



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS LUIZ MENEGHEL**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**RENATA CASTANHO MOREIRA**

**EFEITO DO INVICTUS<sup>®</sup> SOBRE A EFICÁCIA DA LIMPEZA DE PULVERIZADOR**  
**CONTENDO RESÍDUO DE HERBICIDAS**

**BANDEIRANTES, PR - BRASIL**

**2019**

RENATA CASTANHO MOREIRA

**EFEITO DO INVICTUS<sup>®</sup> SOBRE A EFICÁCIA DA LIMPEZA DE PULVERIZADOR  
CONTENDO RESÍDUO DE HERBICIDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo.

BANDEIRANTES, PR - BRASIL

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

C835e Castanho Moreira, Renata  
EFEITO DO INVICTUS® SOBRE A EFICÁCIA DA LIMPEZA  
DE PULVERIZADOR CONTENDO RESÍDUO DE HERBICIDAS /  
Renata Castanho Moreira; orientador Marco Antonio  
Gandolfo - Bandeirantes, 2019.  
47 p.

Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do  
Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, 2019.

1. Descontaminação. 2. Limpeza de tanque. 3.  
Tecnologia de aplicação. 4. Fitointoxicação. I.  
Gandolfo, Marco Antonio, orient. II. Título.

RENATA CASTANHO MOREIRA

**EFEITO DO INVICTUS<sup>®</sup> SOBRE A EFICÁCIA DA LIMPEZA DE PULVERIZADOR  
CONTENDO RESÍDUO DE HERBICIDAS**

Dissertação apresentada Programa de  
Mestrado em Agronomia, da Universidade  
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz  
Meneghel.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Euripedes Bomfim Rodrigues– UENP

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira– UENP

Prof. Dr. André Luis F. Lourenção –FUNDAG

Prof. Dr. Hatiro Tashima – UENP

Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima – UFES

---

Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo  
Orientador  
Universidade Estadual do Norte do Paraná,  
*Campus* Luiz Meneghel

## **DEDICATÓRIA**

Primeiramente a Deus, por me fortalecer e capacitar a chegar até aqui. Aos meus pais, em especial a minha mãe Sônia, que sempre acreditou em mim, aos meus irmãos Gustavo, Ricardo, meu marido Thulio, minhas cunhadas que sempre estiveram do meu lado, me apoiando e ensinando que tudo na vida é possível quando há sonhos.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel, aos professores, agradeço pelo ambiente propício à evolução e crescimento, bem como a todos os servidores que a tornam assim tão especial para quem a conhece.

Em especial ao meu orientador Marco Antônio Gandolfo, que tem uma sabedoria admirável, que me forneceu recursos e ferramentas para evoluir como pessoa e profissional, obrigada pela confiança que ajudou a tornar este sonho possível este sonho tão especial.

À minha família, pai, mãe, irmãos, cunhadas e marido, os quais sempre estiveram do meu lado nos momentos de dificuldade e também alegria, sempre me incentivando e nunca me deixando desistir;

A todos os companheiros e amigos do Instituto Dashen, em especial ao João, que me ajudaram a pensar e realizar este trabalho, que me incentivaram e inspiraram através de gestos e palavras a superar todas as dificuldades;

À turma do mestrado de agronomia da UENP, pela ajuda e momentos compartilhados durante esses anos de formação, que serão levados por uma vida toda;

De uma maneira geral, a todos que direta ou indiretamente contribuíram com meu mestrado, possibilitando assim que chegasse à conclusão desse trabalho.

A todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram a acreditar em mim eu quero deixar um agradecimento eterno, porque sem elas não teria sido possível.

## **EPIGRAFE**

*“De certa forma não posso acreditar que hajam tantas barreiras que não possam ser escaladas por um homem que sabe os segredos de como tornar os sonhos realidade. Esse segredo especial pode ser resumido em quatro C’s. São eles curiosidade, confiança, coragem e constância. E o maior de todos eles é a confiança. Quando você acreditar em uma coisa, acredite nela até o fim.”*

*Walt Disney*

MOREIRA, Renata Castanho. **Efeito do Invictus® sobre a técnica de limpeza do pulverizador contendo resíduos de herbicidas.** 2019. 46f. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2019.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar níveis de injúrias causada por herbicidas sobre plantas sensíveis após processo de limpeza do tanque de pulverização com diferentes produtos, em dois momentos após o uso do pulverizador. Foi utilizado um pulverizador de bancada, composto por um sistema de pulverização complexado com bomba de pulverização, agitador mecânico, filtro de linha, válvula solenoide, fluxômetro, barra de pulverização, seis bicos, filtro de pontas e seis pontas de pulverização. Foram utilizados os agentes limpantes Água, Desadere, Invictus 01, Invictus 03, Invictus 04 e Invictus 5. O pulverizador foi contaminado com 2,4-D na dose de  $1,5 \text{ L.ha}^{-1}$  e *Glyphosate* na dose de  $2,0 \text{ L.ha}^{-1}$ . Após a limpeza com água foi realizada mais duas etapas de limpezas com água limpa na mesma quantidade caracterizando a tríplice lavagem do pulverizador, sendo este procedimento caracterizado como “Imediato”. Em cada etapa de contaminação e de limpeza foram coletadas amostras do líquido. Estes procedimentos foram repetidos após repouso da calda no pulverizador de um dia para outro (12 horas), “overnight”. Em toda etapa de lavagem foram coletadas amostras, sendo parte aplicada sobre planta sensível aos herbicidas (soja). Os resultados mostraram que o Invictus 03 apresentou um potencial de descontaminação em overnight, porém não apresentou potencial de descontaminação em procedimento imediato. Os Invictus 04 e Invictus 05 apresentaram um elevado potencial de descontaminação do circuito de pulverização.

**Palavras-chaves:** Descontaminação. Limpeza de tanque. Tecnologia de aplicação.

MOREIRA, Renata Castanho. **Effect of Invictus® on the effectiveness of the spray cleaning containing herbicide residues** 2019.46f. Dissertation Master's degree in Agronomy - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2019.

### ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate levels of injuries caused by herbicides on sensitive plants after the spray tank cleaning process with different products, at two moments after the sprayer was used. A benchtop sprayer, consisting of a spraying system complexed with spray pump, mechanical stirrer, line filter, solenoid valve, flow meter, spray bar, six nozzles, tip filter and six spray tips was used. Water cleaners, Desadere, Invictus 01, Invictus 03, Invictus 04 and Invictus 5 were used. The sprayer was contaminated with 2,4-D at the dose of 1.5 L.ha<sup>-1</sup> and *Glyphosate* at the dose of 2.0 L.ha<sup>-1</sup>. After cleaning with water two more cleaning steps were carried out with clean water in the same amount, characterizing the triple spray of the sprayer, this procedure being characterized as "Immediate". Samples of the liquid were collected at each stage of contamination and cleaning. These procedures were repeated after resting the syrup on the sprayer overnight (12 hours), overnight. Samples were collected throughout the washing phase, being applied on herbicide-sensitive plant (soybean). The results showed that Invictus 03 presented an overnight decontamination potential, but did not present decontamination potential in an immediate procedure. Invictus 04 and Invictus 05 presented a high decontamination potential of the spray circuit.

**Key words:**Decontamination.Injury.Spray tank. Application technology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fórmula Estrutural do <i>Glyphosate</i> .....	3
Figura 2: Fórmula Estrutural do 2,4 D. ....	6
Figura 3: Pulverizador Micron Combat Básico 100 Litros .....	12
Figura 4: Barra de Pulverização do modelo Columbia AD 18.....	13
Figura 5: Agentes limpantes Desadere, Invictus, herbicida 2,4-D e <i>Glyphosate</i> . ....	14
Figura 6: Aplicação com pulverizador costal. ....	16
Figura 7: Comparação do percentual de Fito intoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 01 (0,25%), d) Invictus 01 (0,50%) e e) Invictus 01 (1,00%) ...	20
Figura 8: Comparação do percentual de Fito intoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 01 (0,25%), d) Invictus 01 (0,50%) e e) Invictus 01 (1,00% ....	20
Figura 9: Comparação do percentual de Fito intoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 03 (0,25%), d) Invictus 03 (0,50%) e e) Invictus 03 (1,00%) ...	22
Figura 10: Comparação do percentual de Fito intoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 03 (0,25%), d) Invictus 03 (0,50%) e e) Invictus 03 (1,00%) ...	22
Figura 11: Comparação do percentual de Fito intoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 04 (0,25%), d) Invictus 04 (0,50%) e e) Invictus 04 (1,00%) ...	23
Figura 12: Comparação do percentual de Fito intoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 04 (0,25%), d) Invictus 04 (0,50%) e e) Invictus 04 (1,00%) ...	24
Figura 13: Comparação do percentual de Fito intoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 05 (0,25%), d) Invictus 05 (0,50%) e e) Invictus 05 (1,00%) ...	26
Figura 14: Comparação do percentual de Fito intoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 05 (0,25%), d) Invictus 05 (0,50%) e e) Invictus 05 (1,00%) ...	26

Figura 15: Média e Intervalo de Confiança de 95% da fitotoxicidade às plantas de soja observadas de acordo com o momento e o produto utilizado para limpeza do tanque de pulverização..... 30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Identificação dos Tratamentos do Ensaio de Limpeza de Tanque .....	16
Tabela 2: - Teste de comparações múltiplas do percentual de Fito intoxicação de plantas de sojas ao longo de 5 períodos de observações, de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” e “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 01 [0,25%], d) Invictus 01 [0,50%] e e) Invictus 01 [1,00%]. .....	21
Tabela 3: Teste de comparações múltiplas do percentual de Fito intoxicação de plantas de sojas ao longo de 5 períodos de observações, de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” e “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 03 [0,25%], d) Invictus 03 [0,50%] e e) Invictus 03 [1,00%]. .....	23
Tabela 4: Teste de comparações múltiplas do percentual de Fito intoxicação de plantas de sojas ao longo de 5 períodos de observações, de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” e “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 04 [0,25%], d) Invictus 04 [0,50%] e e) Invictus 04 [1,00%]. .....	25
Tabela 5: Teste de comparações múltiplas do percentual de Fito intoxicação de plantas de sojas ao longo de 5 períodos de observações, de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” e “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 05 [0,25%], d) Invictus [0,50%] e e) Invictus 05 [1,00%]. .....	27
Tabela 6: Percentual de fitointoxicação das plantas de soja após 35 dias da limpeza dos tanques de pulverização, de acordo com os tratamentos e os momentos dos procedimentos. .	27
Tabela 7: Teste univariado de comparação das médias de fitointoxicação, de acordo com os tratamentos e momento de realização do procedimento.....	28
Tabela 8: Teste de comparações múltiplas do percentual de fitointoxicação após 35 dias, de acordo com o tratamento e momento da limpeza do tanque de pulverização. ....	29

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. <i>Glyphosate</i> : Uso e Propriedades Físico-químicas .....	3
2.2. 2,4-D: Uso e Propriedades Físico-químicas .....	5
2.3 Mistura de Herbicidas em Tanque de Pulverização .....	7
2.4. Tecnologia de Aplicação .....	8
3. ARTIGO: EFEITO DO INVICTUS® SOBRE A EFICÁCIA DA LIMPEZA DE PULVERIZADOR CONTENDO RESÍDUO DE HERBICIDAS .....	10
3.1. Resumo e Abstract .....	10
3.2 Introdução.....	11
3.3 Material e Métodos.....	12
3.4 Resultados e discussão .....	19
3.5 Conclusões .....	31
4. CONCLUSÕES GERAIS .....	32
REFERÊNCIAS .....	33

## 1. INTRODUÇÃO

O atual modelo de produção agrícola é dependente do uso de produtos fitossanitários, que representam uma das principais formas no controle de plantas daninhas, pragas e doenças na cultura, mas a tecnologia usada no momento da aplicação é um dos pontos mais críticos para a produção agrícola (REYNALDO; MOLI, 2011).

Bauer et al. (2009) *apud* Gadanha Júnior (2001), a agricultura empresarial atua dependente de proteção química dos herbicidas, fungicidas, inseticidas e fertilizante. A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários consiste em conceder a correta colocação do produto ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1990).

A utilização da mistura do herbicida 2,4-D com *glyphosate* tem sido uma das aplicações mais realizadas, principalmente em dessecação de pré-semeadura, devido as falhas no controle de determinadas espécies de plantas daninhas pelo uso isolado de *glyphosate* (TAKANO et al., 2013; COSTA et al.2011). Campos et al. (2013) e Sullivan e Donovan (2006) relataram que o uso de *glyphosate* associado a 2,4-D potencializa o controle das espécies dicotiledôneas, pois esses herbicidas danificam os vasos condutores e afetam a translocação dos produtos na planta.

O 2,4-D pertence ao grupo dos herbicidas mimetizadores das auxinas e apresenta absorção foliar e radicular (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), controlam plantas daninhas dicotiledôneas, anuais ou perenes sendo seletivos para gramíneas em geral (OLIVEIRA JR., 2011).

O *glyphosate* é um herbicida sistêmico inibidor da enzima 5-enolpiruvato-shikimato-3-fosfato sintetase (EPSPS) e é absorvido pelas folhas através da cutícula (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), atuando apenas em pós-emergência, apresenta amplo espectro e é considerado não seletivo, no entanto atualmente pode também ser considerado seletivo para as culturas geneticamente modificadas (RR) (OLIVEIRA JR., 2011).

Com o aumento do custo de aplicação de herbicidas no controle de plantas pós-emergentes e o uso de herbicidas que tem ação em baixa taxa de aplicação, grande ênfase deve ser dada a limpeza e manutenção dos pulverizadores a fim de evitar injúrias não desejadas às culturas. A aplicação de herbicidas pós-emergentes diretamente nas folhas tem grande potencial de causar injúrias que podem ser resultados de pequenas quantidades dos remanescentes no sistema de pulverização. Segundo

Johnson et al. (2007), estas injúrias podem afetar o crescimento e desenvolvimentos das plantas por várias semanas após aplicação e, em casos mais sérios, reduzir drasticamente a produção da cultura posterior.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar níveis de injúrias causadas por resíduo de herbicidas, sobre plantas sensíveis, usando diferentes produtos de limpeza em dois momentos após o uso do pulverizador.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. *Glyphosate*: Uso e Propriedades Físico-químicas

No Brasil, a classe de herbicidas foi responsável por 32,12% do faturamento total dos defensivos, cerca de US\$ 3,08 bilhões em 2015 (SINDIVEG, 2016).

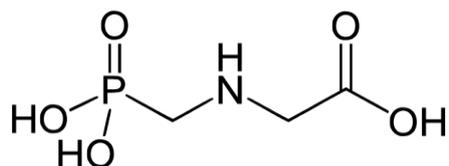
Nas formulações de herbicidas, o ingrediente ativo *glyphosate* representou mais de 173.150,75 toneladas em vendas no ano de 2017. (IBAMA, 2017).

O *glyphosate*, N-(fosfonometil) glicina foi sintetizado em 1964, e sua ação herbicida descrita em 1971 (LUCHINI, 2009; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

É um herbicida classificado como não seletivo (exceto para as culturas geneticamente modificadas, que possuem tolerância ao *glyphosate*) e de ação sistêmica (GALLI, 2009) com translocação principalmente via floema, principal mecanismo de transporte de herbicidas aplicados em pós emergência das plantas daninhas (RODRIGUES, 2009). Não possui poder residual no solo, pois é fortemente adsorvido pelas partículas coloidais (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). A ação do *glyphosate* ocorre através da inibição da enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPS), agindo no bloqueio da síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, paralisando o desenvolvimento das plantas, amarelecimento das folhas e meristemas, seguido de necrose e morte das plantas (KARAM; OLIVEIRA, 2007).

O *glyphosate* tem fórmula molecular  $C_3H_8NO_5P$  (m.m. = 169,1 g/mol) e, na forma de sal de isopropilamônio, acrescenta-se o grupo  $(CH_3)_2CHNH_3^+$  (m.m. = 228,2 g/mol). Em condições ambientais, tanto *glyphosate* quanto seus sais são solúveis em água (12 g/L a 25 °C) e quase insolúveis em solventes orgânicos comuns, tais como acetona e etanol, entre outros. *Glyphosate* funde a 200 °C, possui densidade aparente de 0,5 g/cm<sup>3</sup> e não apresenta características de fotodegradação, inclusive em temperaturas superiores a 60°C. (AMARANTE JUNIOR, 2002). Sua fórmula estrutural é representada na Figura 1.

Figura 1: Fórmula Estrutural do *Glyphosate*.



FONTE: Wikipédia (2019).

Em água, o *glyphosate* tem comportamento de ácido fraco, com quatro constantes de dissociação (pKa): <2,0, 2,6, 5,6 e 10,6 (COUTINHO; MAZO, 2005). O pKa é o valor de pH no qual 50% das moléculas de um ácido fraco estão na forma molecular e 50% na forma dissociada. Quando o pH de determinada solução excede em uma unidade o pKa do ácido fraco, considera-se que 90% das moléculas estão na forma favorecida pela alteração do pH (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2005 *apud* CARVALHO, 2009).

No caso do herbicida *glyphosate*, quando o pH do meio tem valores entre 3,6 e 4,6, a forma predominante de suas moléculas possui duas cargas negativas (COUTINHO; MAZO, 2005). Tanto o pH da solução como a presença de cátions na água de pulverização, são importantes na ação herbicida do *glyphosate* (CARVALHO, 2009).

O pH da calda interfere na atividade herbicida e na facilidade de penetração cuticular e solubilidade das moléculas de acordo com McCormick (1990); Green e Cahill(2003)*apud* Carvalho(2009).

Para herbicidas ácidos fracos, como é o caso do *glyphosate*, a redução do pH resulta em melhor eficácia, visto que moléculas menos ionizadas atravessam a cutícula e a membrana plasmática com maior facilidade conforme citado por Nalewaja e Matysiak(1993) e Carvalho(2009).

O *glyphosate* inibe a enzima 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase (EPSPs) presente na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos essenciais. Os sintomas de sua ação sobre as plantas incluem “amarelamento” dos meristemas, necrose e morte em dias ou semanas (AMARANTE JUNIOR, 2002a).

A presença de água dura, contendo cátions como ferro, zinco, cálcio e magnésio, na solução “spray” de *glyphosate*, pode resultar na formação de sais complexos insolúveis, que não são absorvidos pelas plantas, reduzindo a eficácia da aplicação do composto. (COUTINHO; MAZO, 2005).

*Glyphosate* reagir com os componentes positivos (cátions) da água, com pH entre 8 a 12 existe a possibilidade de inativação do produto. (QUEIROZ, et al, 2008).

## 2.2. 2,4-D: Uso e Propriedades Físico-químicas

O herbicida 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) foi o primeiro herbicida orgânico seletivo sintetizado pela indústria, desenvolvido durante a Segunda Guerra Mundial (KIRBY, 1980). Em seguida, veio o desenvolvimento de outros compostos semelhantes, tais como o dicamba, o quinclorac e o picloram, utilizados como herbicidas seletivos (STERLING; HALL, 1997).

Nas formulações de herbicidas, o 2,4-D representou 57.389,35 toneladas em vendas no ano de 2017, de ingrediente ativo (IA). (IBAMA, 2017).

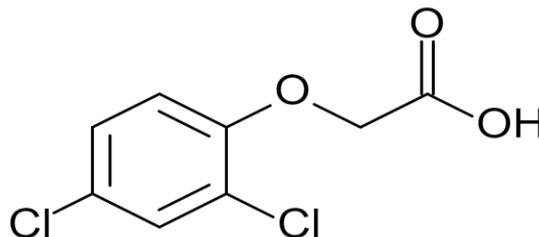
O 2,4-D pertence ao grupo dos herbicidas mimetizadores das auxinas, sistêmico (MELERO, 2016), de ação em pós-mergência, sendo aplicado em pré-plantio para dessecação (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011) e com eficácia no controle de plantas daninhas dicotiledôneas (SHAW; ARNOLD, 2002).

Em altas concentrações, o 2,4-D, bloqueia a divisão celular e o crescimento, especialmente das regiões meristemáticas, onde estão acumulados os assimilados oriundos da fotossíntese (OLIVEIRA JR, 2011).

Assim, durante a aplicação do herbicida, não é recomendado o uso em áreas próximas a culturas sensíveis e em condições adversas de vento, pois existem exemplos na literatura de que a deriva do herbicida 2,4-D pode prejudicar o desenvolvimento das plantas e reduzir a produtividade de diversas culturas (COSTA, 2006).

O ácido 2,4-diclorofenoxiacético, 2,4-D, em fórmula molecular  $C_8H_6Cl_2O_2$  (m.m. = 221,0g/mol), podendo ser encontrado nas formas de 2,4-D-butoxi-etil ( $C_{14}H_{18}Cl_2O_4$ , 321,2g/ mol), 2,4-D-butil ( $C_{12}H_{14}Cl_2O_3$ , 277, 1g/mol), 2,4-D-dimetilamônio ( $C_{10}H_{13}Cl_2NO_5$ , 266,1g/mol), 2,4-D-dietanolamina ( $C_{12}H_{17}Cl_2NO_5$ , 326,2g/ mol), 2,4-D-isooctil ( $C_{16}H_{22}Cl_2O_3$ , 333,3 g/mol), 2,4-D-isopropil ( $C_{11}H_{12}Cl_2O_3$ , 263,0g/mol), 2,4-D-sódio ( $NaC_8H_6Cl_2O_2$ , 244,0g/mol) e 2,4-D-trietanolamina ( $C_{14}H_{21}Cl_2NO_6$ , 370,2g/ mol). BRITISH CROP PROTECTION COUNCIL, 1994, p.68 *apud* AMARANTE JUNIOR, 2002b.

Figura 2: Fórmula Estrutural do 2,4 D.



FONTE: Wikipédia, 2019.

O 2,4-D é considerado um ácido orgânico forte ( $pK_a = 2,64$ ), e o grau de dissociação do herbicida em função do pH (AMARANTE JUNIOR, 2002b).

Em pH abaixo de 2,64, a maior parte do 2,4-D se apresenta totalmente protonado, em pH 2,64, tem-se 50% das moléculas dissociadas e, acima desse valor, têm-se predominância da forma dissociada (AMARANTE JUNIOR, 2002b).

A qualidade da água utilizada na calda de pulverização influencia o desempenho dos agroquímicos. Essa característica pode ser abordada sob dois aspectos: a qualidade química da água (pH, sais e íons dissolvidos) e a qualidade física (presença de argila e matéria orgânica) de acordo com Theisen e Ruedell (2004) *apud* Amarante Junior (2002b). Com relação aos aspectos químicos, trabalhos publicados demonstram que águas com pH acima de 7,0 ou a presença de alguns compostos utilizados em nutrientes foliares na calda podem diminuir a eficiência dos herbicidas (NALEJAVA; MATYSIAK, 1993; MERVOSH; BALKE, 1991 *apud* AMARANTE JUNIOR, 2002B).

Em muitos casos, observa-se que a redução do pH da calda para valores próximos de 4,5 e a utilização de água limpa são práticas que podem aumentar a eficiência dos herbicidas (Souza & Velloso, 1996), pelo fato de a absorção foliar e sua atividade depender do estado das moléculas sobre as quais o pH da solução tem influência. Além do pH, a dureza da água também pode afetar a estabilidade da calda, pois águas captadas em zonas rurais geralmente apresentam uma série de sais em dissolução. (SANCHOTENE et al., 2007).

Herbicidas como *glyphosate*, 2,4-D amina, paraquat, sethoxydim, clethodim, bentazon, chlorimuron-ethyl e imazethapyr podem ter sua eficiência afetada quando aplicados com águas duras e calda com pH alcalino (SANCHOTENE et al., 2007). Souza e Velloso (1996) *apud* Sanchotene et al. (2007), afirmam que os herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, especialmente imazethapyr e imazapyr, têm sua

absorção foliar aumentada quando o pH da água utilizada na preparação da calda está na faixa de 4,0 a 4,5.

Interações moleculares dos elementos químicos presentes na água e propriedade físico-química do herbicida utilizada como diluente universal, podem favorecer ou não a absorção e conseqüentemente, influenciar o resultado do controle do alvo biológico. O mecanismo fundamental de absorção dos inibidores de Acetilactato sintase (ALS) ocorre pelo sistema de “armadilha iônica”, uma vez que esses produtos são ácidos fracos com pKa (constante de ionização) entre 1,9 e 4,8, estando sujeitos à ionização em função do gradiente em que se encontram (SANCHOTENE et al., 2007).

Para McCormick (1990) *apud* Sanchotene (2007) as máximas absorção e eficiência de herbicidas com caráter ácido ocorrem em valores de pH em que 50% das moléculas se encontram dissociadas. Além disso, em pH baixo, a taxa de hidrólise alcalina é reduzida, tendo como vantagem o aumento da velocidade de absorção do herbicida (THEISEN; RUEDELL, 2004 *apud* SANCHOTENE et al., 2007). Os pesquisadores verificaram maior controle das plantas daninhas quando utilizaram água com pH 4,0 no preparo da calda, e controle menor com águas alcalinas. Esse fato deve-se à maior absorção do herbicida em pH baixo (SHANER, 1989 *apud* SANCHOTENE, et al., 2007).

### **2.3 Mistura de Herbicidas em Tanque de Pulverização**

Segundo Gandolfo (2018), a otimização dos recursos disponíveis na produção agropecuária levou o setor a adotar tecnologias econômicas e mais eficientes no controle dos agentes de danos. Entre elas as novas formas de utilização dos agroquímicos e os equipamentos que os aplicam.

De acordo com Gazziero (2015), a mistura de agroquímicos em tanque do equipamento aplicador é definida como a associação de agrotóxicos e afins, imediatamente antes da aplicação.

No Brasil, 97% dos produtores realizam mistura de agroquímicos em tanque de pulverização (GAZZIERO, 2015), e com o objetivo de aumentar o espectro de controle e diminuir a quantidade de aplicações (PETTER et al., 2012).

Petter et al. (2012) afirmam que devido à mistura de agroquímicos em tanque de pulverização pode ocorrer problemas com a incompatibilidade química, física e/ou físico-química dos mesmos.

As interações químicas entre os agroquímicos podem resultar em efeito adicional quando a eficiência dos produtos é semelhante a aplicação de ambos isolados, não ocorrendo interferência, entre estes: efeito adverso quando um produto diminui a eficiência do outro, devido à mistura e efeito sinérgico quando um produto potencializa o efeito do outro (QUEIROZ et al., 2008).

O pH da calda está associado à incompatibilidade entre produtos. No entanto, hoje é muito comum ver no campo tabelas contendo o pH ideal de ação para diferentes princípios ativos, bem como a vida média dos produtos em diferentes pH's. O que todas elas tem em comum é que ninguém sabe quem as elaborou ou a fonte de onde foram tiradas (QUEIROZ et al 2008).

O pH da água, segundo Kissmann (1997) *apud* Queiroz et al. (2008), pode influir no resultado da aplicação, pelas seguintes razões: quando o pH da água está alto, pode acelerar a degradação do herbicida por hidrólise alcalina; sendo que a constante de dissociação de muitas moléculas de herbicidas depende do pH, e a sua absorção pelos tecidos vegetais varia, dependendo da molécula ser íntegra ou dissociada em cátions e ânions.

Belapart et al. (2013) relatam que para um eficiente controle das plantas daninhas, a mistura de herbicidas com mecanismos de ação diferentes, pode contribuir para o manejo. Alonso et al. (2010) e Nardi Filho (2013) demonstraram que a combinação de herbicidas pós-emergentes com *glyphosate* na soja RR, apresentaram maior potencial de toxicidade.

## **2.4. Tecnologia de Aplicação**

O desenvolvimento sustentável da agricultura está ligado a exploração agrícola de maneira mais econômica, com tecnologias que permitam um controle eficiente dos atuantes de danos nas culturas e recursos ambientais. Para garantir assim, qualidade dos alimentos produzidos, tanto para consumo interno ou exportação. Uma das formas para o controle e combate a doenças, plantas dicotiledôneas e pragas das plantas cultivadas, é a aplicação de produtos agroquímicos (LIMONGELLI, et al. 1991).

Segundo Antuniassi (2012) pulverização é o conjunto de escolhas como: escolha correta das pontas de pulverização e do ajuste do volume de calda,

respeitando as condições ambientais e o momento correto da aplicação. Não menos importante, o modo de ação dos produtos e suas recomendações agrônomicas.

O equipamento utilizado na aplicação de produtos fitossanitários é o pulverizador agrícola. O uso de equipamentos modernos necessita de uma mudança cultural do aplicador, passando de “simples” aplicadores de produtos, para técnicos capacitados que entendam todo o processo da tecnologia de aplicação (ANTUNIASSI, 2012).

De acordo com Gandolfo (2018), no que diz respeito aos pulverizadores, houve uma evolução em tamanho e sofisticação, substituindo parte dos equipamentos tratorizados e de pequeno porte pelos autopropelidos com maior rendimento operacional e sistema automatizados de controle e registro.

Sendo assim, tecnologia de aplicação de agroquímico é a soma da ciência para que proporcione a correta aplicação do produto ativo em quantidade necessária, com máximo desempenho, de forma econômica, com o menor impacto possível (MATUO, 1990; ANTUNIASSI, 2009).

Segundo Cunha et al. (2011), a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários potencializa a produtividade das culturas quando empregada de maneira correta. Em muitos casos, devido à pulverização realizada de forma incorreta, pode haver perdas expressivas na produtividade, ocasionadas pela reincidência de doenças, ou de alguma praga ou mesmo pelo controle ineficiente das plantas daninhas na área pulverizada.

A utilização incorreta na aplicação de agroquímicos pode ocorrer de diversas formas, poluindo o ar, o solo e a água, passando a fazer parte do ciclo da natureza, conseqüentemente e de forma direta ou indireta afetam também a vida animal (MOREIRA et al., 2002; STRACCI, 2012).

Dentre as principais tecnologias utilizadas na pulverização, as pontas ganham destaque, pois originam o espectro de gotas e auxiliam na escolha do volume de calda a ser aplicado. Produtos sistêmicos, por exemplo, permitem usar menor número de gotas que produtos de contato. Alvos que estejam no interior de alguma cultura, que apresente grande dificuldade para penetração das gotas, requerem a escolha de pontas que produzam gotas menores, já que penetram com maior facilidade através do dossel da cultura, quando comparada a gotas grossas (ANTUNIASSI et al., 2012).

Carvalho (2007) comenta que não adianta produzir a gota adequada, se o produto não atingir o alvo. Desta forma a tecnologia de aplicação é vista como uma

ciência complexa e abrangente, pois não trata apenas de itens passíveis de serem controlados, como tipo de ponta, velocidade de trabalho, altura de barra, mas também como questões climáticas, que é única em cada aplicação.

### **3. ARTIGO: EFEITO DO INVICTUS® SOBRE A EFICÁCIA DA LIMPEZA DE PULVERIZADOR CONTENDO RESÍDUO DE HERBICIDAS**

#### **3.1. Resumo e Abstract**

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso do Invictus® na limpeza de pulverizador contendo resíduos de herbicidas e danos em plantas sensíveis. Utilizou-se um pulverizador de bancada, composto por um sistema de pulverização complexado com bomba de pulverização, agitador mecânico, filtro de linha, válvula solenoide, fluxômetro, barra de pulverização, seis bicos, filtro de pontas e seis pontas de pulverização. Foram utilizados os agentes limpantes Água, Desadere, Invictus 01, Invictus 03, Invictus 04 e Invictus 5. O pulverizador foi contaminado com 2,4-D na dose de 1,5 L.ha<sup>-1</sup> e *Glyphosate* na dose de 2,0 L.ha<sup>-1</sup>. Após a limpeza com água foi realizada mais duas etapas de limpezas com água limpa na mesma quantidade caracterizando a tríplice lavagem do pulverizador, sendo este procedimento caracterizado como “Imediato”. Em cada etapa de contaminação e de limpeza foram coletadas amostras do líquido. Estes procedimentos foram repetidos após repouso da calda no pulverizador de um dia para outro (12 horas), “overnight”. Em toda etapa de lavagem foram coletadas amostras, sendo parte aplicada sobre planta sensível aos herbicidas (soja). Os resultados mostraram que o Invictus 03 apresentou um potencial de descontaminação em overnight, porém não apresentou potencial de descontaminação em procedimento imediato. Os Invictus 04 e Invictus 05 apresentaram um elevado potencial de descontaminação do circuito de pulverização.

**Palavras-chaves:** Descontaminação. Limpeza de tanque. Tecnologia de aplicação.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the effect of Invictus® on sprayer cleaning containing herbicide residues and damage to sensitive plants. A benchtop sprayer, consisting of a spraying system complexed with spray pump, mechanical stirrer, line filter, solenoid valve, flow meter, spray bar, six nozzles, tip filter and six spray tips was used. Water cleaners, Desadere, Invictus 01, Invictus 03, Invictus 04 and Invictus 5 were used. The sprayer was contaminated with 2,4-D at the dose of 1.5 L.ha<sup>-1</sup> and *Glyphosate* at the dose of 2.0 L.ha<sup>-1</sup>. After cleaning with water two more cleaning steps were carried out with clean water in the same amount, characterizing the triple spray of the sprayer, this procedure being characterized as "Immediate". Samples of the liquid were collected at each stage of contamination and cleaning. These procedures were repeated after resting the syrup on the sprayer overnight (12 hours), overnight. Samples were collected throughout the washing phase, being applied on herbicide-sensitive plant (soybean). The results showed that Invictus 03 presented an overnight decontamination potential, but did not present decontamination potential in an immediate procedure. Invictus 04 and Invictus 05 presented a high decontamination potential of the spray circuit.

**Key words:** Decontamination. Injury. Spray tank. Application technology.

### 3.2 Introdução

O atual modelo de produção agrícola é dependente do uso de produtos fitossanitários, que representam uma das principais formas no controle de plantas daninhas, pragas e doenças na cultura, mas a tecnologia usada no momento da aplicação é um dos pontos mais críticos para a produção agrícola (REYNALDO; MOLI, 2011).

Segundo Bauer et al. (2009) *apud* Gadanha Júnior (2001), a agricultura empresarial atua dependente de proteção química dos herbicidas, fungicidas, inseticidas e fertilizantes.

A utilização da mistura do herbicida 2,4-D com *glyphosate* tem sido uma das aplicações mais realizadas. Campos et al. (2013) e Sullivan e Donovan (2006) relataram que o uso de *glyphosate* associado a 2,4-D potencializa o controle das espécies dicotiledôneas, pois esses herbicidas danificam os vasos condutores e afetam a translocação dos produtos na planta.

O 2,4-D pertence ao grupo dos herbicidas mimetizadores das auxinas e apresenta absorção foliar e radicular (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). O *glyphosate* é um herbicida sistêmico inibidor da enzima 5-enolpiruvato-shikimato-3-fosfato sintetase (EPSPS) e é absorvido pelas folhas através da cutícula (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

O pH da calda está associado à incompatibilidade entre produtos. No entanto, hoje é muito comum ver no campo tabelas contendo o pH ideal de ação para diferentes princípios ativos, bem como a vida média dos produtos em diferentes pH's (QUEIROZ et al., 2008).

O pH da água, segundo Kissmann (1997) *apud* Queiroz et al. (2008), pode implicar no resultado da aplicação, pelas seguintes razões: quando o pH da água está alto, pode acelerar a degradação do herbicida por hidrólise alcalina; sendo que a constante de dissociação de muitas moléculas de herbicidas depende do pH, e a sua absorção pelos tecidos vegetais varia, dependendo da molécula ser íntegra ou dissociada em cátions e ânions.

Com o aumento do custo de aplicação de herbicidas no controle de plantas pós-emergentes e o uso de herbicidas que tem ação em baixa taxa de aplicação, grande ênfase deve ser dada a limpeza e manutenção dos pulverizadores a fim de evitar injúrias não desejadas às culturas. A aplicação de herbicidas pós-emergentes diretamente nas folhas tem grande potencial de causar injúrias que podem ser resultados de pequenas quantidades dos remanescentes no sistema de pulverização. Segundo

Johnson et al.(2007), estas injúrias podem afetar o crescimento e desenvolvimentos das plantas por várias semanas após aplicação e, em casos mais sérios reduzir drasticamente a produção da cultura posterior.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o nível de injúria em plantas sensíveis, pelo uso do Invictus® na limpeza de pulverizador contendo resíduos de herbicidas.

### 3.3 Material e Métodos

O experimento foi realizado no ano de 2017, no instituto de pesquisa agrícola Dashen, no município de Bandeirantes-PR. Foram utilizados quatro unidades de pulverização com características específicas que representem situações de operação usual em campo e que indiquem potencial risco de contaminação por dificuldade de limpeza.

Utilizou-se quatro unidade de pulverizador de bancada, composto por um sistema de pulverização complexado com bomba de pulverização, agitador mecânico, filtro de linha, válvula solenoide, fluxômetro, barra de pulverização, seis bicos, filtro de pontas e seis pontas de pulverização.

Os equipamentos são pulverizadores modelo Pulsar 100 fabricado por Micron S/A, com agitadores mecânicos do tipo hélice rotativa movida por motor elétrico e com fluxômetros e válvulas solenoides para elevar a complexidade do circuito hidráulico, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3: Pulverizador Micron Combat Básico 100 Litros.



Fonte: A autora (2019).

Em cada unidade pulverizadora foi instalado um segmento de barra de pulverização do modelo Columbia AD 18 fabricado por Máquinas Agrícolas Jacto S/A a qual consiste de uma barra de aço inoxidável de 3,0m de comprimento com 12,6mm de diâmetro interno, com 6 bicos instalados a cada 0,5m e 6 pontas de pulverização em cada barra. Este modelo de barra foi escolhido por apresentarem em suas extremidades uma terminação bloqueada por drenos móveis que durante a pulverização impedem a circulação de calda no local, favorecendo a deposição de resíduos da calda de agroquímicos, conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4: Barra de Pulverização do modelo Columbia AD 18.



Fonte: A autora (2019).

Cada uma das pontas de pulverização das barras foi envolvida com uma mangueira encaixada em orifícios sobre tubos de PVC de 50mm. A mangueira tem a função de concentrar e transportar o líquido pulverizado para dentro do tubo que conduz todo líquido pulverizado para dentro de depósitos plásticos para acomodação da calda, evitando a ocorrência de deriva do líquido pulverizado e reduzindo o risco de contaminação e perdas de calda, que ao final do ensaio é acondicionada no ozonizador para tratamento da mesma e posteriormente para o tanque de evaporação.

As pontas de pulverização utilizadas foram de jato plano modelo AVI-110015 com vazão de  $0,48 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , operando em uma pressão de 200 kPa, com vazão total das barras de  $3,36 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Desta forma o esgotamento total do pulverizador ocorreu em um tempo total 30 minutos. Esta combinação foi adotada por aumentar o tempo de pulverização na intenção de elevar o potencial de contaminação do equipamento pelo maior tempo do contato, entre o interior de todo o circuito hidráulico

e a calda. Considerando este tempo e as quatro repetições utilizadas no trabalho, o tempo mínimo de contato da calda com o interior do equipamento foi de 2,0 horas, para a avaliação imediata.

Os herbicidas escolhidos para a contaminação do tanque foram o 2,4-D na dose de 1,5 L/ha e *Glyphosate* na dose de 2,0 L/ha (Figura 5). O herbicida 2,4-D escolhido foi o DMA<sup>®</sup> 806 BR (Dow AgroSciences), concentrado solúvel, registrado como um herbicida seletivo de pós-emergência indicado para o controle das plantas infestantes nas culturas de cana-de-açúcar, milho, arroz, trigo, soja (plântio direto - aplicação delimitada) e café. O herbicida *Glyphosate* foi o Roundup Transorb R<sup>®</sup> (Monsanto) concentrado solúvel, registrado como um herbicida não seletivo de pós-emergência, sistêmico e de ação total.

Os agentes de limpeza foram a água, Desadere 1 mL/L (Forquímica<sup>®</sup>), quatro formulações do produto Invictus classificados, Invictus 01 (0,25%, 0,50% e 1,00%), Invictus 03 (0,25%, 0,50% e 1,00%), Invictus 04 (0,25%, 0,50% e 1,00%) e Invictus 05 (0,25%, 0,50% e 1,00%) (Fortgreen<sup>®</sup>) (Figura 5).

O Invictus é composto a base de tensoativos, sequestrantes, agentes alcalinizante e desengraxante, inerte ao contato com produtos químicos vegetais, não havendo restrição ao uso desde que utilizado nas dosagens recomendadas. O Desadere representa em sua formulação um eficiente emulsionante que inibe as possíveis reações de produtos na calda de pulverização e formação de partículas e incrustações que provocam danos aos equipamentos de pulverização.

Figura 5: Agentes limpantes Desadere, Invictus, herbicida 2,4-D e *Glyphosate*.



Fonte: A autora (2019).

Os pulverizadores foram abastecidos com 100L da calda sob agitação durante todo o período de abastecimento. Procedeu-se a pulverização até o esgotamento total do pulverizador. Após o esgotamento, as etapas de limpeza foram realizadas

colocando no tanque do pulverizador 50L de água limpa e o agente de limpeza mantendo sob agitação por 5 minutos, realizou-se a pulverização até esgotamento total da calda e realizada a primeira coleta, após isso foi realizada mais duas etapas de limpezas com água limpa na mesma quantidade, caracterizando a tríplice lavagem do pulverizador, tal como se pratica com as embalagens e orientações nas bulas dos produtos fitossanitários. Este procedimento é caracterizado como “Imediato”. Em cada etapa de contaminação e de limpeza foram coletadas amostras do líquido, da última ponta de pulverização da barra, pois a mesma apresenta maior dificuldade de limpeza e eleva, portanto, o potencial de contaminação do líquido pulverizado durante as limpezas.

O mesmo procedimento foi repetido após repouso da calda no pulverizador de um dia para outro caracterizado como “overnight”, tempo mínimo de repouso de 12 horas. Para Ramos e Durigan (1998), é comum se demorar 12 horas ou mais para a aplicação de um tanque de calda, o momento “overnight” foi adotado devido à alta capacidade dos tanques (normalmente 2000 l) e ao volume de calda utilizado no controle de plantas daninhas ser menor em relação ao controle das outras pragas. Além do mais este tempo pode ser ainda maior se, durante a aplicação, iniciar-se um período chuvoso. Uma vez que esta condição adotada potencializa o risco de contaminação para as pulverizações subsequentes, devido à complexidade dos circuitos das máquinas.

Em todas as etapas de limpeza, incluindo a calda contaminante, foram retiradas as amostras e feito a aplicação sobre plantas de soja em estádio V4/V6, para verificar o potencial de fitointoxicação do resíduo de agroquímico presente após a lavagem.

Foram preparadas amostras dos agentes limpante na concentração estipulada conforme tabela 1 e água para verificar o potencial de fitointoxicação em plantas de soja. Desta forma, foi possível determinar se as injúrias presentes nas plantas foram decorrentes do agroquímico ou do agente limpante.

Os efeitos dos herbicidas sobre a cultura da soja foram avaliados aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA), de acordo com os sintomas visuais de fitotoxicidade, numa escala de 0 (zero) a 100%, em que 0 (zero) equivale a ausência de dano visível na planta e 100, à morte da planta (SILVA, 2004 *apud* FRANS, 1972; Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995).

O efeito das caldas de limpeza dos pulverizadores sobre as plantas foi comparado com uma testemunha.

As amostras provenientes das lavagens (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup>) e momentada limpeza (Imediato e Overnight) que constituíram os tratamentos, conforme demonstrado no quadro 1, foram pulverizadas na cultura da soja em estágio vegetativo para análise de injúria, por meio de avaliações visuais, conforme a escala visual de 0,0% (ausência de injúria) a 100% (injúria total) e a metodologia utilizada por Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995 aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a pulverização. As amostras das caldas decorrentes da limpeza do tanque e a calda contaminante, foram aplicadas por um pulverizador costal com pressão de 150 kPa e velocidade da barra de pulverização de 1,0 m s<sup>-1</sup> com pontas de jato plano modelo XR 110 02 espaçadas em 0,5 m a uma altura de 0,5 m da parte mais alta das plantas de soja, conforme Figura 6.

Figura 6: Aplicação com pulverizador costal.



Fonte: A autora (2019)

As plantas de soja da variedade BRS 284 foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade de 5,0 L de solo argiloso sem adição de fertilizante, proveniente da área experimental do Instituto Dashen. As sementes foram tratadas com Standak Top<sup>®</sup> na dose de 0,2 L/100 kg de semente.

Tabela 1: Identificação dos Tratamentos do Ensaio de Limpeza de Tanque.

Tratamentos	Agente de limpeza	Dose	Nº de Lavagens	Momentos de limpeza	Agroquímicos
1	Água	-	1º	Imediato	Glyphosate + 2,4-D
		-	2º		
		-	3º		

2		-	1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
		-	2°		
		-	3°		
3	Desadere 1	1 mL/L	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
4			1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
5	Invictus 01	0,25 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
6			1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
7	Invictus 01	0,50 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
8			1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
9	Invictus 01	1,00 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
10			1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
11	Invictus 03	0,25 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
12			1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
13	Invictus 03	0,50 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
14			1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
15	Invictus 03	1,00 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
16			1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		

17	Invictus 04	0,25 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
18	Invictus 04	0,25 %	1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
19	Invictus 04	0,50 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
20	Invictus 04	0,50 %	1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
21	Invictus 04	1,00 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
22	Invictus 04	1,00 %	1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
23	Invictus 05	0,25 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
24	Invictus 05	0,25 %	1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
25	Invictus 05	0,50 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
26	Invictus 05	0,50 %	1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
27	Invictus 05	1,00 %	1°	Imediato	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		
28	Invictus 05	1,00 %	1°	Overnight	<i>Glyphosate + 2,4-D</i>
			2°		
			3°		

Fonte: O autor (2019).

O delineamento experimental adotado foi um fatorial 14 x 2 x 3 (agentes de limpeza, momento da limpeza e número de lavagem), totalizando 84 tratamentos.

Os dados foram digitados em planilha do Microsoft Excel®. Posteriormente foram exportados para o software SPSS versão 20.0. O banco de dados

foi dividido de acordo com o momento da técnica de limpeza, de imediato e overnight. Os dados foram apresentados em média e desvio padrão.

Inicialmente, procedeu a comparação da média da fitointoxicação observada nas plantas de soja, ao longo dos cinco tempos de observação (7, 14, 21, 28 e 35 dias), entre a técnica de limpeza utilizando água, Desadere e o Invictus 01 nas três concentrações, pelo teste de ANOVA para medidas repetidas. Posteriormente, utilizou-se o método de Tukey HSD para comparações múltiplas das médias entre os cinco tratamentos acima mencionados e procedeu-se a mesma análise, separadamente substituindo-se as diferentes formulações do produto Invictus, 01, 03, 04 e 05, respectivamente.

Por fim, foi realizado teste One-way ANOVA para comparação das médias da fitointoxicação no 35º dia de observação, entre os produtos água, Desadere, Invictus 01 (0,25%, 0,50% e 1,00%), 03 (0,25%, 0,50% e 1,00%), 04 (0,25%, 0,50% e 1,00%) e 05 (0,25%, 0,50% e 1,00%), de acordo com o momento da técnica de limpeza. Calculou o valor de F, valor de p, poder do teste e o *Partial eta square*. A interpretação da força do *Partial eta square* foi baseada na classificação de Cohen's, 0,01 pequena, 0,06 moderada e 0,14 grande. As decisões estatísticas foram tomadas baseadas no valor de  $p < 0,05$ . Os dados também foram apresentados em gráficos, com média e intervalo de confiança de 95%.

### **3.4 Resultados e discussão**

As Figuras 7 e 8 apresentam o percentual de fitointoxicação as plantas de soja, ao longo dos 5 momentos de avaliação da planta, de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização utilizando água, Desadere 1mL/L e Invictus 01 em três concentrações distintas.

Figura 7: Comparação do percentual de Fitointoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediate” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 01 (0,25%), d) Invictus 01 (0,50%) e e) Invictus 01 (1,00%)

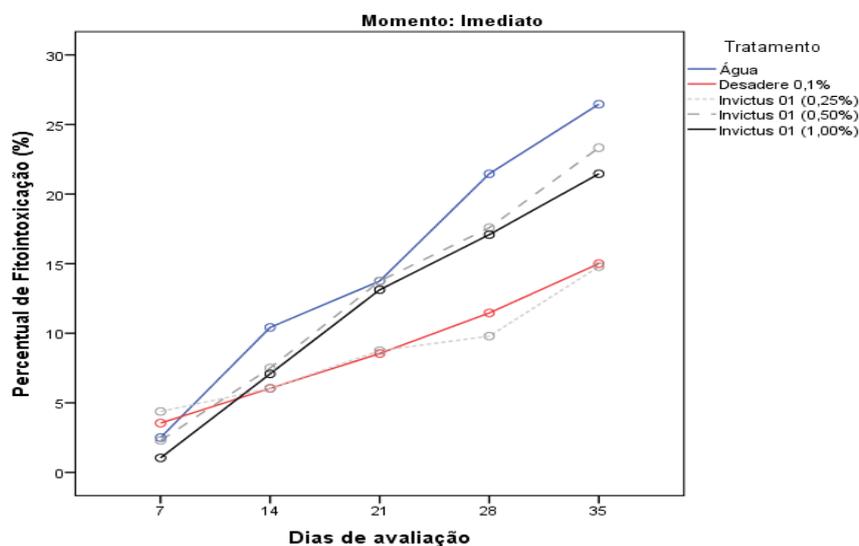
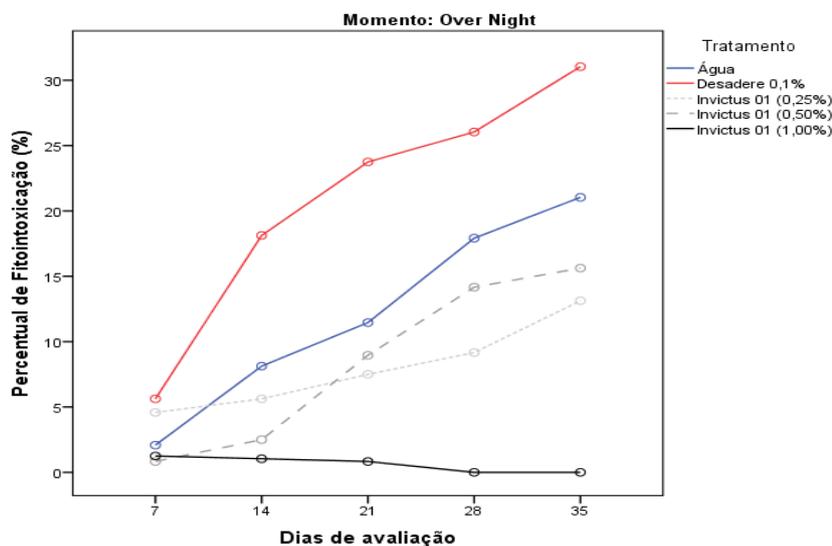


Figura 8: Comparação do percentual de Fitointoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 01 (0,25%), d) Invictus 01 (0,50%) e e) Invictus 01 (1,00%)



Conforme demonstra a Figura 7, nota-se que os cinco tratamentos quando realizados de imediato no tanque de pulverização, apresentaram fitointoxicação acima de 10%, sendo os menores percentuais observados para o tratamento com o produto Desadere e o Invictus 01 [0,25%]. Já na Figura 8, observa-se que o tratamento com o produto Invictus 01 [1,00%] apresentou melhor eficácia, pois após 35 dias não observou-se dano à planta.

A Tabela 2, apresenta o teste de comparação múltipla entre o percentual de fitointoxicação dos cinco tratamentos ao longo do experimento.

Tabela 2: Teste de comparações múltiplas do percentual de Fitointoxicação de plantas de soja ao longo de 5 períodos de observações, de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” e “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 01 [0,25%], d) Invictus 01 [0,50%] e e) Invictus 01 [1,00%].

Momentos	Tratamentos	Subconjuntos		
		A	B	C
Imediato	Invictus 01 0,25%	8,75	-	-
	Desadere 1mL/L	8,92	-	-
	Invictus 01 1,00%	11,96	11,96	-
	Invictus 01 0,50%	12,89	12,89	-
	Água	-	14,92	-
	p valor	0,099	0,389	-
Overnight	Invictus 01 1,00%	0,63	-	-
	Invictus 01 0,25%	-	8,00	-
	Invictus 01 0,50%	-	8,42	-
	Água	-	12,13	-
	Desadere 1mL/L	-	-	20,92
	p valor	1,000	0,231	1,000

Fonte: A autora (2019).

Legenda: Teste estatístico de One-Way ANOVA para medidas repetidas, com teste *post hoc* de Tukey HSD.

Observa-se na Tabela acima que os momentos de imediato que utilizaram os agentes de limpeza Desadere e Invictus 01, em suas três concentrações, tiveram índice de fitointoxicação semelhante, variando de 8,75% a 12,89%.

Por sua vez, quando analisado o dano na planta após a limpeza tendo a calda ficado no tanque do pulverizador de um dia para o outro “overnight”, a utilização do produto Invictus 01 [1,00%] demonstrou-se mais eficaz quando comparado às outras técnicas. O mesmo produto em suas outras duas concentrações menores, teve eficácia semelhante à água.

Na figura 9 e 10 é possível verificar que o produto Invictus 03 no procedimento imediato não foi superior aos demais produtos, ou seja, apresentaram mesmo percentual de dano as plantas após o processo de lavagem do pulverizador. Entretanto, no procedimento em “overnight”, a fitointoxicação decorrente da água residual de lavagem com o Invictus 03, foi inferior ao produto padrão, atingindo 15% de fitointoxicação aos 35 dias.

Figura 9: Comparação do percentual de fitointoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 03 (0,25%), d) Invictus 03 (0,50%) e e) Invictus 03 (1,00%).

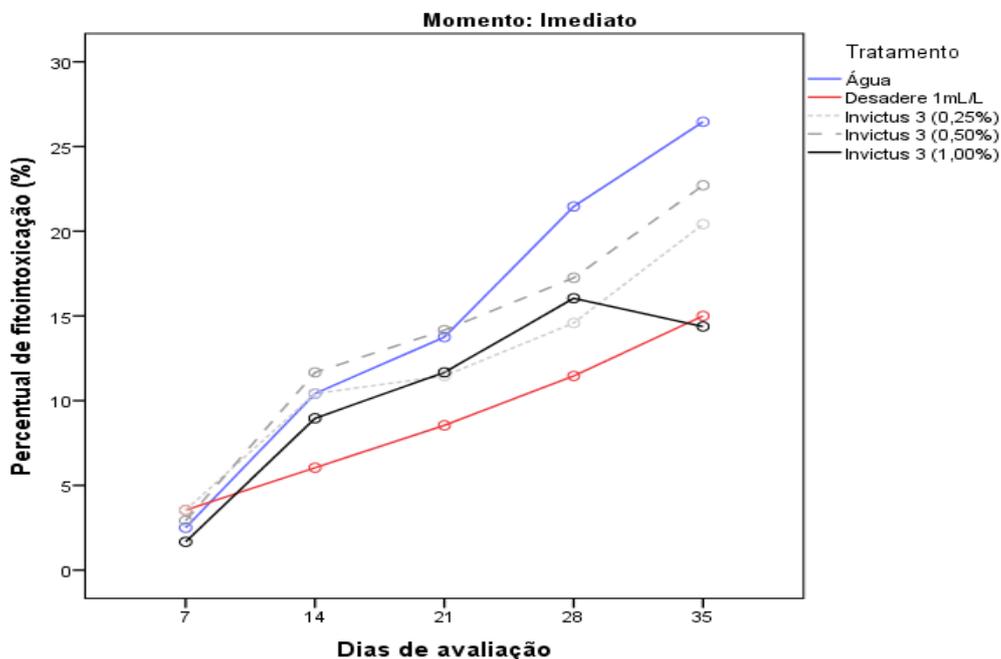
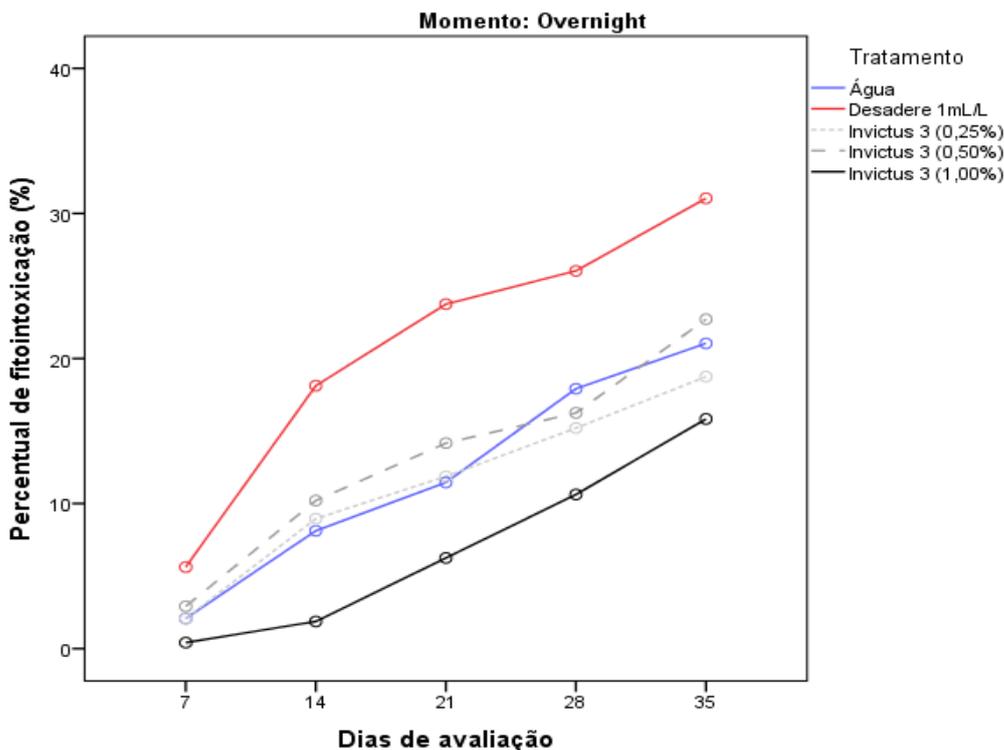


Figura 10: Comparação do percentual de fitointoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 03 (0,25%), d) Invictus 03 (0,50%) e e) Invictus 03 (1,00%).



A Tabela 3, apresenta a teste de comparação múltipla entre o percentual de fitointoxicação dos cinco tratamentos ao longo do experimento.

Tabela 3: Teste de comparações múltiplas do percentual de Fitointoxicação de plantas de soja ao longo de 5 períodos de observações, de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediate” e “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 03 [0,25%], d) Invictus 03 [0,50%] e e) Invictus 03 [1,00%].

Momentos	Tratamentos	Subconjuntos		
		A	B	C
Imediato	Desadere 1 mL/L	8,92	-	-
	Invictus 03 1,00%	10,54	10,54	-
	Invictus 03 0,25%	12,08	12,08	12,08
	Invictus 03 0,50%	-	13,74	13,74
	Água	-	-	14,92
	p valor	0,166	0,158	0,262
Overnight	Invictus 03 1,00%	7,00	-	-
	Invictus 03 0,25%	11,38	11,38	-
	Água	12,13	12,13	-
	Invictus 03 0,50%	-	13,25	-
	Desadere 1mL/L	-	-	20,92
	p valor	0,056	0,856	1,000

Fonte: A autora (2019).

Observa-se na Tabela acima que, os agentes de limpeza Desadere e Invictus 03 [1,00% e 0,25%] utilizados para a limpeza no momento “imediate”, tiveram índice de fitointoxicação semelhante, variando de 8,92% a 12,08%.

Por sua vez, quando analisado o dano na planta após o momento “overnight”, o produto Invictus 03 [1,00% e 0,25%] demonstrou eficácia semelhante a água. As Figuras 11 e 12, apresentam a comparação do desempenho do produto Invictus 04, com a água e o Desadere.

Figura 11: Comparação do percentual de Fitointoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 04 (0,25%), d) Invictus 04 (0,50%) e e) Invictus 04 (1,00%).

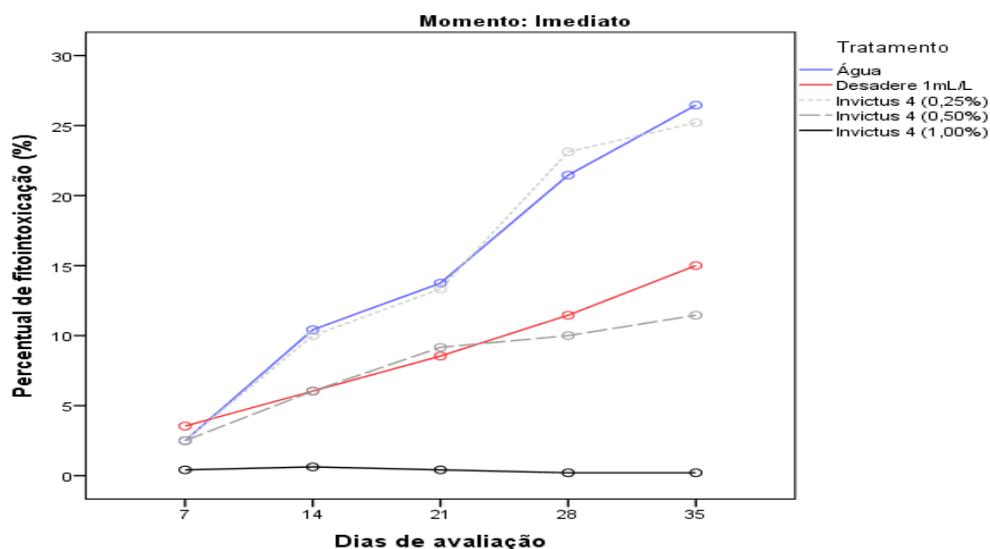
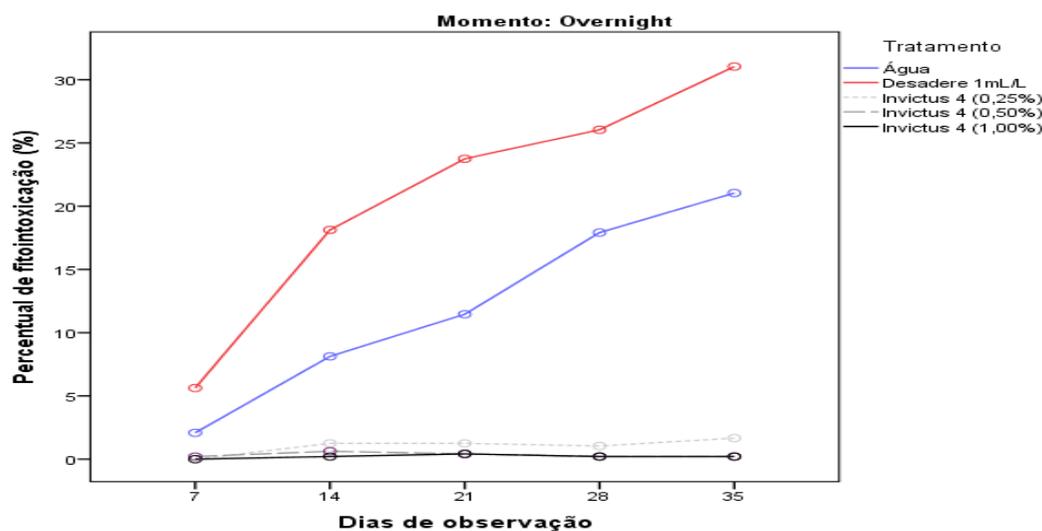


Figura 12: Comparação do percentual de Fitointoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 04 (0,25%), d) Invictus 04 (0,50%) e e) Invictus 04 (1,00%)



Conforme pode ser observado nas Figuras 11 e 12, o produto Invictus 04 (1,00%) quando utilizado para limpeza do pulverizador no momento “imediato”, e o mesmo produto em suas três concentrações utilizados no momento “overnight”, apresentaram menor dano à planta comparado à água e ao Desadere. A Tabela 4, apresenta a teste de comparação múltipla entre o percentual de fitointoxicação dos cinco tratamentos ao longo do experimento

Tabela 4: Teste de comparações múltiplas do percentual de Fitointoxicação de plantas de sojas ao longo de 5 períodos de observações, de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediatO” e “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 04 [0,25%], d) Invictus 04 [0,50%] e e) Invictus 04 [1,00%].

Momentos	Tratamentos	Subconjuntos		
		A	B	C
Imediato	Invictus 04 1,00%	0,37	-	-
	Invictus 04 0,50%	-	7,83	-
	Desadere 1 mL/L	-	8,92	-
	Invictus 04 0,25%	-	-	14,83
	Água	-	-	14,92
	p valor	1,000	0,918	1,000
Overnight	Invictus 04 1,00%	0,21	-	-
	Invictus 04 0,50%	0,33	-	-
	Invictus 04 0,25%	1,04	-	-
	Água	-	12,13	-
	Desadere 1mL/L	-	-	20,92
	p valor	0,989	1,000	1,000

Fonte: A autora (2019).

Observa-se na Tabela acima que o momento de imediato o agente de limpeza Invictus 04 [1,00%], teve o índice de fitointoxicação de 0,37%, desempenho melhor que os demais tratamentos. Quanto que as demais concentrações e produtos variaram de 7,83 a 14,92%.

Por sua vez, quando analisado o dano na planta após o momento de limpeza overnight, a utilização do produto Invictus 04, nas três concentrações, demonstrou-se mais eficácia com percentual de fitointoxicação abaixo de 1,04%. Na Figura 13 e 14, está representadas as injúrias das águas residuais de limpeza de tanque de pulverização utilizando o produto Invictus 05.

Figura 13: Comparação do percentual de Fito intoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 05 (0,25%), d) Invictus 05 (0,50%) e e) Invictus 05 (1,00%)

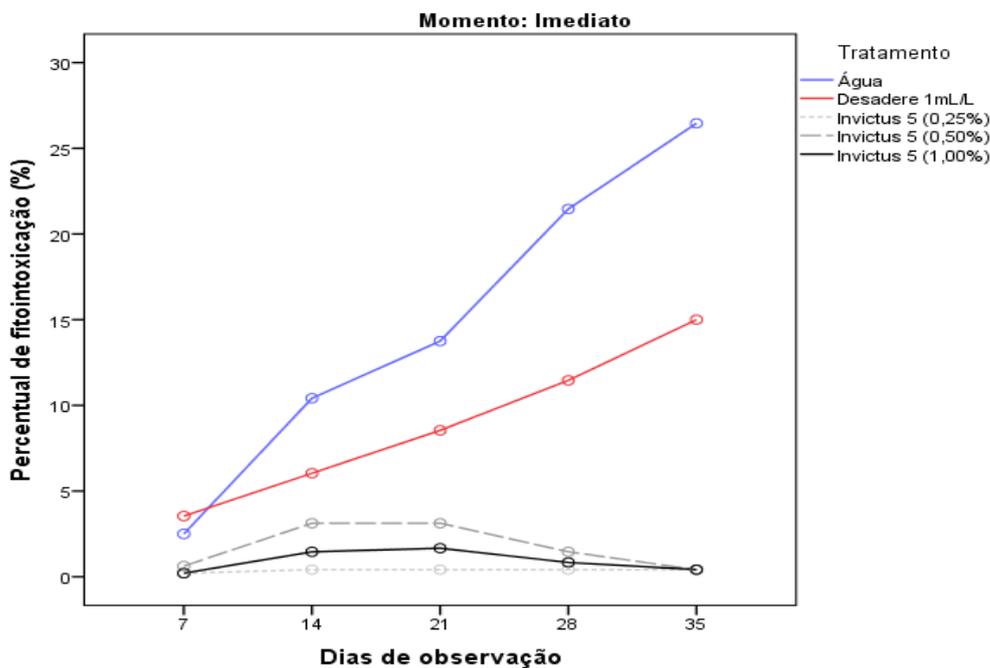
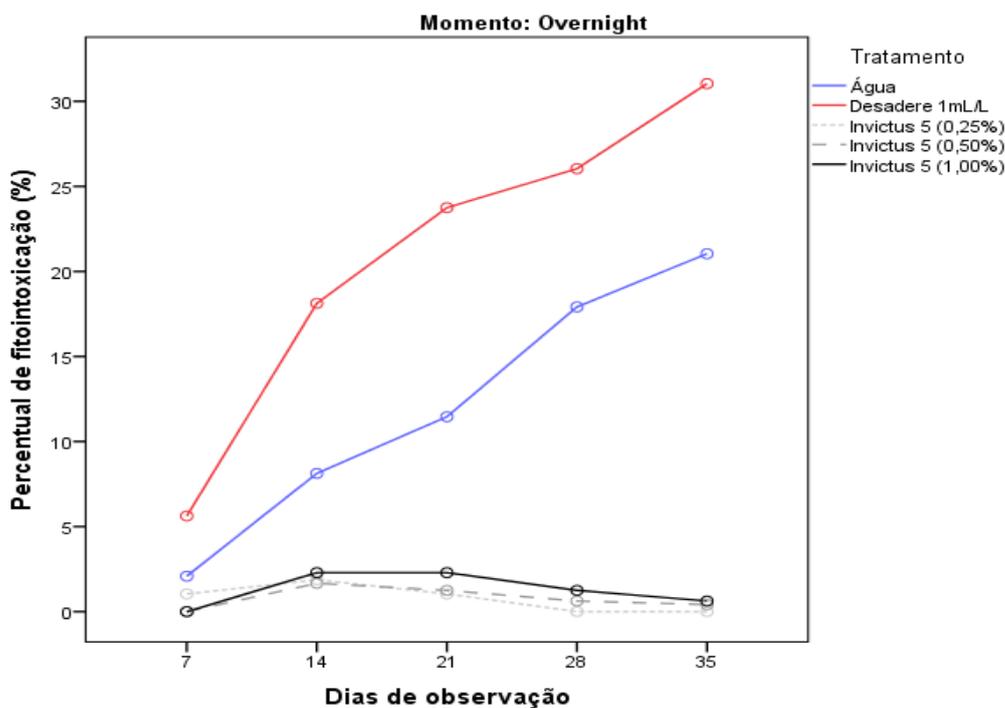


Figura 14: Comparação do percentual de Fito intoxicação de plantas de soja de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 05 (0,25%), d) Invictus 05 (0,50%) e e) Invictus 05 (1,00%).



Foi possível observar, que no procedimento imediato e na concentração de 0,25% não foi observado injúrias. Nas demais concentrações, as injúrias ficaram abaixo de 5% e diminuindo, à medida que as avaliações foram realizadas. A Tabela 5, apresenta a teste de comparação múltipla entre o percentual de fitointoxicação dos cinco tratamentos ao longo do experimento

Tabela 5: Teste de comparações múltiplas do percentual de Fitointoxicação de plantas de soja ao longo de 5 períodos de observações, de acordo com a técnica de limpeza do tanque de pulverização realizada de “imediato” e “overnight” com a) água, b) Desadere 1mL/L, c) Invictus 05 [0,25%], d) Invictus [0,50%] e e) Invictus 05 [1,00%].

Momentos	Tratamentos	Subconjuntos		
		A	B	C
Imediato	Invictus 05 0,25%	0,37	-	-
	Invictus 05 1,00%	0,92	-	-
	Invictus 05 0,25%	1,75	-	-
	Desadere 1 mL/L	-	8,92	-
	Água	-	-	14,92
	p valor	0,761	1,000	1,000
Overnight	Invictus 050,25%	0,79	-	-
	Invictus 05 0,50%	0,79	-	-
	Invictus 051,00%	1,29	-	-
	Água	-	12,13	-
	Desadere 1mL/L	-	-	20,92
	p valor	0,998	1,000	1,000

Fonte: A autora (2019).

Na Tabela pode-se observar que, tanto no momento de imediato quanto no momento overnight o agente de limpeza Invictus 05, nas três concentrações, teve o índice de fitointoxicação abaixo de 2%. Comparado com os demais produtos que apresentaram danos superior a 8% em imediato e superiores a 12% no overnight.

A análise descritiva do percentual de fitointoxicação das plantas de soja, com observação aos 35 dias, decorrente da limpeza dos tanques de pulverização, de acordo com os tratamentos e os momentos dos procedimentos, são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Percentual de fitointoxicação das plantas de soja após 35 dias da limpeza dos tanques de pulverização, de acordo com os tratamentos e os momentos dos procedimentos.

Momento	Tratamento	N	Média	Desvio padrão
Imediato	Água	24	26,46	8,27
	Desadere 1mL/L	24	15,00	8,08
	Invictus 01 (0,25%)	24	14,79	8,90
	Invictus 01 (0,50%)	24	23,33	4,58

	Invictus 01 (1,00%)	24	21,46	4,99
	Invictus 03 (0,25%)	24	20,42	3,27
	Invictus 03 (0,50%)	24	22,71	6,25
	Invictus 03 (1,00%)	24	14,38	4,50
	Invictus 04 (0,25%)	24	25,21	5,61
	Invictus 04 (0,50%)	24	11,46	4,99
	Invictus 04 (1,00%)	24	0,21	1,02
	Invictus 05 (0,25%)	24	0,42	1,41
	Invictus 05 (0,50%)	24	0,42	1,41
	Invictus 05 (1,00%)	24	0,42	1,41
Overnight	Água	24	21,04	8,59
	Desadere 1mL/L	24	31,04	18,12
	Invictus 01 (0,25%)	24	13,13	7,91
	Invictus 01 (0,50%)	24	15,63	5,58
	Invictus 01 (1,00%)	24	0,00	0,00
	Invictus 03 (0,25%)	24	18,75	4,72
	Invictus 03 (0,50%)	24	22,71	4,66
	Invictus 03 (1,00%)	24	15,83	8,30
	Invictus 04 (0,25%)	24	1,67	2,41
	Invictus 04 (0,50%)	24	0,21	1,02
	Invictus 04 (1,00%)	24	0,21	1,02
	Invictus 05 (0,25%)	24	0,00	0,00
	Invictus 05 (0,50%)	24	0,42	1,41
	Invictus 05 (1,00%)	24	0,63	1,69

Fonte: A autora (2019).

Legenda: n = número de amostra.

A Tabela 7, apresenta o resultado da estatística de comparação das médias dos tratamentos, de acordo com o momento da realização do procedimento.

Tabela 7: Teste univariado de comparação das médias de fitointoxicação, de acordo com os tratamentos e momento de realização do procedimento.

Momento	Teste F	Valor de p	Parcial eta quadrado	Poder do teste
Imediato	85,135	< 0,001	0,775	1,000
Overnight	63,182	< 0,001	0,718	1,000

Fonte: A autora (2019).

Legenda: Teste estatístico One-way ANOVA.

O teste estatístico realizado evidenciou que houve diferença na toxicidade às plantas de acordo com o produto utilizado para limpeza do tanque de pulverização, tanto quando realizado de imediato ou overnight. Para identificar qual tratamento foi mais eficaz, procedeu-se o teste *post hoc* pelo método de Tukey HSD, o qual é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8: Teste de comparações múltiplas do percentual de fitointoxicação após 35 dias, de acordo com o tratamento e momento da limpeza do tanque de pulverização.

Momento	Tratamento	Subconjuntos				
		A	B	C	D	E
Imediato	Invictus 04 (1,00%)	0,21				-
	Invictus 05 (0,50%)	0,42				-
	Invictus 05 (0,25%)	0,42				-
	Invictus 05 (1,00%)	0,42				-
	Invictus 04 (0,50%)		11,46			-
	Invictus 03 (1,00%)		14,38			-
	Invictus 01 (0,25%)		14,79			-
	Desadere 1mL/L		15,00			-
	Invictus 03 (0,25%)			20,42		-
	Invictus 01 (1,00%)			21,46	21,46	-
	Invictus 03 (0,50%)			22,71	22,71	-
	Invictus 01 (0,50%)			23,33	23,33	-
	Invictus 04 (0,25%)			25,21	25,21	-
	Água				26,46	-
	<b>Valor de p</b>		<b>1,000</b>	<b>0,543</b>	<b>0,101</b>	<b>0,069</b>
Overnight	Invictus 01 (1,00%)	0,00				
	Invictus 05 (0,25%)	0,00				
	Invictus 04 (0,50%)	0,21				
	Invictus 04 (1,00%)	0,21				
	Invictus 05 (0,50%)	0,42				
	Invictus 05 (1,00%)	0,63				
	Invictus 04 (0,25%)	1,67				
	Invictus 01 (0,25%)		13,13			
	Invictus 01 (0,50%)		15,63	15,63		
	Invictus 03 (1,00%)		15,83	15,83		
	Invictus 03 (0,25%)		18,75	18,75	18,75	
	Água			21,04	21,04	
	Invictus 03 (0,50%)				22,71	
Desadere 1mL/L					31,04	
<b>Valor de p</b>		<b>1,000</b>	<b>0,173</b>	<b>0,222</b>	<b>0,729</b>	<b>1,000</b>

Fonte: A autora (2019).

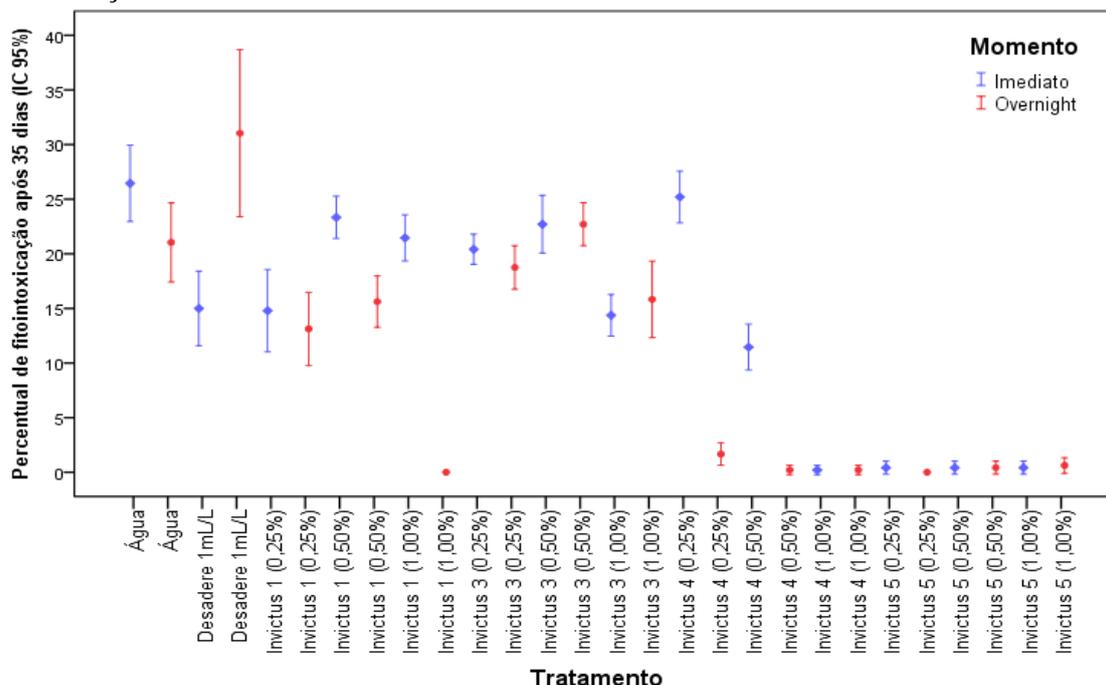
Legenda: Teste estatístico One-way ANOVA, *post hoc* Tukey HSD.

A partir do método de Tukey, foi possível agrupar os tratamentos que apresentaram fitointoxicação semelhantes. Para o momento imediato, foi calculado quatro categorias de eficácias de tratamento. O grupo A foi composto pelos tratamentos que apresentaram melhor eficácia, ou seja, menor percentual de danos às plantas de soja. Foram eles, o produto Invictus 05 nas três concentrações e o Invictus 04 (1,00%).

Por sua vez, no momento overnight, os tratamentos foram categorizados em cinco grupos. O mais eficaz foi composto por sete tratamentos que tiveram médias semelhante estatisticamente. Foram eles, o produto Invictus 05 e 04 nas três concentrações e o Invictus 01 [1,00%]. Entretanto, somente o Invictus 04

[0,25%] que apresentou percentual de dano à planta superior a 1%. Os demais, abaixo desse índice. A Figura 15, apresenta a média (IC 95%) observada de fitotoxicidade à planta dos tratamentos de acordo com o momento de realização da técnica de limpeza.

Figura 15: Média e Intervalo de Confiança de 95% da fitotoxicidade às plantas de soja observadas de acordo com o momento e o produto utilizado para limpeza do tanque de pulverização.



O resíduo da limpeza do pulverizador utilizando o Invictus 05 (0,25%, 0,50% e 1,00%) e o Invictus 04 (1,00%) no momento “imediato” e o Invictus 05 (0,25%, 0,50% e 1,00%), Invictus 04 (0,25%, 0,50% e 1,00%) e o Invictus 01 (1,00%) no momento “overnight” causou percentual de injúria nas plantas de soja semelhante ao resultado observado no estudo de Moraes et al. (2017), com o produto 2. Destaca-se que os autores verificaram o pH da solução originada do processo de limpeza com os produtos do experimento e constataram a associação da eficácia do produto 2 com o pH alto da solução.

O *glyphosate* apresenta melhor eficácia quando o meio tem pH baixo, entre 3,6 e 4,6 (COUTINHO; MAZO, 2005; CARVALHO, 2009), visto que moléculas menos ionizadas atravessam a cutícula e a membrana plasmática com maior facilidade (NALEWAJA; MATYSIAK, 1993; CARVALHO, 2009).

Por outro, com o a elevação do pH, o *glyphosate* torna-se menos apto a atravessar a membrana plasmática (STERLING, 1994), reduzindo seu potencial de dano à planta.

Corroborando o autor, Kissmann (1997)*apud* Queiroz et al. (2008), consideram que o pH do meio pode influir no resultado da aplicação, pelas seguintes razões: quando o pH da água está alto, pode acelerar a degradação do herbicida por hidrólise alcalina; sendo que a constante de dissociação de muitas moléculas de herbicidas depende do pH, e a sua absorção pelos tecidos vegetais varia, dependendo da molécula ser íntegra ou dissociada em cátions e ânions.

### **3.5 Conclusões**

Quando analisado a limpeza no momento “imediato”, os produtos Invictus 05 nas três concentrações e o Invictus 04 (1,00%) apresentaram percentuais médios de fitointoxicação semelhantes, com desempenho melhor quando comparado aos demais produtos.

Por sua vez, na análise da limpeza no momento “overnight”, os produtos Invictus 05 e 04 nas três concentrações e o Invictus 01 (1,00%) apresentaram percentuais médios de fitointoxicação semelhantes, com desempenho melhor quando comparado aos demais produtos.

#### 4. CONCLUSÕES GERAIS

O Invictus 01 apresentou potencial de descontaminação elevado em overnight, podendo ser aplicado em descontaminação de equipamentos que tenham sido submetidos a contaminação por tempo prolongado. Em procedimento imediato o produto não caracterizou melhora em relação aos de referência.

O Invictus 03 não apresentou potencial de limpeza superior aos produtos de referência, necessitando de investigação mais profunda ou ajuste de formulação e de dose para expressar potencial semelhante a outros produtos da mesma linha.

Os Invictus04 e 05 apresentam potencial de descontaminação elevado. Tal efeito pode ser atribuído a sua capacidade como inativador das moléculas dos herbicidas *Glyphosate* e 2,4-D, pois não resultou em fitointoxicação das plantas bioindicadoras.

Deve-se considerar, ainda que o mercado continuará oferecendo novos agroquímicos, que terão maiores riscos de contaminação do pulverizador que os produtos atuais, somando ao fato de que a evolução da complexidade dos circuitos hidráulicos dos pulverizadores continuará, o que impõe ao usuário cuidados especiais não só em sua calibração, mas também na forma de limpeza, a fim de eliminar os riscos de injúrias por contaminação nos equipamentos de forma econômica e rápida.

## REFERÊNCIAS

- AMARANTE JUNIOR, O.P. et al. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002a. Acesso em: 28/01/2019. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422002000400014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000400014&lng=en&nrm=iso) DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422002000400014>
- AMARANTE-JUNIOR, O. P. et al. Revisão das propriedades, usos e legislação do ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D). **Cadernos de Pesquisa**, São Luís, v. 13, n. 1, p. 60-70, 2002b.
- ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de pesquisa de Soja 2009**. Rondonópolis, v. 13, p. 299-317, 2009.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação: Conceitos básicos, inovações e tendências. In: TOMQUELSKI, G. V. et al. (Eds.). **Publicações Fundação Chapadão: Soja e Milho 2011/2012**. 5. ed. Chapadão do Sul: Fundação Chapadão. cap. 16, p. 113-139, 2012.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação: Conceitos básicos, inovações e tendências. **IN Publicações Chapadão: Soja e Milho 2011/2012**. 5 ed. Chapadão do Sul: Fundação Chapadão. Cap. 16, p 113-139. 2012.
- ALONSO, D. G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, J. Selectivity of *glyphosate* tankmixtures for RR soybean in sequential applications with mixtures only in the first or second application. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 865-875, 2010.
- BAUER, F. C.; PEREIRA, F. A. R.; SCHEEREN, B. R. e BRAGA, L. W. Diagnóstico das condições, tempo de uso e manutenção de pulverizadores no Estado de Mato Grosso do Sul. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 3, p. 501-507, 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000300017>
- BELAPART, D.; MARCHESI, B. B.; GIROTTO, M.; TROPALDI, L.; CASTRO, E. B. Eficiência fotossintética de misturas de herbicidas no controle de *Ipomoea grandifolia*. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 24, p.102-109, 2013.
- CAMPOS, C.F. de et al. Eficácia do *glyphosate* e 2,4-D no controle de *Commelina villosa*. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 80, n. 1, p. 83-89, 2013. Acesso em: 25/05/2017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1808-16572013000100012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-16572013000100012&lng=en&nrm=iso) DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1808-16572013000100012>
- CARVALHO, W.P.A. Situação atual e perspectivas da aviação agrícola no Brasil e eficácia no controle de doenças. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.33, p.107-109, 2007. Suplemento.

CARVALHO, S. J. P. et al. Eficácia e pH de caldas de glifosato após a adição de fertilizantes nitrogenados e utilização de pulverizador pressurizado por CO<sub>2</sub>. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v. 44, n. 6, p. 569-575, 2009. Acesso em: 28/01/2019. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2009000600004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000600004&lng=en&nrm=iso) DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000600004>

COSTA, A. G. F. **Determinação da deriva da mistura 2,4-d e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes.** 2006. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H. Complexos metálicos com o herbicida glifosato: revisão. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 1038-1045, 2005. Acesso em: 28/01/2019. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422005000600019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000600019&lng=en&nrm=iso) DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422005000600019>

CUNHA, J. P. A. R. et al. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2011.

GALLI, A. J. B. **A molécula glyphosate e a agricultura brasileira.** In: VELINI, E. D.; MESCHÉDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. *Glyphosate*. Botucatu: Fepaf, cap. 2, p. 17-19, 2009.

GANDOLFO, M.A.; GANDOLFO, U.D. Limpeza x Sofisticação. **Revista Cultivar Máquinas**, s./v., n.188, p.37-39, 2018.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Boletim 2017 – **Químicos e Bioquímicos, os 10 ingredientes ativos mais vendidos.** 2017. Acesso em: 26/11/2018. Disponível em: <http://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>

JOHNSON, B.; CASADY, B.; PETERSON, D.; KUHLMAN, D. **Cleaning field sprayers to avoid crop injury.** Published by Extension, University of Missouri, USA. 2007.

KARAM, D.; OLIVEIRA, M. F. **Seletividade de herbicidas na cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. p. 8, 2007. (Circular Técnica, 98).

KIRBY, C. The Hormone Weedkillers: A Short History of Their Discovery and Development. London Road, Croydon: **British Crop Protection Council**. p. 55, 1980.

LIMONGELLI, J.C., RONDIONE, M.C. LOZANO, J.F. Impacto de la contaminación en la Calidad de los productos vegetales. In: **Seminário Juízo A Nossa Agricultura**. Buenos Aires, p.174, 1991.

LUCHINI, L. C. **Considerações sobre algumas propriedades físico-químicas do glyphosate**. In: VELINI, E. D.; MESCHEDÉ, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. *Glyphosate*. Botucatu: Fepaf, cap. 3, p. 21-30, 2009.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

MELERO, M. M. **Aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate, 2,4-d e paraquat em algodoeiro**. 2016, 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

MORAES, E. D.; GANDOLFO, M. A.; GANDOLFO, U. D.; PEREIRA, L.; OLIVEIRA, J. P.; FREDERICO, M. V.; SAAB, O. J. G. A. **Potencial de limpeza de circuito de pulverização utilizando adjuvantes**. In: VI simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação, 2017, Uberlândia/MG. Anais - VI Sintag, 2017.

MOREIRA, J. C.; JACOB, S. C.; PERES, F.; LIMA, J. S. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola em Nova Friburgo, RJ. **Ciência e Saúde Coletiva**. v.7, s./n., p.1-22, 2002.

NARDI FILHO, W. **Produtividade da soja e do trigo em função de manejos de plantas daninhas em pós-emergência e da dessecação em pré-colheita**. 2013. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

OLIVEIRA JR, R. S.; **Mecanismo de ação de herbicidas**. Biologia e manejo de plantas daninhas. Curitiba, p. 146, 2011.

PETTER, F. A.; SEGATE, D.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A.; ALCÂNTARANETO, F. P. Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e fungicidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 449-457, 2012.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 8-19, 2008.

RAMWELL, C. T. et al. Pesticide residues on the external surfaces of field- crop sprayers: environmental impact. **Pest management science**, v. 60, n. 8, p. 795-802, 2004.

RAMOS, H. H.; DURIGAN, J. C. Efeito do armazenamento da calda na eficácia de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 16, n. 2, p. 175– 185, 1998.

REYNALDO, E.F.; MOLIN, J.P. Proposta metodológica para avaliação de controlador automático de seções e pulverização. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.1, p.111-120, 2011.

- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina, p. 697,2011.
- RODRIGUES, J. D. Absorção e transporte de solutos nas plantas. In: VELINI, E. D.; MESCHEDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: Fepaf, cap. 4, p. 31-112, 2009.
- SANCHOTENE, D.M. et al . Influência de sais e do pH da água na eficiência de imazethapyr + imazapic no controle de arroz-vermelho. **Planta daninha**, Viçosa , v. 25, n. 2, p. 415-419, 2007. Acesso em: 20/01/2019. Disponível em:[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582007000200023&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582007000200023&lng=en&nrm=iso) DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000200023>
- STERLING, T. Mechanisms of herbicide absorption across plant membranes and accumulation in plant cells. **Weed Science**, v. 42, n. 2, p. 263-276, 1994.
- SULLIVAN, P.A.; DONAVAN, J. T. Interaction between *glyphosate* and various herbicides for broadleaved weed control. **Weed Research**, v.20, n.4, p.255-260, 2006.
- SINDIVEG – Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal. **Balanco 2015 – Setor de agroquímicos confirma queda de vendas. 2016**. Acesso em: 26/11/2018. Disponível em: <http://sindiveg.org.br/balanco-2015-setor-de-agroquimicos-confirma-queda-de-vendas/>
- SILVA, W.; VILELA, D.; COBUCCI, T.; HEINEMANN, A. B.; REIS, F. A.; PEREIRA, A. V., FERREIRA, R. P. Avaliação da eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas em alfafa. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 729-735, 2004.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.
- SHAW, D. R.; ARNOLD, J. C. Weed control from herbicide combinations with *glyphosate*. **Weed Technology**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2002.
- STERLING, T. M.; HALL, J. C. **Mechanism of action of natural auxins and the auxinicherbicides**. In: ROE, R. M.; BURTON J. D.; KUHR, R. J. *Herbicide Activity: Toxicology, Biochemistry and Molecular Biology*. Amsterdam: IOS Press, p. 111-141, 1997.
- STRACCI, L. Agrotóxicos e a poluição das águas. **Revista Online Cidadania e Meio Ambiente**, 2012.
- TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; FRANCHINI, L. H. M.; BRAZ, G. B. P.; RIOS, F. A.; GHENO, E. A.; GEMELLI, A. Efeito da adição do 2,4-D ao *glyphosate* para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2013.