flow rate and spray droplet size from hydraulic atomizers. *At Sprays.* 1997;7:161–181.
- Giles DK, Akesson NB, Yates WE. Pesticide Application Technology: Research and Development and the Growth of the Industry. *Trans ASABE.* 2008;51:397–403.
- Giles DK, Downey D. Quality Control Verification and Mapping for Chemical Application. *Precis Agric.* 2003;4:103–124.
- Gulart CA, Madalosso M, Balardin R, Corte GD, Lenz G, Marques LN. Espectro de gotas de pulverização e controle de doenças em duas cultivares de trigo. 2013;1747–1753.
- Mewes WC, Teixeira MM, Fernandez HC, Zanuncio JC, Alvarenga CB. Aplicação de agrotóxicos em eucalipto utilizando pulverizador pneumático. *Rev Árvore.* 2013;37:347–353.
- Pergher G, Gubiani R, Tonetto G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. *Crop Prot.* 1997;16:25–33.
- Roten RL, Connell RJ, Hewitt AJ, Woodward SJR. Comparison of spray dose measured on leaf surfaces with spray coverage estimated from Kromekote® paper. 2015;43:38–43.
- Ruas JMF, Oliveira GM de, Araújo AG de, Balan R, Higashibara LR, Abi Saab OJG. Tecnologia de aplicação em café (*Coffea arabica* L.): efeito da assistência de ar com equipamento de acionamento manual. *Semin Ciências Agrárias.* 2013;34:2697.
- Salyani M, Farooq M, Sweeb RD. Spray deposition and bass balance in citrus orchard applications. *Trans ASABE. American Society of Agricultural Engineers;*

2007;50:1963–1969.

Sánchez-Hermosilla J, Páez F, Rincón VJ, Carvajal F. Evaluation of the effect of spray pressure in hand-held sprayers in a greenhouse tomato crop. *Crop Prot. Elsevier Ltd*; 2013;54:121–125.

Sánchez-Hermosilla J, Rincón VJ, Páez F, Fernández M. Comparative spray deposits by manually pulled trolley sprayer and a spray gun in greenhouse tomato crops. *Crop Prot. Elsevier Ltd*; 2012;31:119–124.

Sidahmed MM. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. *Trans ASAE. American Society of Agricultural Engineers*; 1999;41:531–536.

Silveira S. Requeima e pinta preta em Batateira: Resistência e epidemiologia comparativa. 2012.

Skoog A., Holler J. *Principios de análise instrumental*. Porto Alegre:Bookman. 2001;5:835.

Wamser AF, Becker WF, Santos JP, Mueller S. Influência do sistema de condução do tomateiro sobre a incidência de doenças e insetos-praga. *Hortic Bras*. 2008;26:180–185.

Zhu DL, Rowland JW, Dorner RC, Derksen RBS. Influence of Plant Structure, Orifice Size, and Nozzle Inclination on Spray Penetration into Peanut Canopy. *Am Soc Agric Bol Eng*. 2002;45:1295–1301.

CAPITULO 3

QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE AGROTOXICOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO TOMATEIRO PELO MÉTODO DE EXTRAÇÃO ESL-PBT COM PARTIÇÃO EM PAIXA TEMPERATURA.

RESUMO

QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE AGROTOXICOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO TOMATEIRO PELO MÉTODO DE EXTRAÇÃO ESL-PBT.

Na produção de tomate, são aplicadas grandes quantidades de produtos químicos pelos agricultores, sem o conhecimento de técnicas adequadas, uso excessivo e altas doses de produtos, além de não respeitar o período de carência, o que pode ameaçar a saúde dos consumidores e do meio ambiente pelo aumento dos resíduos no fruto e no ecossistema. O desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis que garantam a quantidades de alimentos, e que ajudem na redução de pesticidas, sendo assim menos prejudiciais ao meio ambiente e mais saudável para o consumidor são de grande importância na atualidade. Neste sentido o objetivo do trabalho foi quantificar os resíduos dos princípios ativos, Clorotalonil e Difenconazol em tomates cultivados em diferentes sistemas de cultivo, usando o método de extração, ESL-PBT (extração sólido-líquido com partição em baixa temperatura) analisadas por Cromatografia Gasosa com Detector por Captura de Elétrons (CG-DCE). Os tratamentos foram compostos por quatro sistema de cultivo, sendo o vertical, cerca cruzada, sistema viçosa e viçosa adensado, nesses sistemas foram aplicados dos produtos Clorotalonil e Difenconazol, e foram avaliados os resíduos em cada um dos sistemas em 3 tempos de amostragem (1º, 3º e 7º dia após a aplicação) para determinar a degradação em função do tempo. Os dados foram analisados por método de análise de variância, sendo as medias comparadas pelo teste F e de tukey, adotando-se o nível de significância de 5% de significância. Observou-se que no sistema de cultivo Viçosa adensado foram quantificados menores valores de resíduos nos frutos de tomate, quando comparados nos demais sistemas de cultivo, o adensamento aumenta a área foliar, formando um denominado efeito guarda-chuva que protege o fruto na hora da deposição dos produtos. Dessa forma, conclui-se que as plantas cultivadas sob o sistema Viçosa Adensado tiveram menor quantidade de resíduos de Clorotalonil e Difenconazol.

ABSTRACT

MEASUREMENT OF PESTICIDE RESIDUES IN DIFFERENT TOMATO CROP SYSTEMS BY EXTRACTION METHOD ESL-PBT.

In tomato production are applied large amounts of chemicals by farmers, without the knowledge of proper techniques, excessive use and high doses of product, and does not respect the grace period, which can threaten the health of consumers and the environment by increasing waste in the fruit and the ecosystem. The development of sustainable agricultural systems that guarantee amounts of food, and help in the reduction of pesticides and thus less harmful to the environment and healthier for the consumer are of great importance today. In this sense, the objective of this study was to quantify the residues of the active ingredients, Chlorothalonil and Difenconazole in tomatoes grown on different cropping systems using the extraction method, ESL-PBT (solid-liquid extraction with partition at low temperature) analyzed by gas chromatography Detector with Electron Capture (GC-ECD). The treatments consisted of four farming system, and the vertical cross fence, fresh and Lush system dense, these systems were applied of Chlorothalonil and Difenconazole products, and were evaluated residues in each of the systems in three sampling times (1 , 3rd and 7th day after application) to determine the degradation versus time. Data were analyzed by means of analysis of variance and the averages compared by F test and Tukey, adopting the significance level of 5% significance level. It was observed that in the denser Viçosa culture system were quantified smaller waste amounts in tomato fruits, as compared to other cultivation systems, the thickening increases the leaf area, forming a so-called umbrella effect that protects the fruit at the time of deposition of products. Thus, it is concluded that the plants grown under the Viçosa Dense system had less waste of Chlorothalonil and Difenconazole.

1. INTRODUÇÃO

Grandes quantidades de pesticidas, como herbicidas, inseticidas e fungicidas são utilizados na agricultura para combater a grande variedade de pragas que afetam as culturas como o tomateiro (González-Rodríguez et al., 2008), com o objetivo principal de aumentar a produtividade (Bernardes et al., 2015) reduzir os custos de produção e acrescentar a qualidade dos alimentos (Bidari et al., 2011; Osman et al., 2010)

A falta de regulamentação e do conhecimento pelos agricultores leva a práticas inadequadas no uso de pesticidas, o que pode resultar em aumento na concentração de resíduos em alimentos (Ecobichon, 2001).

No Brasil, em 2013, foram analisados 1.628 alimentos em diferentes culturas e 36% apresentaram resíduos de pesticidas acima dos limites autorizados, 42% estavam dentro dos limites permitidos, e 22% restantes não foram detectadas presença de resíduos (Anvisa, 2013) isto indica que os mecanismos de monitoramento e avaliação devem ser implementados a fim de aumentar a qualidade dos alimentos e reduzir os riscos para a saúde pública (Goto et al., 2003)

Temperaturas moderadas e umidade adequada não só promovem o desenvolvimento de plantas, mas também contribui para o desenvolvimento de doenças na cultura do tomateiro (Melo et al., 2012) como a requeima causada pelo Oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary (Rotem and Cohen, 1974). Temperaturas entre 16 e 21°C, alta nebulosidade e água livre na superfície foliar favorecem o rápido desenvolvimento de epidemias, sob estas condições podem causar perdas totais de produção (Mizubuti et al., 2001), e como não existe há variedades resistentes (Grigolli et al., 2011), o controle químico é o método mais comum no controle dessa doença.

A produção de tomate, está classificada dentro do grupo de alto risco em relação à exposição aos agrotóxicos, (Cardoso et al., 2010). Na maioria das áreas cultivadas em tomate, grandes quantidades de produtos químicos são utilizadas pelos agricultores, e geralmente, sem o conhecimento de técnicas adequadas, o uso excessivo e altas doses de produtos, além de não respeitar o período de carência (Fenik et al., 2011) o que pode ameaçar a saúde dos consumidores e do meio ambiente (Jors et al., 2006; Reiler et al., 2015).

Clorotalonil (2,4,5,6-tetracloroisoflato-nitrilo) é um fungicida organoclorado com amplo espectro de aplicação para a prevenção de doenças, (Ghauch and Tuqan, 2008) é extremamente estável no ambiente e tem uma alta persistência, acarretando toxicidade acumulativa no meio ambiente (Carlo-Rojas et al., 2004; Singh et al., 2002). Por conseguinte, devido ao uso extensivo e dificuldade de degradação, Clorotalonil tem sido detectado em água, solo, e frutas, como pepino e tomate (Kazos et al., 2008; Pogăcean et al., 2014; Yu et al., 2016).

O Difenconazol (cis, trans-3-cloro-4-[4-metil-2-(metil-1H-1,2,4-triazol-1-il)-1,3-dioxolan-2-il] fenil éter 4-clorofenil) é um 1,2,4-triazol de amplo espectro, utilizado para controlar doenças fúngicas em frutas, vegetais e cereais, e é amplamente utilizado pela sua ação rápida. No entanto, o uso excessivo deste fungicida para o tratamento de diversas doenças nas culturas, está se tornando um problema público devido aos seus efeitos nocivos na saúde humana (Bhat et al., 2015).

Por conseguinte, há um consenso geral sobre a necessidade de desenvolver sistemas agrícolas sustentáveis baseados em práticas que não se focalize só na produção de grandes quantidades de alimentos, mas também na redução do uso de pesticidas na agricultura, especialmente a horticultura (Freidberg, 2003), além disso, que sejam menos prejudiciais ao meio ambiente e mais saudável para o consumidor (Cunningham et al., 2013; Fenik et al., 2011; Pretty, 2008)

O objetivo do trabalho foi quantificar os resíduos dos princípios ativos, Clorotalonil e Difenconazol em tomates cultivados em diferentes sistemas de cultivo, empregando o método de extração análise por cromatografia gasosa de alta eficiência ESL-PBT- CG/DCE (extração sólido-líquido com partição em baixa temperatura).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em condições de cultivo protegido na área de pesquisa do Setor de Olericultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, MG, Brasil (latitude de 20° 45' S, longitude de 42° 52' W e altitude de 648 m) para o período de março até setembro 2015, que corresponde a o plantio de inverno.

2.2.Sistemas de cultivo do tomateiro avaliados

Diferentes sistemas de cultivo do tomate foram avaliados; 1) fitilho: plantas tutoradas verticalmente com fitilho (tradicional) e conduzidas com uma haste, com espaçamento de 1,2 m entre linhas e 0,5 m entre planta; 2) Cerca Cruzada: sistema de tutoramento triangular com bambu e condução com duas hastes, com espaçamentos de 1,2 m entre linha e 0,5 m entre planta ; 3) sistema viçosa com espaçamentos de 2 m entre linha e 0,2 m entre planta; y 4) sistema viçosa adensado com espaçamentos de 1,2 m entre linha e 0,1 m entre planta.

No Sistema Viçosa e adensado, as plantas foram tutoradas com fitilho e inclinadas a aproximadamente 75° com o solo segundo a metodologia de Almeida (2015). Estacas de eucalipto em formato de cruz foram utilizadas para apoiar dois fios de arames, um em cada extremidade. Os fitilhos ficaram fixados aos arames de forma alternada, formando um “V”. As plantas foram conduzidas com uma haste, com retirada das inflorescências acima do 8° racemo e remoção da gema apical acima da 12ª inflorescência. Em cada cacho, foi feita a retirada de frutos desuniformes, defeituosos ou com problemas fitossanitários.

Durante a colheita, as folhas abaixo do terceiro cacho foram removidas com o intuito de reduzir fonte de inoculo de pragas e doenças e melhorar a incidência de luz e aeração ao longo do dossel

2.3.Agrotóxicos avaliados

Os produtos comerciais DICONIL BR ® (Iharabras S.A) trata-se de um fungicida de contato, que têm como princípio ativo Clorotalonil pertence ao grupo químico das isoftalonitrila e que tem uma classificação toxicológica de grau I (Extremamente Tóxico). O fungicida sistêmico AMISTAR TOP® (Syngenta SA) tem como princípio ativo o Difenconazol que pertence ao grupo químico do triazol e que tem uma classificação toxicológica de grau III (Medianamente Tóxico) que são autorizados na cultura de tomateiro, foram aplicados com um pulverizador hidráulico motorizado nos 4 sistemas de cultivo do tomateiro.

Na Tabela 1, são apresentados os produtos comerciais, princípios ativos, dosagens para a preparação das caldas, data de aplicação e datas das amostragens dos frutos analisados.

Tabela 1- Produto comercial (princípio ativo), dosagem, data de aplicação e datas de amostragens do tomate.

Na Tabela 2 estão descritos os agrotóxicos utilizados, bem como a regulamentação de cada produto na Agência Nacional de Vigilância Sanitária, descrevendo a modalidade de aplicação dos produtos, LMR (limite máximo de resíduo) na cultura do tomateiro e o intervalo de segurança para cada agrotóxico.

Tabela 2- Fonte: Programa de análise de resíduos de agrotóxicos para alimentos 2015 (PARA).

Produto comercial (princípio activo)	Dosagem	Data de aplicação	Datas de amostragem		
			Data 1	Data 2	Data 3
DACONIL BR ® (Clorotalonil)	2 g/L	1/09/2015	1/09/2015	3/09/2015	7/09/2015
AMISTAR TOP® (Difenoconazol)	30 mL/100L	1/09/2015	1/09/2015	3/09/2015	7/09/2015

Agrotóxicos aplicados	Modo de aplicação	LMR na cultura do tomateiro (mg kg ⁻¹)	Intervalo de segurança (días)
Clorotalonil	Foliar	3	7
Difenoconazol	Foliar	0,1	3

Os fungicidas foram aplicados aos 120 dias, estando no estágio fenológico de produção. Cada parcela foi isolada, e foi feita a aplicação dos agrotóxicos na área experimental na dose recomendada pelo fabricante (Tabela 2), para assim poder-se avaliar o efeito e a concentração residual em cada sistema de cultivo do tomateiro.

2.4. Coleta de amostras para a avaliação de resíduos de agrotóxicos nos diferentes sistemas de condução do tomateiro

O período de coleta dos frutos iniciou-se em outubro de 2015. A coleta, foi feita nas fileiras centrais em cada um dos sistemas de cultivo e os frutos foram retirados de

plantas aleatórias tomando com padrão o terceiro cacho da planta, e com pelo menos 10% de área amarelada de maturação. A colheita dos frutos foi feita em 3 datas após da aplicação mostradas (tabela 2), para avaliar o período de carência de cada um dos produtos aplicados a o longo do tempo em cada um dos sistemas de condução, com um total de 4 repetições em cada sistema e 4 frutos por cada repetição

Os frutos foram embalados e etiquetados em sacos de papel e levados ao laboratório de química analítica LAQUA para a posterior análise.

2.5. Análise cromatográfica

As análises quantitativas dos princípios ativos estudados foram realizadas em um cromatógrafo a gás Shimadzu, modelo GC-2014, com detector por captura de elétrons (DCE), equipado com auto-injetor AOC-20i. As condições analíticas otimizadas para as análises, tais como: programação de aquecimento da coluna cromatográfica, temperaturas do injetor e do detector, modo de injeção, e vazão do gás de arraste, foram determinadas visando um pequeno tempo de análise, boa resolução e separação dos picos dos agrotóxicos de interesse.

2.6. Condições cromatográficas

2.6.1. Preparo das soluções-padrão

Soluções-estoque de 1000 mg L⁻¹ foram preparadas pela solubilização de quantidade adequada dos princípios ativos Clorotaonil (93% m/m) e Difenoconazol (98% m/m) em acetonitrila (Sigma- Aldrich) grau HPLC. A solução trabalho contendo os dois princípios ativos, na concentração de 500 mg L⁻¹, foi preparada pela diluição das soluções-estoque no mesmo solvente. Estas soluções foram armazenadas em freezer à temperatura de aproximadamente -20 °C.

Coluna capilar DB-5 da Agilent Technologies, com fase estacionária composta de 5 % de fenil e 95 % de dimetilsiloxano, 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,10 µm de espessura de filme

- **Programação de aquecimento da coluna:**

150 °C (2 min) $\xrightarrow{40\text{ °C min}^{-1}}$ 210 °C (2 min) $\xrightarrow{20\text{ °C min}^{-1}}$ 240 °C (5 min) $\xrightarrow{15\text{ °C min}^{-1}}$ 290 °C (5 min) •

- Tempo total de análise: 15 minutos

- Temperatura do injetor: 280 °C
- Temperatura do detector: 300 °C
- Volume injetado: 1,0 µL
- Divisão de fluxo: 1:5
- Gás de arraste: nitrogênio
- Vazão do gás de arraste: 1,2 mL min⁻¹

2.7.Extração solido-liquido com partição em baixa temperatura (ESL-PBT)

2.7.1. Preparo das amostras de tomate

Os tomates coletados foram triturados em um liquidificador doméstico (Walita) até completa homogeneização, transformando-se em polpa. Após este procedimento, foram medidos 4,0000 g da polpa em uma balança analítica (Sartorius), com precisão de 0,1 mg e colocados em frascos de vidro, com capacidade de 22 mL.

2.7.2. Extração dos agrotóxicos em tomate

Aos frascos de vidro transparente contendo amostras de polpa de tomate, foi adicionado 4,0 mL de acetonitrila como solução a extratora (Sigma- Aldrich – grau HPLC). A mistura foi homogeneizada em mesa agitadora (Tecnal - 420) por 1 minuto, a 275 oscilações por minuto. Logo depois, a mistura foi levada para uma centrífuga (FANEM – modelo 206 MP) e centrifugada a 2000 rpm por 3 minutos.

Após a centrifugação, os frascos foram deixados em freezer por 6 h a temperatura de -20 °C para que houvesse a separação das fases pelo congelamento da fase aquosa da polpa. Posteriormente, aproximadamente 1,5 mL da fase orgânica, que fica como sobrenadante, foi recolhido em uma seringa e colocou-se direto no “vial” até o momento da análise. Por último, estas amostras foram analisadas por CG-DCE nas condições analíticas previamente estabelecidas.

2.8.Curvas analíticas

A soluções-padrão contendo os dois agrotóxicos nas concentrações de 0,05; 0,5; 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4 mg/ L⁻¹ foram preparadas. A primeira série foi obtida pela diluição da solução de trabalho contendo os quatro agrotóxicos a 0,4 mg L⁻¹ em acetonitrila.

Os compostos Clorotalonil e Difenconazol foram identificados por comparação do tempo de retenção do pico presente nos extratos das amostras com o tempo de retenção do padrão. A quantificação foi feita empregando o método de padronização externa.

2.9.Delineamento experimental

O experimento foi conduzido parcelas em subdivididas em 4x3, sendo quatro sistemas de cultivo, e 3 tempos de amostragem (1º, 3º e 7º dia após a aplicação), em delineamento de blocos ao caso com quatro tratamentos que consistiram de quatro sistema de cultivo, sendo o vertical, cerca cruzada, sistema viçosa e viçosa adensado, três repetições em cada tratamento sendo cada uma de estas triplicatas.

Os dados foram analisados por método de análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste F e de tukey, adotando-se o nível de significância de 5% de significância.

3. RESULTADOS

Análise cromatográfica

A cromatografia gasosa tem alto poder de resolução, é eficiente na separação, identificação e quantificação de agrotóxicos presentes em alimentos (Galli et al., 2006)

Para a determinação de resíduos foi usado o método validado pelo laboratório de química analítica LAQUA da UFV, em que os analitos foram extraídos pela técnica ESL/PBT e analisados por CG/DCE fio feita pela comparação do tempo de retenção (tR) de cada pico no cromatograma de uma solução padrão (Collins et al., 2006)

O tempo de retenção (tR) dos extratos do Clorotalonil e Difenconazol foram respectivamente com os (tR): 6,3 e 12,3 minutos (figura 1).

Os cromatogramas foram analisados por comparação: amostras reais e a mistura do padrão (figura 2), para assim, obter a área do pico para o posterior análise da concentração em cada um dos sistemas de cultivos avaliados.

Os cromatograma, estão apresentados a seguir:

Figura 1- Cromatograma de uma solução padrão de 500,0 (mg L⁻¹) dos princípios ativos em acetonitrila, onde: tR: 6,3 min para Clorotalonil (seta 1) e tR = 12,5 min para Difenconazol (seta 2)

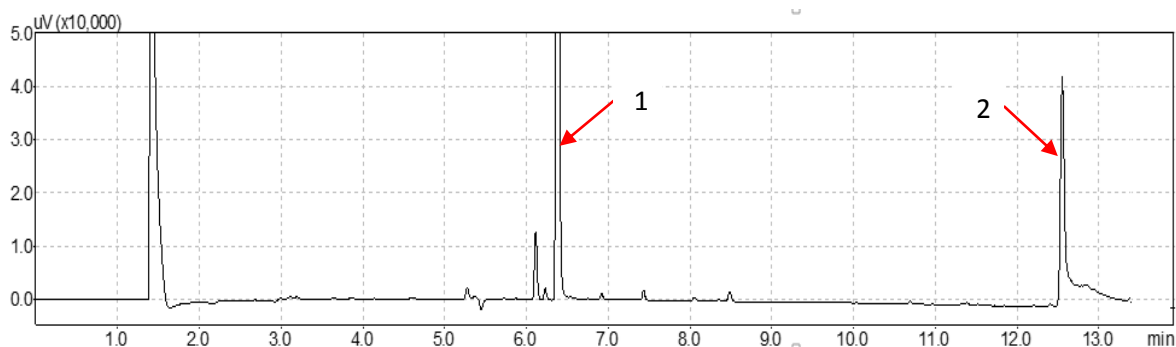
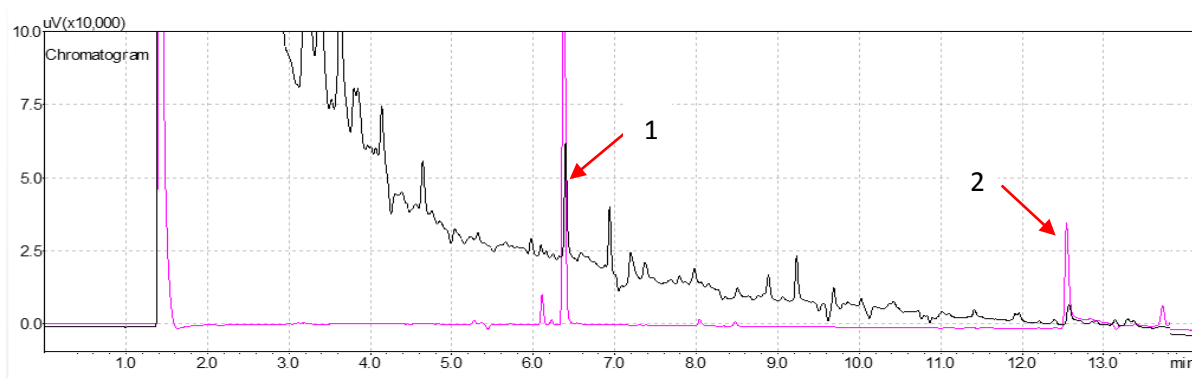


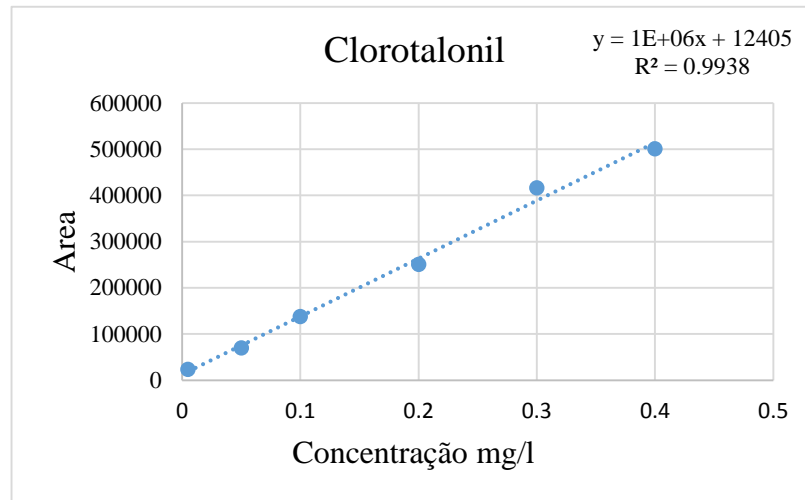
Figura 2- Superposição dos cromatogramas de um extrato de amostra de tomate (preto) e solução padrão (rosa) de 500,0 (mg L⁻¹) dos princípios ativos em acetonitrila, onde: tR: 6,3 min para Clorotalonil e tR = 12,5 min para Difenconazol



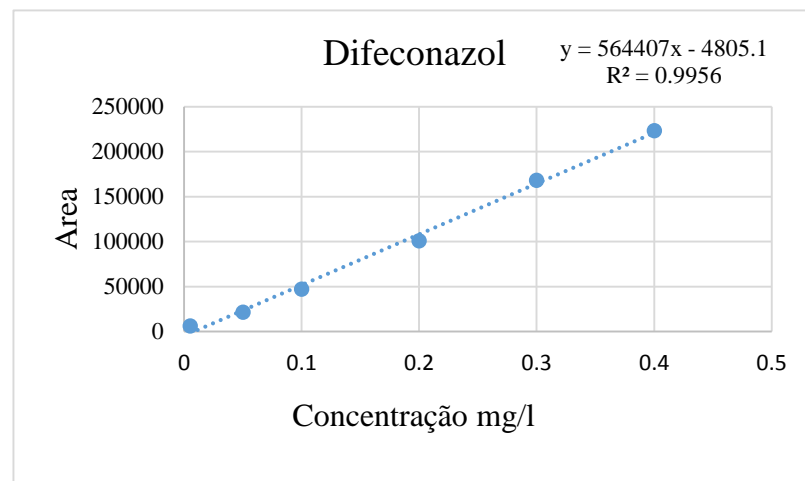
A análise dos compostos foi feita pela comparação de curvas analíticas construídas a partir da análise de soluções- padrão de Clorotalonil e Difenconazol preparadas em solvente puro (acetonitrila).

As curvas foram obtidas por meio da regressão linear, para Clorotalonil e Difenconazol apresentam valores de coeficiente de correlação ($R = 0,9938$ e $0,9956$) respectivamente.

Figura 3- Curvas analíticas construídas a partir da análise de soluções-padrão de Clorotalonil (A) e Difenconazol (B) nas concentrações de 0,05; 0,5; 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4 mg/L⁻¹ preparadas em acetonitrila



A



B

Na Tabela 1 é apresentado a análise de variância da concentração ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de Clorotalonil em tomates de acordo com os quatro sistemas de cultivo de tomateiro e três tempos de amostragem.

Observou-se efeito significativo no sistema de cultivo e tempo de amostragem na concentração de Clorotalonil (Tabela 3).

Tabela 1- Resumo da análise de variância da variável concentração de Clorotalonil ($\mu\text{g}/\text{kg}$) em 4 sistemas de cultivo do tomateiro e três tempos de amostragem.

	GL	QM
FV		Concentração ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Repetição	2	311.027244
Sistema	3	2808.939395*
Resíduo a	6	143.035081
Tempo	2	20519.070769**
Sistema x tempo	6	2056.491540**

Resíduo b	35	289.111160
CV	11,68	
CV	16,61	

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; ^{***} Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

A concentração de Clorotalonil em tomates variou entre os sistemas, no tempo 1, os Sistemas Adensado e viçosa obtiveram os menores valores e sem diferença nos tempos 2 e 3 de amostragem. No Sistema Vertical teve os maiores valores de concentração no tempo 1 e 2, e sem diferenças no 3 tempo nos demais sistemas, no 3 tempo de amostragem não houve diferença entre os sistemas de cultivo.

Tabela 2-Médias obtidas para concentração ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de Clorotalonil em 4 sistemas de cultivo do tomateiro e 3 tempos.

Sistema	Tempo (Días)					
	1		3		7	
Adensado	104.2	A	101.1	A	48.7	A
Viçosa	122.8	A	76.0	A	74.3	A
Vertical	162.9	B	151.3	B	55.0	A
Cerca	157.2	B	95.1	A	59.2	A

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

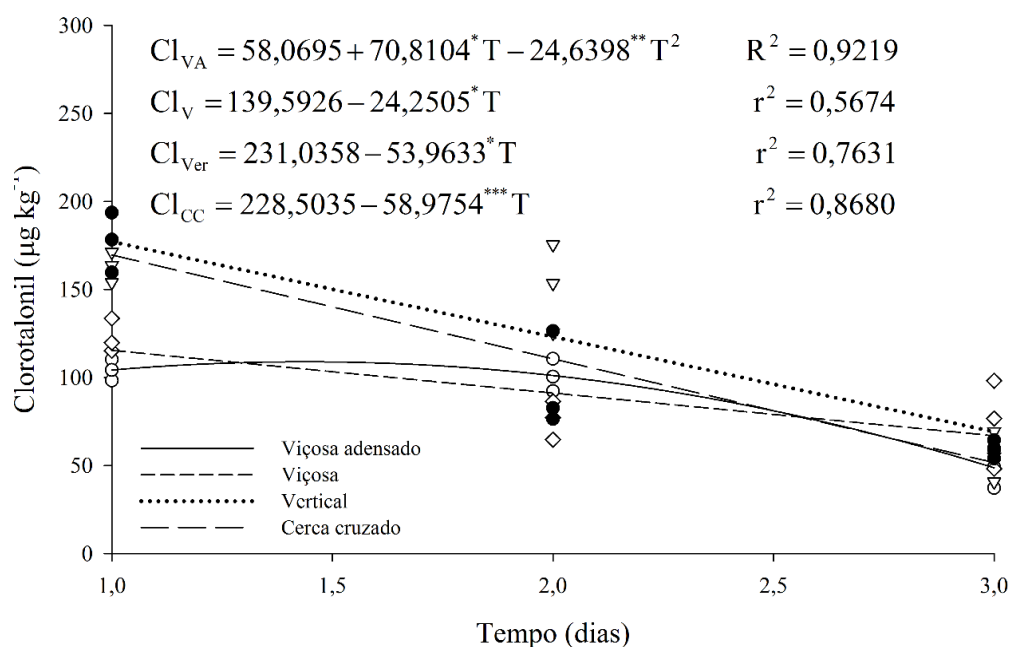


Figura 2. Concentração de Clorotalonil ($\mu\text{g}/\text{kg}$), em função do tempo de amostragem em diferentes sistemas de cultivo do tomateiro. ^{***} Significativo ao nível de

1 % pelo teste “t”. ***. * Significativo em nível de 1 e 5%, respectivamente, pelo teste “t”.

Na Tabela 3 é apresentado a análise de variância da concentração ($\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$) de Difenconazol em tomates de acordo com os quatro sistemas de cultivo de tomateiro e três tempos de amostragem.

Observou-se efeito significativo no sistema de cultivo e tempo de amostragem na concentração de Difenconazol (Tabela 3).

Tabela 3- Resumo da análise de variância da variável concentração de Difenconazol em 4 sistemas de cultivo do tomateiro e três tempos de amostragem.

	GL	QM
FV		Concentração ($\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$)
Repetição	2	27.150175
Sistema	3	902.036944*
Resíduo a	6	49.624494
Tempo	2	2177.194633**
Sistema x tempo	6	666.119430**
Resíduo b	35	19.246343
CV₁	19.10	
CV₂	11.89	

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; *** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

A concentração de Difenconazol em tomates variou entre os sistemas, no tempo 1, os Sistemas Adensado e Cerca cruzada apresentaram os menores valores em comparação ao sistema Vertical com valores mais elevados. No tempo 2 de amostragem o Sistema Vertical teve os maiores valores de concentração e no tempo 3 de amostragem não houve diferença entre os sistemas de cultivo (tabela 4).

Tabela 4- Médias obtidas para concentração de Difenconazol $\mu\text{g}/\text{kg}$ em 4 sistemas de cultivo do tomateiro e 2 profundidades.

Sistema	Tempo (Días)		
	1	3	7
Adensado	34.6 A	37.1 A	29.5 A
Viçosa	50.4 B	26.3 A	25.9 A
Vertical	88.5 C	43.4 B	21.8 A
Cerca	33.1 A	27.2 A	24.1 A

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância

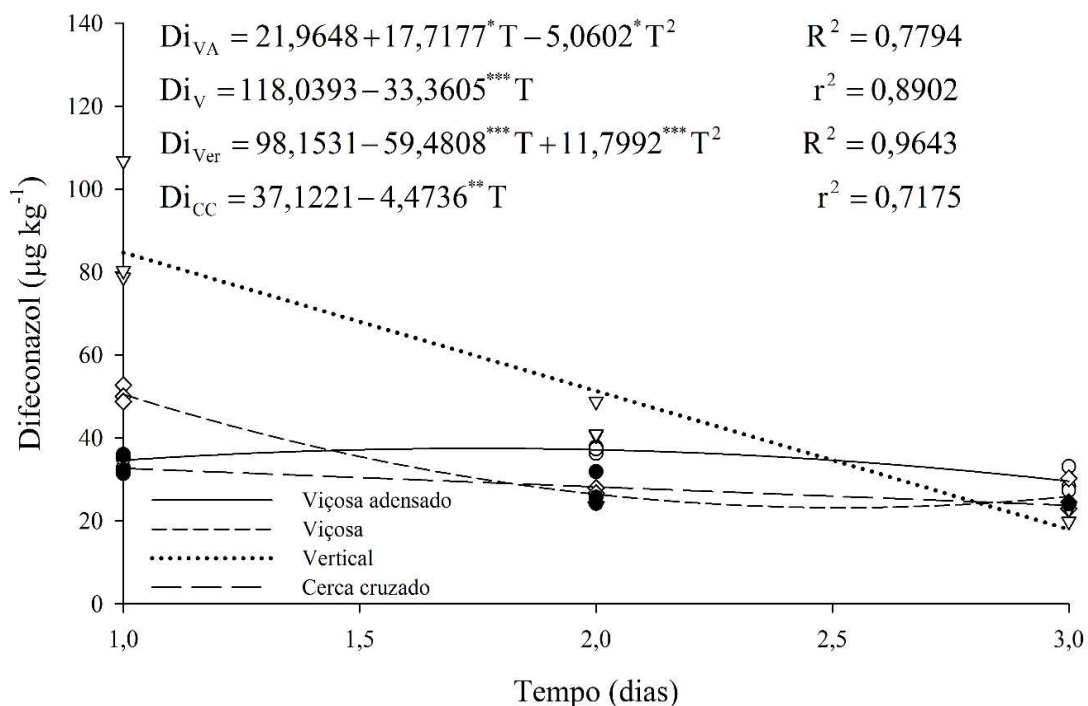


Figura 2. Concentração de Difeconazol ($\mu\text{g}/\text{kg}$), em função do tempo de amostragem em diferentes sistemas de cultivo do tomateiro. ***Significativo ao nível de 1 % de pelo teste “t”. **, * Significativo em nível de 1 e 5%, respectivamente, pelo teste “t”.

4. DISCUSSÃO

Resultados apresentados na Tabela 2, no 1º dia de amostragem, os valores mais elevados na concentração de Clorotalonil foram de $162,93 \mu\text{g}/\text{kg}$ ($0,162 \text{ mg kg}^{-1}$) para o sistema Vertical e, $177,21 \mu\text{g}/\text{kg}$ ($0,177 \text{ mg kg}^{-1}$) no Sistema Cerca Cruzada. Os menores valores foram encontrados para o Sistema Adensado $104,24 \mu\text{g}/\text{kg}$ ($0,104 \text{ mg kg}^{-1}$) e Viçosa Convencional $122,84 \mu\text{g}/\text{kg}$ ($0,122 \text{ mg kg}^{-1}$),

Os valores do Difeconazol Tabela 4, apresentaram a maior concentração residual de $88,596 \mu\text{g}/\text{kg}$ ($0,08 \text{ mg kg}^{-1}$) para o Sistema Vertical, os menores valores no primeiro dia de amostragem foram de $34,623 \mu\text{g}/\text{kg}$ ($0,034 \text{ mg kg}^{-1}$) e $33,106 \mu\text{g}/\text{kg}$ ($0,033 \text{ mg kg}^{-1}$) para os sistemas Viçosa Adensado e Cerca Cruzada respectivamente.

Os produtos foram preparados em 20 L de água com a mistura de 20gr/l DACONIL BR e 8 ml de AMISTAR TOP, a dosagem foi igual à recomendada pelo fabricante, os quais foram aplicados da mesma forma para todos os sistemas de cultivo.

A quantificação pelo método (ESL-PBT), indicou a presença em quantidades menores do Clorotalonil e Difenconazol na primeira amostragem para o sistema de Cultivo Viçosa Adensado, em comparação ao Sistema de Cultivo Vertical, que mostrou tendência mais elevada na concentração dos mesmos produtos, determinando assim, que o sistema de cultivo interfere na deposição dos agrotóxicos no tomateiro.

Analisando Tabela 1 e 2, não foi possível observar nenhum tipo de tendência na quantidade de Clorotalonil e Difenconazol acima do limite máximo de resíduo estabelecido pela ANVISA, que é de 3 mg/kg e 1 mg/kg do fruto para Clorotalonil e Difenconazol respectivamente.

O intervalo de segurança para os produtos Clorotalonil e Difenconazol é de 7 e 3 respectivamente, mesmo assim, que os limites máximo de resíduo não foram superiores, observou se quantidades ainda no fruto, no caso da Difenconazol, após dos 3 dias do intervalo de segurança os frutos ainda tenham concentrações elevadas do produto comercial, mostrando mais uma vez a importância de se respeitar o período de carência do produto, visando a segurança alimentar, para garantir a qualidade do alimento que chega até o consumidor.

A densidade de folhas e a disposição da planta no sistema de tutoramento pode interferir na deposição de agrotóxicos em frutos, este é conhecido como “efeito guarda-chuva” (Roten et al., 2015), este efeito forma uma barreira que atua como proteção no fruto, diminuindo assim a deposição dos agrotóxicos no fruto.

Na Figura 1 e 2, apresentam-se os resíduos nos frutos de tomate após a aplicação do Clorotalonil e Difenconazol, respectivamente, em função do tempo em diferentes Sistemas de Cultivo. Os resultados mostraram que os resíduos no fruto não se degradaram na sua totalidade aos 7 dias após a aplicação. O Clorotalonil é Lentamente degradado principalmente a través da fotodegradação e biodegradação com uma meia vida estimada de 3 a 5 dias (Tan et al., 2010) neste sentido, além de que o sistema interfere na deposição dos produtos no fruto diminuindo as concentrações nele, o sistema não interfere na degradação dos produtos, como é observado nas figuras 1 e 2, na data 3 de amostragem observa-se que a degradação é praticamente igual para todos os sistemas.

A diminuição da quantidade de resíduos foi acentuada aos 3 dias após a aplicação para todos os Sistemas de Cultivo, no entanto, após a taxa de degradação foi mais lenta.

Estudos realizados por (Wang et al., 2008) determinaram que degradação dos resíduos de Difenconazol após 21 dias da aplicação é de 90%, o período de carência de AMISTAR TOP (Difenconazol) é de 3 dias, acordo com os resultados, sugere-se uma ampliação nessa faixa de tempo para o produto.

5. CONCLUSÃO

1. O sistema de cultivo interferiu na deposição e quantidade nos resíduos dos agrotóxicos (Clorotalonil e Difenconazol) no fruto de tomateiro, no Sistema de Cultivo Viçosa Adensado, foram detectados menores valores de resíduos quando comparados aos demais sistemas.

6. REFERENCIAS

- Almeida VS, Gomes CN, Antonio AC, Moura AD. Sistema Viçosa para o cultivo de tomateiro. *Hortic Bras.* 2015;33:74–79.
- Anvisa. Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA). Agência Nac. Vigilância Sanitária. 2013.
- Bernardes PM, Andrade-Vieira LF, Aragão FB, Ferreira A, da Silva Ferreira MF. Toxicity of Difenconazole and Tebuconazole in *Allium cepa*. *Water, Air, Soil Pollut.* 2015;226:207.
- Bhat M, Wani AA, Mukhtar M, Sherwani A, Bhat AH, Showkat A. Dissipation patterns of the fungicide difenconazole (25 % EC) in apples grown in Kashmir, India. *Environ Monit Assess.* 2015;187:398.
- Bidari A, Ganjali MR, Norouzi P, Hosseini MRM, Assadi Y. Sample preparation method for the analysis of some organophosphorus pesticides residues in tomato by ultrasound-assisted solvent extraction followed by dispersive liquid-liquid microextraction. *Food Chem. Elsevier Ltd;* 2011;126:1840–1844.
- Cardoso MHW, Gouvêa AV, Nóbrega AWD, Abrantes SDMP. Validação de método para determinação de resíduos de agrotóxicos em tomate: uma experiência laboratorial. *Ciência e Tecnol Aliment.* 2010;30:63–72.
- Carlo-Rojas Z, Bello-Mendoza R, Figueroa MS, Sokolov MY. Chlorothalonil degradation under anaerobic conditions in an agricultural tropical soil. *Water Air Soil Pollut.* 2004;151:397–409.
- Collins CH, Braga GL, Bonato PS. *Fundamentos de Cromatografia.* 1. ed. Campinas, SP: Unicamp, 2006. 2006.
- Cunningham SA, Attwood SJ, Bawa KS, Benton TG, Broadhurst LM, Didham RK, McIntyre S, Perfecto I, Samways MJ, Tschardtke T, Vandermeer J, Villard MA,

- Young AG, Lindenmayer DB. To close the yield-gap while saving biodiversity will require multiple locally relevant strategies. *Agric Ecosyst Environ*. Elsevier B.V.; 2013;173:20–27.
- Ecobichon DJ. Pesticide use in developing countries. *Environ Health Perspect*. 2001;160:27–33.
- Fenik J, Tankiewicz M, Biziuk M. Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. *TrAC - Trends Anal Chem*. Elsevier Ltd; 2011;30:814–826.
- Freidberg S. Cleaning up down South: Supermarkets, ethical trade and African horticulture. *Soc Cult Geogr*. 2003;4:27–43.
- Galli A, Souza D De, Garbellini GS, Coutinho CFB, Mazo LH, Avaca LA, Machado SAS, Química I De, Carlos DS, Paulo UDS, Sp SC. Utilização de técnicas eletroanalíticas na determinação de pesticidas em alimentos. *Quim Nov*. 2006;29:105–112.
- Ghauch A, Tuqan A. Catalytic degradation of chlorothalonil in water using bimetallic iron-based systems. *Chemosphere*. 2008;73:751–759.
- González-Rodríguez RM, Rial-Otero R, Cancho-Grande B, Simal-Gándara J. Determination of 23 pesticide residues in leafy vegetables using gas chromatography-ion trap mass spectrometry and analyte protectants. *J Chromatogr A*. 2008;1196-1197:100–109.
- Goto T, Ito Y, Oka H, Saito I, Matsumoto H, Nakazawa H. Simple and rapid determination of N-methylcarbamate pesticides in citrus fruits by electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Anal Chim Acta*. 2003;487:201–209.
- Grigolli JFJ, Kubota MM, Alves DP, Rodrigues GB, Cardoso CR, Silva DJH Da, Mizubuti ESG. Characterization of tomato accessions for resistance to early blight. *Crop Breed Appl Biotechnol*. 2011;11:174–180.
- Jors E, Morant RC, Aguilar GC, Huici O, Lander F, Bælum J, Konradsen F. Occupational pesticide intoxications among farmers in Bolivia: a cross-sectional study. *Bio Med Cent*. 2006;10:1–10.
- Kazos EA, Nanos CG, Stalikas CD, Konidari CN. Simultaneous determination of chlorothalonil and its metabolite 4-hydroxychlorothalonil in greenhouse air: Dissipation process of chlorothalonil. *Chemosphere*. 2008;72:1413–1419.
- Melo A, Cunha SC, Mansilha C, Aguiar A, Pinho O, Ferreira IMPLVO. Monitoring pesticide residues in greenhouse tomato by combining acetonitrile-based extraction with dispersive liquid-liquid microextraction followed by gas-chromatography-mass spectrometry. *Food Chem*. Elsevier Ltd; 2012;135:1071–1077.
- Mizubuti E, Luz E, Santos A. Requeima ou mela da batata e do tomate. In Luz EDMN, Santos AF, Matsuoka K and Bezerra JL *Doenças causadas por Phytophthora no Brasil*. Rural Campinas, São Paulo. 2001. p. 100–174.
- Osman KA, Al-Humaid AM, Al-Rehiyani SM, Al-Redhaiman KN. Monitoring of pesticide residues in vegetables marketed in Al-Qassim region, Saudi Arabia. *Ecotoxicol Environ Saf*. Elsevier; 2010;73:1433–1439.
- Pogăcean MO, Hlihor RM, Gavrilescu M. Monitoring pesticides degradation in apple

- fruits and potential effects of residues on human health. *J Environ Eng Landsc Manag.* 2014;22:171–182.
- Pretty J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2008;363:447–65.
- Reiler E, Jørgensen E, Bøvelund J, Huici O, Alvarez Caero MM, Cedergreen N. The influence of tomato processing on residues of organochlorine and organophosphate insecticides and their associated dietary risk. *Sci Total Environ.* Elsevier B.V.; 2015;527-528:262–269.
- Rotem J, Cohen Y. Epidemiological patterns of *Phytophthora infestans* under semi-arid conditions. *Phytopathology.* 1974. p. 711–714.
- Roten RL, Connell RJ, Hewitt AJ, Woodward SJR. Comparison of spray dose measured on leaf surfaces with spray coverage estimated from Kromekote® paper. 2015;43:38–43.
- Singh BK, Walker A, Wright DJ. Persistence of chlorpyrifos, fenamiphos, chlorothalonil, and pendimethalin in soil and their effects on soil microbial characteristics. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2002;69:181–188.
- Tan LK, Kumar MK, Wen An W, Gao H. Transparent, well-aligned TiO₂ nanotube arrays with controllable dimensions on glass substrates for photocatalytic applications. *ACS Appl Mater Interfaces.* 2010;2:498–503.
- Wang ZH, Yang T, Qin DM, Gong Y, Ji Y. Determination and dynamics of difenoconazole residues in Chinese cabbage and soil. *Chinese Chem Lett.* 2008;19:969–972.
- Yu R, Liu Q, Liu J, Wang Q, Wang Y. Concentrations of organophosphorus pesticides in fresh vegetables and related human health risk assessment in Changchun, Northeast China. *Food Control.* Elsevier Ltd; 2016;60:353–360.

CONCLUSÃO GERAL

O sistema de cultivo do tomateiro afetou a severidade da epidemia de requeima, baseado nos valores de AADPC, o sistema de cultivo cerca cruzada teve maior severidade nos terços médios e inferiores, em comparação aos sistemas viçosa e viçosa adensado durante todo o ciclo da cultura.

Folhas localizadas nas partes inferiores tem maior índice de área foliar, o que proporcionou a formação de um microclima favorável ao desenvolvimento da doença, menor temperatura e ventilação, e maior umidade e período de molhamento foliar, favorece a rápida disseminação da doença, a densidade de folhas e a disposição da planta além de influenciar no desenvolvimento de doenças, podem interferir na deposição dos agrotóxicos nas partes mais inferiores da planta que é conhecido como “efeito guarda-chuva” o que pode também afetar a aplicação de agrotóxicos, reduzindo o controle eficiente de fitopatógenos.

Valores mais elevados de densidade de gotas para foram observados no sistema Viçosa Adensado, utilizando atomizador em comparação ao motorizado hidráulico, a maior densidade de folhas neste sistema pode aumentar o sucesso de deposição, já que o produto é transportado pelo impulso do ar, o que pode interferir no deslocamento e penetração no dossel das plantas, melhora a retenção nas partes mais densa em relação aos sistemas convencionais, podendo ser o equipamento mais eficiente nas aplicações de agrotóxicos, porém, análises estatísticas não foram feitas pra afirmar qual dos equipamentos é melhor na utilização nos diferentes sistemas de cultivo.

O adensamento de plantas no sistema Viçosa adensado, o efeito guarda-chuva, o que diminuiu a deposição de produtos no fruto, como resultado menor concentração de resíduos.

O sistema Viçosa e Viçosa Adensado, pode aumentar a sustentabilidade agrícola, atingindo os aspectos econômicos e sociais, fundamentada no uso de técnicas que aumentam a produção e reduzem os custos, além de reduzir o uso dos produtos químicos, promovendo, assim, alimentos mais saudáveis.