

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DETERMINAÇÃO DA DERIVA DA MISTURA 2,4-D E GLYPHOSATE
COM DIFERENTES PONTAS DE PULVERIZAÇÃO E ADJUVANTES**

AUGUSTO GUERREIRO FONTOURA COSTA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP
Maio – 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DETERMINAÇÃO DA DERIVA DA MISTURA 2,4-D E GLYPHOSATE
COM DIFERENTES PONTAS DE PULVERIZAÇÃO E ADJUVANTES**

AUGUSTO GUERREIRO FONTOURA COSTA

Orientador: Prof. Dr. **EDIVALDO DOMINGUES VELINI**

Co-orientador: Pesquisador Dr. **PAUL CHARLES HARVEY MILLER**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em Agronomia
(Agricultura).

BOTUCATU - SP
Maio – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Costa, Augusto Guerreiro Fontoura, 1976
C837d Determinação da deriva da mistura 2,4-D e glyphosate
com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes / Augus-
to Guerreiro Fontoura Costa. - Botucatu : [s.n.], 2006.
vi, 94 f. : il. color , gráfs, tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Facul-
dade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006
Orientador: Edivaldo Domingues Velini
Co-Orientador: Paul Charles Harvey Miller
Inclui bibliografia.

1. Herbicidas. 2. Ventos - Velocidade - Medição. 3. Pesti-
cidas - Aspectos ambientais. 4. Perdas - Pulverização. 5.
Pesticidas - Aplicação. I. Velini, Edivaldo Domingues.
II. Miller, Paul Charles. III. Universidade Estadual Pau-
lista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Fa-
culdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DETERMINAÇÃO DA DERIVA DA MISTURA 2,4-D E GLYPHOSATE
COM DIFERENTES PONTAS DE PULVERIZAÇÃO E ADJUVANTES"

ALUNO: AUGUSTO GUERREIRO FONTOURA COSTA

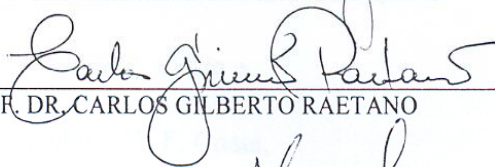
ORIENTADOR: PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

CO-ORIENTADOR: DR. PAUL CHARLES HARVEY MILLER

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI



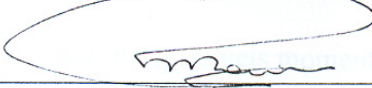
PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO



PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIAS



DR. LUIZ ANTONIO PALLADINI



DR. FERNANDO STORNILO ADEGAS

Data da Realização: 25 de maio de 2006

À minha amada esposa Ariane Karla de Souza Costa,

por todo o amor, carinho, compreensão e a alegria de viver sempre presentes, e também, especialmente, pelo apoio, companheirismo, coragem e perseverança durante toda a nossa jornada em Silsoe,

dedico.

Ao meu pai Sergio Fontoura Costa (*in memoriam*),

à minha mãe Maria Aparecida Guerreiro Costa,

ao meu irmão Rodrigo G. F. Costa e

minha irmã Renata Maria G. F. Costa,

por todo o eterno amor, carinho e incentivo,
além dos ensinamentos, exemplos de caráter e
dos inesquecíveis momentos de minha infância,

ofereço.

AGRADECIMENTOS

À Deus por minha vida e mais esta importante vitória.

Aos orientadores Edivaldo D. Velini e Paul C. H. Miller pela oportunidade em realizar este trabalho, todo apoio, ensinamentos, incentivo, paciência e amizade.

Aos pesquisadores e técnicos do Silsoe Research Institute, pelo convívio, ensinamentos e valioso auxílio nos ensaios, principalmente à Clive R. Tuck, Dave E. Baker, A. Bradley e A. G. Lane.

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas correções e sugestões ao trabalho.

Ao professor Ulisses R. Antuniassi, pelo apoio ao viabilizar os primeiros contatos para a realização do trabalho em Silsoe.

Aos amigos Eduardo Negrisoni, Caio A. Carbonari, Caio V. S. Rossi, Marcelo R. Corrêa, Anderson L. Cavenaghi, Beto, China e Guilherme por todo o auxílio, incentivo e bons momentos de convívio.

Ao casal Otto e Maria Clara Mozzer e as filhas Bebel e Malú pela amizade, companheirismo e apoio durante todo o tempo em Silsoe, assim como, à minha mãe e minha madrinha Carmem Terezinha G. Silva pela calorosa visita.

Ao professor de inglês Vital Walter pelos ensinamentos, apoio e incentivo na busca e conquista dos objetivos.

Ao professor Dagoberto Martins pelo apoio como coordenador do curso de Agricultura.

Ao CNPq pela concessão da Bolsa de Doutorado Sanduíche e todo o apoio institucional e à CAPES pela bolsa de estudo concedida durante o tempo do curso no Brasil.

À Faculdade de Ciências Agrônomicas / UNESP pela oportunidade de realização do curso de doutorado, especialmente aos funcionários com que pude conviver.

À todos que direta ou indiretamente colaboraram com a viabilidade e realização deste trabalho, minha eterna gratidão.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 A deriva dos agrotóxicos.....	7
4.2 A utilização do 2,4-D e os problemas com deriva.....	9
4.3 A redução da deriva dos agrotóxicos por meio de adjuvantes e pontas de pulverização.....	10
4.4 Redução da deriva de 2,4-D e de outros herbicidas por meio de pontas de pulverização e adjuvantes.....	13
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
5.1 Seleção das tecnologias e tratamentos.....	15
5.2 Pulverizadores.....	17
5.3 Preparo das caldas de aplicação.....	18
5.4 Avaliação da deriva em túnel de vento.....	18
5.4.1 Coletores de deriva.....	22
5.4.2 Lavagem dos coletores e análise das amostras.....	22
5.5 Avaliações de tamanho de gota.....	25
5.6 Avaliação da tensão superficial dinâmica.....	26
5.7 Análise estatística.....	27
6 RESULTADOS	28
6.1 Avaliação de deriva.....	28
6.1.1 Deriva vertical resultante das aplicações com adjuvantes adicionados em água, para cada ponta de pulverização.....	28
6.1.2 Deriva horizontal resultante das aplicações com adjuvantes adicionados em água, para cada ponta de pulverização.....	32
6.1.3 Deriva vertical resultante da utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada sem a presença dos herbicidas.....	37

6.1.4 Deriva horizontal resultante utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada sem a presença dos herbicidas.....	41
6.1.5 Deriva vertical resultante das aplicações com adjuvantes adicionados à mistura dos herbicidas, para cada ponta de pulverização.....	45
6.1.6 Deriva horizontal resultante das aplicações com adjuvantes adicionados à mistura dos herbicidas, para cada ponta de pulverização.....	50
6.1.7 Deriva vertical resultante da utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada com a presença dos herbicidas.....	54
6.1.8 Deriva horizontal resultante da utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada com a presença dos herbicidas.....	58
6.1.9 Somatória dos depósitos resultantes da adição dos adjuvantes, para cada ponta de pulverização.....	62
6.1.10 Porcentagem de depósito nos coletores em relação ao total obtido.....	66
6.2 Avaliação de tamanho de gota.....	68
6.2.1 DMV e % vol < 100 µm resultante das aplicações com adjuvantes adicionados em água, para cada ponta de pulverização.....	68
6.2.2 DMV e % vol < 100 µm resultante da utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada sem a presença dos herbicidas.....	69
6.2.3 DMV e % vol < 100 µm resultante das aplicações com adjuvantes adicionados à mistura dos herbicidas, para cada ponta de pulverização.....	71
6.2.4 DMV e % vol < 100 µm resultante da utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada com a presença dos herbicidas.....	73
6.3 Avaliação da tensão superficial dinâmica.....	75
7 DISCUSSÃO.....	77
8 CONCLUSÕES.....	83
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

1 RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes pontas de pulverização e adjuvantes sobre a intensidade do processo de deriva, o espectro de gotas e a tensão superficial dinâmica das soluções de aplicação da mistura de 2,4-D e glyphosate. Os ensaios foram realizados no Silsoe Research Institute, Inglaterra. Os tratamentos corresponderam às combinações entre tipos de pontas de pulverização e adjuvantes. As pontas e respectivas pressões utilizadas foram: jato plano convencional de uso amplo XR 11002 (3 e 1,5 bar), jato plano com pré-orifício DG 11002 (3 bar), jato plano defletor com pré-orifício TT 11002 (3 bar), jato plano com pré-orifício e indução de ar AI 11002 (3 bar) e jato cônico vazio TXVS-10 (4 bar). Os adjuvantes e concentrações (v/v) testados foram: Minax (900 g.L⁻¹ de óxido de etileno condensado – alquil fenol) a 0,1%, Ethokem (870 g.L⁻¹ de amina graxa poliethoxilada) a 0,5%, Actipron [96,8% (p/p) de óleo mineral] a 1,0%, Rigger (840 g.L⁻¹ de óleo vegetal metilado) a 1,0% e Silwet L-77 [80% (p/p) de óxido de poli (alquilenos) modificado - heptametil-trisiloxano] a 0,1%. Os herbicidas utilizados foram Headland Staff 500 (500 g.L⁻¹ de 2,4-D, Headland Agrochemicals Ltd, Reino Unido) em mistura com Scorpion (360 g.L⁻¹ de glyphosate, Cardel Agro SPRL, Reino Unido) a 0,8 e 3,5% de concentração (v/v), respectivamente. As aplicações foram realizadas com e sem os herbicidas na calda. A deriva

foi avaliada em condições de túnel de vento, com velocidade do fluxo de ar de 2 m.s^{-1} e umidade relativa do ar a 80%. Os coletores de deriva foram fios de polietileno de 1,98 mm de diâmetro e 2,75 m de comprimento, posicionados horizontalmente a 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 e 0,5 m de altura na distância de 2 m do bico de pulverização e a 2, 3, 4, 5, 6 e 7 m de distância na altura de 0,1 m. O corante alimentício “Green S” foi utilizado como traçador. Os coletores foram lavados individualmente com água destilada e as soluções de lavagem analisadas por espectrofotometria. Os depósitos de deriva foram transformados em porcentagem do volume total aplicado. As tecnologias avaliadas em túnel de vento foram caracterizadas quanto ao tamanho de gota, utilizando um analisador Malvern Instruments “Spraytec”, pelo qual se obteve o diâmetro mediano volumétrico (DMV), em μm , e a porcentagem do volume pulverizado com gotas menores que $100 \mu\text{m}$. As caldas foram avaliadas quanto à tensão superficial dinâmica (mN.m^{-1}), por meio de um tensiômetro de bolha (Krüss BP2) com o tempo de análise de 1.000 mS. As médias dos resultados foram comparadas pelo intervalo de confiança ao nível de 10% de probabilidade. A ponta de pulverização AI resultou nas menores porcentagens de deriva, seguida do modelo DG. As pontas XR a 3 bar e TX resultaram nos maiores valores de deriva. Os adjuvantes Ethokem e Rigger implicaram nos maiores e menores valores de deriva detectados, respectivamente. Os resultados indicaram que a seleção de uma ponta de pulverização adequada é mais eficiente que um adjuvante para a redução da deriva na aplicação dos herbicidas. A presença dos herbicidas na calda de pulverização reduziu o efeito do uso de adjuvantes, em relação à deriva, ao tamanho das gotas e a tensão superficial dinâmica.

2. SUMMARY

DRIFT DETERMINATION OF 2,4-D + GLYPHOSATE MIXTURE WITH DIFERENT NOZZLES AND ADJUVANTS. Botucatu, 2006. 94 p. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: AUGUSTO GUERREIRO FONTOURA COSTA

Adviser: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Co-adviser: PAUL CHARLES HARVEY MILLER

The aim of this research was to evaluate the effects of different nozzles and adjuvants on the drift process intensity, the droplet spectra and the dynamic surface tension of spray solutions of 2,4-D + glyphosate mixture. The trials were carried out in the Silsoe Research Institute, England. The treatments corresponded to combinations between nozzle designs and adjuvants. The nozzles and respective pressures used were: conventional extended range flat fan XR 11002 (3 and 1.5 bar), pre orifice flat fan DG 11002 (3 bar), pre orifice deflector flat fan TT 11002 (3 bar), pre orifice air induction flat fan AI 11002 (3 bar)

and hollow cone TXVS-10 (4 bar). The adjuvants and concentrations (v/v) tested were: Minax (900 g.L⁻¹ alkyl phenol ethylene oxide condensate) at 0.1%, Ethokem (870 g.L⁻¹ ethoxylated tallow-amine) at 0.5%, Actipron [97% (w/w) mineral oil] at 1.0%, Rigger (840 g.L⁻¹ methylated vegetable oil) at 1.0% and Silwet L-77 [80% (w/w) polyalkylene oxide modified heptamethyl trisiloxane] at 0.1%. The herbicides used were Headland Staff 500 (500 g.L⁻¹ of 2,4-D, Headland Agrochemicals Ltd, UK) in mixture with Scorpion (360 g.L⁻¹ of glyphosate, Cardel Agro SPRL, UK) at 0.8 e 3.5% concentration (v/v), respectively. The applications were made with and without herbicides in the spray liquid. The spray drift were assessed under wind tunnel conditions, with air flow velocity of 2 m.s⁻¹ and air relative humidity of 80%. The spray drift collectors were 1.98 mm diameter and 2.75 m length polythene lines, placed horizontally at 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 m high at 2 m distance from the nozzle and at 2, 3, 4, 5, 6 and 7 m distance at 0.1 m high. The food dye “Green S” was used as a tracer. The collectors were individually washed with de-ionised water and the washing solutions were analyzed by spectrophotometry. The spray drift deposits were transformed in percentage of the total volume applied. The technologies evaluated in wind tunnel were characterized to the droplet size, using a “Spraytec” Malvern Instruments analyzer, through which it was obtained the volume median diameter (VMD), in μm , and the percentage of spray volume in droplets less than 100 μm in diameter. The spray liquids were evaluated to the dynamic surface tension (mN.m⁻¹), through bubble tensiometer (Krüss BP2) with 1.000 mS of analyse age. The means of the results were compared by the confidence interval at 10% probability level. The nozzle AI 11002 resulted in the lowest spray drift percentages, followed by DG design. The nozzles XR at 3 bar and TX resulted in the highest values of spray drift. The adjuvants Ethokem and Rigger produced the highest and lowest spray drift values, respectively. The data indicated that an adequate nozzle selection is more efficient than an adjuvant to reduce the herbicide spray drift. The presence of the herbicides in the spray liquid reduced the adjuvants effects, in relation to the drift, droplet size and dynamic surface tension.

Keywords: drift, wind tunnel, droplet size, dynamic surface tension, herbicide.

3 INTRODUÇÃO

A contaminação ambiental causada pelo uso de agrotóxicos tem gerado preocupações quanto ao uso inadequado desses compostos. A crescente demanda da sociedade civil e órgãos legisladores e fiscalizadores por processos produtivos com menor impacto ambiental, tem levado a necessidade de se avaliar o comportamento e o destino dessas substâncias utilizadas nos agroecossistemas (Luchini, 2004).

O controle das comunidades de plantas infestantes em cultivos agrícolas é necessário devido às reduções diretas na produção, a depreciação do valor dos produtos, ao aumento nos custos de controle e por serem hospedeiras de pragas e doenças. O controle químico é o método mais utilizado para o manejo de plantas daninhas, em virtude do elevado custo e da escassez da mão-de-obra, das extensivas áreas de plantio e eficiência proporcionada pelos herbicidas.

Dentre as diferentes técnicas de aplicação de agrotóxicos disponíveis na forma líquida, as que se baseiam na pulverização hidráulica são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em distintas aplicações (Teixeira, 1997).

A deriva ou o desvio na trajetória de partículas ou gotículas formadas durante a pulverização que não atingem o alvo, constitui uma das principais causas de perdas

de herbicidas, sendo mencionada por Spadotto (2002) como um dos fatores que governa o destino desses compostos no ambiente. Ozkan (2001) atribui outros motivos que tornam a deriva indesejável, além dos prejuízos diretos ao produtor que realiza a pulverização, como: os danos a culturas sensíveis adjacentes; a contaminação de alimentos; a contaminação do ar e da água; e dos efeitos prejudiciais à saúde e segurança do ser humano, dos rebanhos bovinos e de outras criações.

O custo dos herbicidas, da mão de obra e da energia necessária para sua aplicação e a preocupação crescente em relação à poluição ambiental tem realçado a necessidade de uma tecnologia mais acurada para a colocação desses produtos químicos no alvo desejado.

A mistura 2,4-D + glyphosate tem amplo uso no Brasil para o manejo de plantas daninhas em culturas anuais ou perenes. O 2,4-D é um latifolicida de baixo custo, aplicado em pós-emergência e com translocação pelo floema, dificultando sua substituição por outro composto. Entretanto, este herbicida tem se destacado quanto aos problemas que a deriva gerada em suas aplicações pode causar, principalmente por promover efeitos fitotóxicos em doses relativamente baixas nas culturas sensíveis, resultando muitas vezes em perdas na produção.

A utilização de técnicas corretas de aplicação pode efetivamente reduzir o risco ou a quantidade de deriva produzida nas aplicações de agrotóxicos. A seleção de pontas de pulverização e adjuvantes adequados pode ser uma medida eficiente, pelo uso das gotas pulverizadas de maior tamanho e alterações nas propriedades físicas e químicas na calda de aplicação. Entretanto, essas tecnologias não têm sido muito estudadas especificamente para a mistura 2,4-D + glyphosate, indicando haver perspectivas para aplicações mais seguras desta mistura. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de diferentes adjuvantes e pontas de pulverização sobre a intensidade do processo de deriva, o espectro do de gotas produzido e a tensão superficial dinâmica das soluções de aplicação da mistura de 2,4-D e glyphosate.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A deriva dos agrotóxicos

Embora os agrotóxicos desempenhem papel fundamental na produção agrícola, têm sido alvo de crescente preocupação, em virtude de seu potencial de risco ambiental (Barcellos et al., 1998). Hewitt (2000) e Alister & Kogan (2006), destacaram a preocupação que vem sendo dada à qualidade da água e ao efeito em organismos aquáticos, devido à contaminação causada por esses compostos. No entanto, o uso de agrotóxicos tem contribuído para redução dos custos e aumento na produção e qualidade dos produtos agrícolas, desde que aplicados de maneira racional, dentro do contexto mais amplo da proteção integrada de plantas, evitando-se, assim, a contaminação do solo e da água, os danos à saúde humana e animal e o surgimento de pragas, plantas e patógenos resistentes (Cunha et al., 2003).

Cada vez mais se exige do produtor rural a utilização correta e criteriosa desses insumos. Entretanto, o que se observa no campo é a falta de informação a respeito da tecnologia de aplicação. As aplicações podem, muitas vezes, produzirem o efeito desejado, porém de forma ineficiente, porque não se utilizou a técnica ou equipamento mais

adequado, o que poderia implicar no uso de menor quantidade de ingrediente ativo (Cunha et al., 2004). Tem sido estimado que cerca de 50% dos agrotóxicos utilizados são desperdiçados devido às más condições de aplicação (Friedrich, 2004).

A deriva é um dos principais motivos de perdas de agrotóxicos e da conseqüente contaminação ambiental. De acordo com Velloso et al. (1984), Matuo (1990) e Christofolletti (1999a) deriva é tudo aquilo que não atinge o alvo durante a aplicação. Miller (1993) define deriva como parte da pulverização agrícola que é carregada para fora da área alvo, pela ação do vento. De maneira similar, Ozkan (2001) conceitua deriva como o movimento de um produto no ar, durante ou depois da aplicação, para um local diferente do planejado. Miller (2004) acrescenta ainda que o agrotóxico pode ser transportado da área alvo na forma de gotas ou vapor. A perda na forma de vapor pode ocorrer durante ou posteriormente à aplicação, sendo muito dependente da pressão de vapor e das características da formulação do produto.

Threadgill & Smith (1975) relataram que as pesquisas conduzidas naquela década estavam concentradas no potencial de deriva de agrotóxicos em pulverizações agrícolas. Matthews (1999), também ressalta a preocupação mundial com os efeitos que a deriva pode provocar fora das áreas tratadas, cujo resultado tem sido a necessidade de instalação de áreas de proteção (“buffer zones”) para cursos d’água e outras áreas sensíveis. No Brasil o enfoque dado à deriva se refere principalmente aos problemas ocorridos com fitotoxicidade de culturas vizinhas, principalmente na região sul do país, onde é comum o cultivo de soja e milho em áreas adjacentes às de produção de frutas e hortaliças (Antuniassi, 2006).

De acordo com Foloni (2000), pode-se minimizar a deriva utilizando-se técnicas e métodos de aplicação adequados ou mais apropriados, limpeza e regulagem do equipamento, aplicação em condições climáticas adequadas e/ou uso de formulação apropriada. Ainda segundo Antuniassi (2006), pesquisas relacionadas à inspeção periódica de pulverizadores no Brasil, indicaram haver grande necessidade de melhorar a manutenção e as condições dos pulverizadores agrícolas, o que está relacionado com as práticas para controle de deriva.

Dentre as mudanças nas técnicas de aplicação para a redução de deriva têm se mencionado a seleção de pontas de pulverização mais adequadas e a adição de

compostos químicos (adjuvantes) que alterem as propriedades físicas e químicas do líquido a ser pulverizado, com o objetivo principal de se obter gotas maiores, reduzindo o risco de deriva (Christofolletti, 1999b; Ozkan, 2001).

4.2 A utilização do 2,4-D e os problemas com deriva

Os herbicidas, assim como os outros agrotóxicos representam risco de contaminação ambiental, principalmente no que se refere à deriva gerada em suas pulverizações agrícolas. Embora nas operações de manejo em plantio direto o 2,4-D seja, na maioria das aplicações, associado ao glyphosate, os maiores riscos de fitotoxicidade têm sido associados ao primeiro. Efetivamente, Dexter (2006) observou que o risco de danos às culturas não consideradas alvo podem variar consideravelmente, dependendo do nível de susceptibilidade das plantas e da molécula de herbicida. O ácido 2,4 diclorofenoxiacético pode promover importantes alterações de crescimento em doses muito inferiores às aplicadas como herbicida. Conforme resultados de estudos obtidos por Rawson & Schrodter (1981), Hemphill & Montgomery (1981) e Gilreath et al. (2001), as intoxicações de culturas sensíveis podem ocorrer em doses da ordem de 1.10^{-3} em relação àquelas recomendadas para o controle.

No Brasil, o herbicida 2,4-D tem sido intensamente utilizado em pastagens, em cana-de-açúcar e, principalmente, nas aplicações de manejo em plantio direto, destacando-se as áreas com altas infestações de espécies dicotiledôneas. De acordo com Constantin & Oliveira Jr. (2004), por não ser possível o revolvimento do solo no sistema de plantio direto, há a necessidade de herbicidas dessecantes no manejo de plantas daninhas, antecedendo o plantio das culturas. Dentre os herbicidas mais utilizados está o 2,4-D, o qual se destaca pela sua reconhecida eficiência e relação custo benefício.

Segundo Rodrigues & Almeida (1998 e 2005), o herbicida 2,4-D é registrado no Brasil para o controle de mono e principalmente dicotiledôneas em pós emergência em café, cana-de-açúcar, cereais, manejo em plantio direto, gramados, pastagens, canais, açudes, represas, espelhos d'água e áreas não cultivadas. É de persistência curta no solo, o que permite a semeadura de culturas que lhe são suscetíveis duas semanas depois da aplicação. É formulado em sais de amina e éster, sendo estes mais agressivos tanto para as plantas daninhas como para as culturas; são mais voláteis quanto menor o número de carbonos contidos na fração álcool que constitui sua molécula. Em função dessa volatilidade, deve-se

ter cuidado especial na sua aplicação, não o utilizando em áreas próximas a culturas suscetíveis e em condições inadequadas de vento.

Renne & Wolf (1979) ressaltaram que estudos atmosféricos indicavam que a deriva de 2,4-D pode atingir grandes distâncias, sendo encontradas concentrações entre 0,3 e 0,6 g.m⁻³ em regiões de produção de trigo. Estudos mais recentes (Bucheli et al., 1998; Unsworth et al., 1999 e Adamson, 2003) têm indicado concentrações relativamente altas de agrotóxicos no ar e em água de chuva. Em muitos casos a água de chuva tem sido classificada como imprópria para consumo humano ou animal. As concentrações de 2,4-D têm sido da ordem de 0 a 5 ppb nos estudos disponíveis. Os resultados têm indicado maiores concentrações nas primeiras chuvas após períodos de estiagem e maior uso dos compostos.

Existem vários exemplos na literatura de que a deriva do herbicida 2,4-D pode causar injúrias a várias culturas agrícolas. Yates et al. (1978) ressaltam a alta sensibilidade de cultivares de uva (*Vitis vinifera L.*) ao herbicida 2,4-D, Gazziero et al. (2000) e Uludag et al. (2000) destacam os efeitos prejudiciais causados pela deriva de 2,4-D nos cultivos de algodão, uva e hortaliças. Constantin et al. (2004), Oliveira Jr et al. (2004), Centurion et al. (2005) e Fagliari et al. (2005) constataram efeitos prejudiciais causados por deriva simulada (subdoses) desse herbicida, sobre as culturas do fumo, uva, algodão e tomate, respectivamente.

Devido ao acentuado número de registros de danos causados às culturas em áreas vizinhas, o uso deste herbicida tem sido restringido em diversos municípios brasileiros, segundo Gazziero et al. (2000) e Fagliari et al. (2004). Antuniassi (2006) reporta que no Estado do Paraná tem havido uma maior discussão com relação ao uso de agrotóxicos e a deriva. O autor destaca o herbicida 2,4-D como um dos principais motivos para esta preocupação. Nesta região têm sido desenvolvidos programas específicos objetivando a redução dos riscos de deriva dos agrotóxicos, onde as principais atividades envolvem treinamento, encontros técnicos e pesquisa.

4.3 A redução da deriva dos agrotóxicos por meio de adjuvantes e pontas de pulverização

Entre as características da pulverização que influenciam a deriva, podem ser relacionadas os tipos de ponta de pulverização, as propriedades físicas da

formulação dos agrotóxicos, o tamanho das gotas e outros produtos adicionados ao líquido a ser pulverizado. Mudanças nas propriedades do líquido podem influenciar tanto o processo de formação das gotas como o comportamento do contato destas com o alvo, alterando o risco potencial de deriva (Miller & Butler Ellis, 2000).

Adjuvantes em pulverizações agrícolas são utilizados para vários propósitos tal como adesivantes, redutores de deriva, espalhantes e penetrantes (Chapple et al., 1993). Os adjuvantes são adicionados à calda de pulverização dos herbicidas com o objetivo de aumentar a eficiência, reduzir o impacto das interferências ambientais, melhorar sua performance, pela alteração na permeabilidade das membranas foliares, melhorar o molhamento em superfícies hidrorrepelentes e proporcionar um maior contato da calda com cutículas pilosas, facilitando a penetração (Stougaard, 1997; Montório, 2001).

Existe o conhecimento de que estes compostos podem ter um significativo efeito sobre o tamanho das gotas em pulverizações agrícolas (Butler Ellis e Miller, 1997) e o tamanho de gota é o mais importante fator que influencia a deriva. Uma revisão do efeito dos adjuvantes sobre a formação e transporte do líquido pulverizado foi apresentada por Miller e Butler Ellis (1997). Adjuvantes redutores de deriva têm sido desenvolvidos especificamente para modificar o espectro de gotas, mas muitos outros adjuvantes, usados para melhorar a dinâmica da gota sobre o alvo, também influenciam o tamanho das gotas (Butler Ellis & Tuck, 1999).

Segundo Hall & Fox (1996) polímeros de poli(acrilamida) são populares adjuvantes redutores de deriva, entretanto, alguns desses produtos possuem determinadas características que dificultam o uso e podem prejudicar a eficácia, como hidratação lenta, baixa dispersão, sensibilidade à qualidade da água e degradação sob determinadas condições. Apesar disso, os autores relatam que pesquisas indicam reduções de deriva da ordem de 70% para esse tipo de molécula. Zhu et al. (1997) reafirmam existir evidências de diminuição de deriva e aumento no diâmetro das gotas pulverizadas causadas pelo uso de compostos, entretanto, na maioria dos casos a eficácia é reduzida pela recirculação da calda de aplicação no pulverizador.

Resultados obtidos em testes com diferentes pontas de pulverização, mostram que os níveis de deriva detectada variam consideravelmente dependendo das propriedades do líquido, o que pode ser observado nos ensaios realizados por Sanderson et al.

(1997) ao utilizar uma ponta com jato cônico vazio modelo D8-46; Buttler Ellis et al. (1998) ao testar pontas de jato plano convencional (FF 110/0.8/0.3), jato plano anti-deriva com pré-orifício (FRD 110/08/03), jato cônico vazio (HC/0.71/3.0), jato plano uniforme (FE 80/0.8/3.0) e jato plano de baixa pressão (FLP 110/0.75/1.0) e Fietsam et al. (2004) ao utilizar pontas de jato plano convencional de uso ampliado (XR), com pré orifício (DG), defletora com pré orifício (TT) e com pré orifício e indução de ar (AI).

Salyani & Cronwell (1992) constataram que a seleção da ponta de pulverização e o volume de aplicação têm significativo efeito sobre a deriva. Cunha et al. (2003) verificaram que a adição de óleo vegetal na calda de aplicação ou a utilização de ponta de pulverização anti-deriva dotada de pré-orifício (ADI 11002) aumentaram o tamanho das gotas e reduziram a deriva em aplicações de fungicidas na cultura do feijão, em relação aos resultados obtidos com uma ponta convencional (API-11002), sem o uso do óleo vegetal.

Segundo Miller (2004), pontas com indução de ar têm apresentado reduções na deriva da ordem de 75%, em relação a sistemas convencionais para pulverizadores de barra, embora exista algum risco de diminuição da eficácia dos agrotóxicos sobre o alvo biológico.

Hoffmann & Kirk (2005) verificaram que pontas de pulverização que proporcionaram maiores porcentagens de gotas menores que 200 μm , resultaram em acréscimo na deriva em aplicações aéreas.

Técnicas para avaliar a deriva em condições de túnel de vento têm sido desenvolvidas (Walklate et al., 1998) e os resultados sido comparados com aqueles obtidos em experimentos de campo (Western et al., 1989; Phillips e Miller, 1999). As instalações e condições encontradas nos túneis de vento tornam possível quantificar a deriva utilizando as formulações de agrotóxicos e misturas em tanque (Miller e Buttler Ellis, 2000).

Ozkan et al. (1997) observaram que pontas de pulverização de baixa deriva resultaram em menor carregamento das gotas pelo fluxo de ar, em relação a pontas de jato plano convencional, em testes realizados em laboratório, com velocidade de vento de 2,75 e 4,8 m.s^{-1} . Derksen et al. (1999) também verificaram reduções semelhantes utilizando pontas de pulverização providas de pré-orifício e indução de ar com velocidade de vento de 5 m.s^{-1} . Lund (2000) observou tais reduções em velocidades de vento de 2, 4 e 6 m.s^{-1} , principalmente

para as pontas com indução de ar, sendo que os resultados tiveram elevada correlação com os diâmetros de gota.

Western et al. (1999) obtiveram incremento no tamanho das gotas e redução na deriva detectada em túnel de vento quando adicionaram óleo vegetal ou mineral na calda de aplicação, quando comparados aos resultados obtidos com outros adjuvantes e à água somente. As maiores reduções na deriva foram obtidas com a adição óleo vegetal à calda.

De acordo com Butler Ellis (2004) uma série de experimentos realizados em túnel de vento para estudar a relação entre o líquido pulverizado e a deriva mostraram que o efeito sobre esta foi mais pronunciado do que as mudanças observadas no tamanho de gotas de diferentes pontas de pulverização.

4.4 Redução da deriva de 2,4-D e de outros herbicidas por meio de pontas de pulverização e adjuvantes

A utilização de técnicas de aplicação com menor deriva seguramente implicará em menores problemas ambientais associados aos herbicidas. Segundo Ronchi et al. (2005), a ocorrência da deriva de 2,4-D geralmente se deve à baixa tecnologia utilizada nas aplicações.

Bode et al. (1976) testaram várias condições de aplicação a campo com o 2,4-D amina, os resultados indicaram que as pontas de pulverização com gotas maiores, menor pressão de trabalho ou a adição de um adjuvante polivinil espessante de calda promoveram reduções na deriva do herbicida. Renne & Wolf (1979) também reportaram que a deriva do herbicida 2,4-D estava relacionada ao tamanho das gotas pulverizadas. De acordo com Chow (1993), a adição de substâncias que aumentam a viscosidade, tais como os óleos vegetais e outros adjuvantes apropriados, podem afetar o espectro de gotas e minimizar a deriva de herbicidas e os danos em culturas suscetíveis em áreas vizinhas. Sanderson et al. (1993), constataram que a adição de um polímero e principalmente um óleo emulsificante reduziram a deriva em 5 e 16%, respectivamente, em aplicações aéreas de picloram.

Segundo Constantin e Oliveira Jr. (2004) gotas com diâmetro acima de 150 μm derivam poucos metros a partir do alvo, quando a velocidade do vento está em torno de 5 km.h^{-1} . Desta forma, a utilização de pontas de pulverização com espectro de gotas acima de 150 μm seria uma providência barata, eficiente e acessível para evitar problemas de deriva

com o 2,4-D. Obviamente, espera-se que, além do uso de pontas adequadas e da observância de velocidades de vento compatíveis com o tipo de aplicação realizada, as boas práticas agronômicas também sejam adotadas nas aplicações. Deve-se evitar fazê-las sob condições climáticas com temperatura superior a 30°C e umidade relativa do ar inferior a 60%.

Fietsam et al. (2004) testaram as pontas de pulverização TT, DG, AI e XR em aplicações com e sem os adjuvantes controladores de deriva (poliacrilamida e hidroxipropyl guar). As duas tecnologias (pontas de baixa deriva e adjuvantes) combinadas ou não, resultaram em menor deriva em aplicações de glyphosate em condições de campo e túnel de vento. Entretanto, essas tecnologias diminuíram a cobertura das folhas das plantas daninhas pela calda pulverizada. Os adjuvantes não reduziram a deriva para a ponta de jato plano convencional de uso ampliado (XR).

A diminuição no tamanho das gotas geralmente melhora a performance dos herbicidas, entretanto, isso tende a aumentar a deriva, podendo requerer algumas modificações nos equipamentos de pulverização (Knoche, 1994). Dexter (2006) reporta que alguns herbicidas requerem gotas pequenas para uma melhor performance, portanto, técnicas para redução de deriva que aumentem o tamanho das gotas podem reduzir o controle de plantas daninhas. Entretanto, os herbicidas de maior translocação como 2,4-D são bem menos propensos à redução dessa eficácia. Neste sentido, Combellack et al. (1992) observaram que o uso de amina graxa poliethoxilada (Ethokem) adicionada à mistura de 2,4-D e glyphosate não afetou a porcentagem do volume de gotas de diâmetro menor que 100 µm e a eficácia dos herbicidas, entretanto diminuiu a retenção foliar da calda nas folhas das plantas daninhas que receberam a aplicação. Wolf (2000) também não constatou diferenças no nível de controle de plantas infestantes com a mistura comercial 2,4-D + fluoroxypr para aplicações com pontas convencionais de jato plano e de baixa deriva.

Pelos resultados de pesquisa disponíveis na literatura, pode se observar que os estudos com pontas de pulverização e adjuvantes, que visam promover aplicações de herbicidas mais seguras, necessitam ser expandidos e aprofundados, justificando a realização deste trabalho.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos nos laboratórios do Silsoe Research Institute, localizado na cidade de Bedford, Inglaterra, no período compreendido entre fevereiro e setembro de 2005. Os estudos compreenderam quantificação da deriva em túnel de vento e a caracterização complementar das tecnologias empregadas quanto ao espectro das gotas pulverizadas e a tensão superficial dinâmica (TSD) das soluções de aplicação (caldas).

5.1 Seleção das tecnologias e tratamentos

Os tratamentos corresponderam a diferentes condições de tecnologia de aplicação, resultantes da combinação entre diferentes pontas de pulverização e adjuvantes. As pontas de pulverização, as pressões de trabalho utilizadas, respeitando a faixa indicada pelo fabricante (Spraying Systems Co, 2004), e as vazões obtidas estão apresentadas na Tabela 1. A descrição dos adjuvantes e as respectivas concentrações testadas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Pontas de pulverização, respectivas pressões e vazões testadas nas avaliações de deriva e espectro de gotas.

Ponta de pulverização*	Descrição	Pressão (bar)	Vazão** (L.min ⁻¹)
XR 11002-VS	Jato plano convencional (uso amplo)	3,0	0,79
XR 11002-VS	Jato plano convencional (uso amplo)	1,5	0,56
DG 11002-VS	Jato plano com pré-orifício	3,0	0,79
TT 11002-VS	Jato defletor com pré-orifício	3,0	0,79
AI 11002-VS	Jato plano com pré-orifício e indução de ar	3,0	0,79
TXVS-10	Jato cone vazio	4,0	0,75

* Fabricante: Spraying Systems Co.

** Vazão nominal (Spraying Systems Co, 2004).

Tabela 2. Descrição dos adjuvantes, classe de uso, formulação e respectivas concentrações testados nas avaliações de deriva, espectro de gotas e tensão superficial dinâmica.

Nome comercial	Especificação de uso	Formulação	Concentração (v/v em %)
Tripart Minax ¹	Espalhante	Concentrado emulsionável	0,1
Ethokem ²	Espalhante	Solução concentrada	0,5
Actipron ³	Óleo mineral	Concentrado emulsionável	1,0
Intracrop Rigger ⁴	Óleo vegetal	Concentrado emulsionável	1,0
Silwet L-77 ⁵	Espalhante	Solução concentrada	0,1

¹ Óxido de etileno condensado – alquil fenol (900 g.L⁻¹), Tripart Farm Chemicals Ltd – Reino Unido.

² Amina graxa poliethoxilada (870 g.L⁻¹), Midkem Ltd – Reino Unido.

³ Óleo mineral (96,8 % - p/p), Bayer Ltd - Reino Unido.

⁴ Óleo vegetal metilado (840 g.L⁻¹), Brian Lewis Agriculture Ltd – Reino Unido.

⁵ Organossilicone: óxido de poli (alquileno) modificado - heptametil-trisiloxano (80% - p/p), Newman Agrochemicals Ltd – Reino Unido.

Fonte: The Pesticides Safety Directorate, 2005a.

A solução de herbicidas utilizada foi composta pela mistura dos produtos Headland Staff 500 (500 g.L^{-1} de 2,4-D na forma de sal de amina, Headland Agrochemicals Ltd, Reino Unido), em mistura com Scorpion (360 g.L^{-1} de glyphosate, Cardel Agro SPRL, Reino Unido) a 0,8 e 3,5% de concentração (v/v), respectivamente, sendo ambas as formulações do tipo solução concentrada. A aplicação conjunta de 2,4-D e glyphosate foi utilizada devido à importância que essa mistura tem nas regiões de plantio direto no Brasil, onde têm havido os principais problemas com deriva. Os herbicidas e adjuvantes foram selecionados considerando-se os produtos comerciais registrados para o uso no Reino Unido (The Pesticides Safety Directorate, 2005a), cujas concentrações utilizadas seguiram as recomendações dos fabricantes.

Para avaliar os efeitos das pontas de pulverização e de cada um dos adjuvantes quando adicionados somente à água e quando adicionados à calda contendo os herbicidas, as avaliações de deriva e tamanho de gota foram realizadas em duas etapas (ensaios), para as quais as respectivas combinações de adjuvantes e herbicidas para composição das caldas foram:

1ª etapa: água, Minax, Ethokem, Actipron, Rigger e Silwet L-77;

2ª etapa: água, herbicidas, herbicidas+Minax, herbicidas+Ethokem; herbicidas+Actipron, herbicidas+Rigger e herbicidas+Silwet L-77.

Todas as pontas de pulverização foram utilizadas nos ensaios, exceto para a 2ª etapa das avaliações de tamanho de gota, na qual não foi possível incluir ponta TXVS-10, devido a escassez de tempo em função da coincidência entre os cronogramas de execução de experimentos e da maior dificuldade na regulação do equipamento com esse tipo de ponta.

Nas medições de tensão superficial dinâmica todas as caldas descritas anteriormente foram avaliadas conjuntamente, em um único ensaio.

A seqüência na descrição dos materiais e métodos utilizados nas referidas avaliações (deriva em túnel de vento, tamanho de gota e TSD), corresponde à ordem cronológica de execução das atividades.

5.2 Pulverizadores

Foram utilizados pulverizadores de pressão constante, alimentados por ar comprimido, munido de um bico e tanque de alumínio com capacidade de 19 L para armazenamento e pressurização da calda. A pressão de trabalho foi monitorada por sensores elétrico-eletrônicos, sendo o controle para abertura e fechamento do fluxo feito por válvulas solenóides.

5.3 Preparo das caldas de aplicação

As caldas foram preparadas com água encanada da rede de abastecimento local a 20°C. Esta água foi utilizada para diluir os herbicidas e adjuvantes dos tratamentos em estudo.

Na água foi diluído ou não a mistura de herbicidas e um dos adjuvantes, dependendo do tratamento. Posteriormente, foi adicionado um traçador, o corante alimentício “Green S” a 0,2% (p/p), fabricado pela empresa Merck Chemicals Ltd. De acordo com Costa et al. (2005a) e Costa et al. (2006), o corante “Green S” mostrou-se adequado para ser utilizado como traçador em ensaios de deriva, pois não afetou os resultados de medições de tamanho de gota, quando foi adicionado em água ou soluções de adjuvantes.

As caldas foram sempre preparadas no mesmo dia da utilização, sendo sempre agitadas antes de cada análise ou pulverização.

5.4 Avaliação da deriva em túnel de vento

Os ensaios para avaliação de deriva em função do uso das pontas de pulverização e adjuvantes foram realizados em sistema fechado, em condições semi-controladas, utilizando um túnel de vento, representado na Figura 1. A área experimental efetiva para aplicação e coleta de deriva dentro do túnel possuía 2 x 7 x 2 m (largura x comprimento x altura).

A velocidade do vento utilizada foi de 2,0 m.s⁻¹, sendo a corrente de ar produzida por ventiladores movimentados por motor elétrico. O fluxo de ar foi monitorado por um anemômetro tri-dimensional instalado antes do bico de pulverização e conectado a um computador. O painel para acionamento e controle do fluxo de ar localizava-se externamente e adjacente ao túnel. A distribuição dos principais componentes está representada na Figura 2. Para manter a umidade relativa do ar padronizada durante os ensaios, o sistema foi provido de

um umidificador constituído por seis pontas de pulverização de jato plano defletor (Figuras 2 e 3) pressurizadas com ar comprimido, colocadas na extremidade final do túnel, sendo utilizadas para pulverizar água antes de cada aplicação, até que a umidade atingisse 80%, após o qual o fluxo era fechado. A temperatura e umidade relativa do ar foram medidos antes de cada aplicação com medidores instalados dentro do túnel.



Figura 1. Túnel de vento para avaliação de deriva, pertencente ao laboratório do Silsoe Research Institute, Inglaterra.

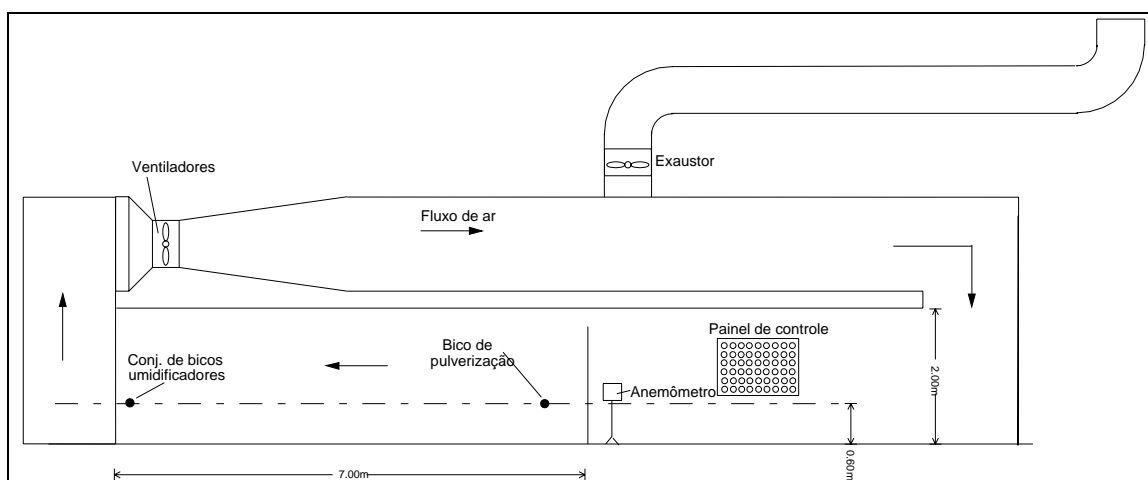


Figura 2. Representação esquemática dos principais componentes do túnel de vento.

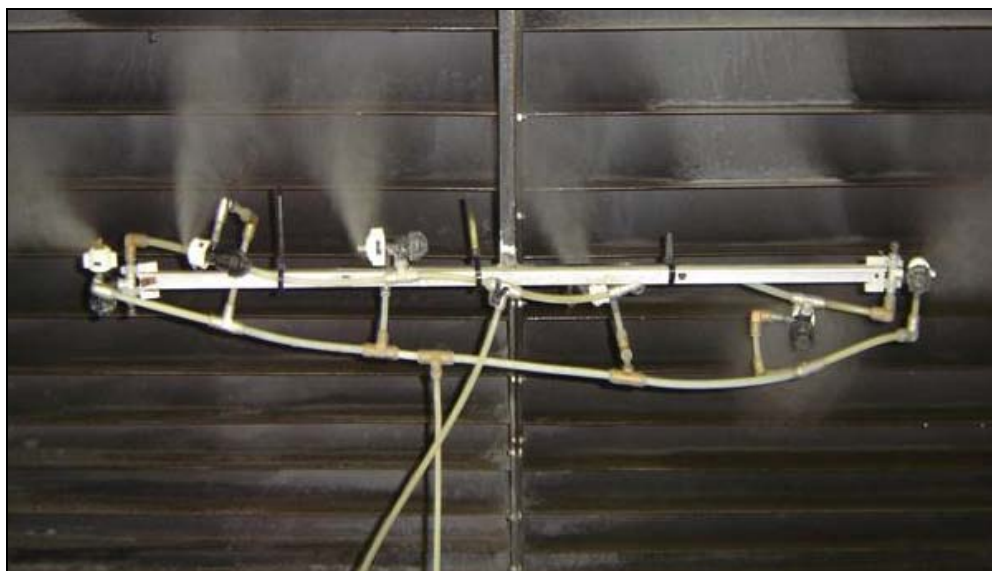


Figura 3. Pontas de pulverização para umidificar o ar no túnel de vento.

A temperatura e umidade relativa do ar média, mínima e máxima obtidas a partir dos registos em cada uma das repetições, referentes aos dois estudos, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores mínimos, médios e máximos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) durante os ensaios em túnel de vento, em condições controladas.

	1 ^a etapa		2 ^a etapa	
	T ($^{\circ}\text{C}$)	U.R. (%)	T ($^{\circ}\text{C}$)	U.R. (%)
Média	18,0	82,1	19,5	81,7
Mínima	13,6	80,1	13,9	79,8
Máxima	22,1	87,8	26,7	84,9

Os procedimentos para execução dos ensaios foram baseados em métodos descritos por Lund (2000) e Walklate et al. (2000).

Os bicos de pulverização foram posicionados a 0,6 m de altura do piso (Figura 4), no centro longitudinal do túnel de vento, por meio de um suporte fixado no teto. As

aplicações foram realizadas sobre um tapete plástico de 0,9 x 1,8 m como superfície de aplicação, contendo pêlos com 1,0 cm de altura, objetivando evitar os respingos (ricocheteio) das gotas quando atingissem o piso original. A vazão do bico de pulverização, em $L \cdot \text{min}^{-1}$, foi medida coletando-se o líquido pulverizado em uma proveta durante 30 s, antes de cada aplicação.

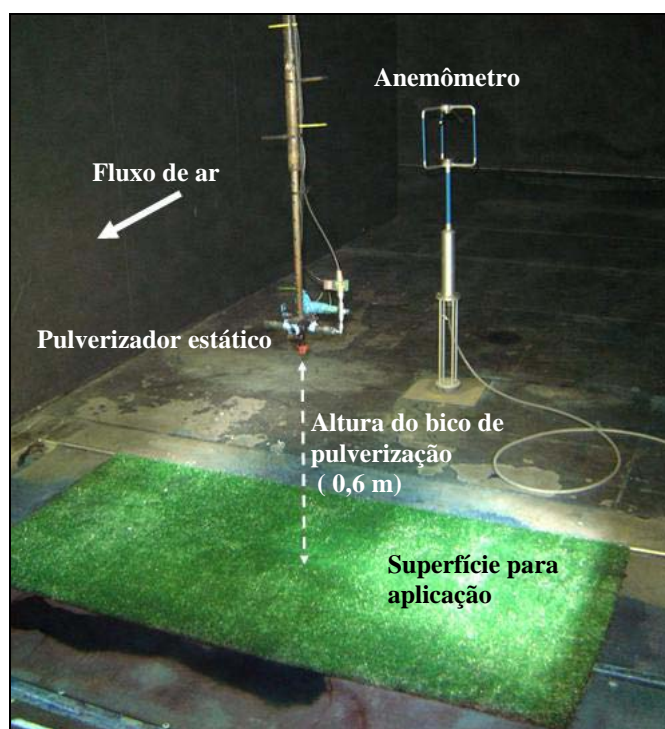


Figura 4. Sistema de pulverização e superfície para aplicação no túnel de vento.

Cada aplicação foi realizada durante 10 s, constituindo uma repetição, utilizando a pressão correspondente aos tratamentos. O tempo de pulverização foi controlado por um “timer” eletrônico conectado a um registro (válvula solenóide) para o fechamento do fluxo líquido.

Antes do início e ao final do período de execução das repetições dos ensaios, dentro do mesmo dia de trabalho, foi realizada uma aplicação com a ponta de pulverização de jato plano Lurmark 11003 (Lurmark/Hypro EU Ltd) a 3 bar de pressão, utilizando calda constituída por água, o traçador e o adjuvante Agral (948 $g \cdot L^{-1}$ de óxido de etileno condensado – alquil fenol, espalhante, concentrado solúvel, Syngenta Crop Protection

UK Ltd) a 0,1% de concentração (v/v). A utilização de um adjuvante não iônico nesta concentração e a aplicação com este tipo de ponta de pulverização é um tratamento de referência, sendo um dos procedimentos estabelecidos para avaliação de risco ambiental de agrotóxicos em túnel de vento (The Pesticides Safety Directorate, 2005b).

Após as aplicações os ventiladores foram desligados e em seguida acionado o sistema de exaustão, para que a nuvem de gotas não depositada fosse retirada de dentro do túnel e conduzida à um sistema de filtragem, externo ao prédio do laboratório.

Os estudos sem e com o uso da mistura de herbicidas nas caldas foram realizados com duas e três repetições, respectivamente. A utilização de duas repetições para avaliação de deriva em de túnel de vento vem sendo utilizada, como por exemplo no ensaio de Walklate et al. (2000), sendo considerada satisfatória nesse tipo de estudo (Costa et al.; 2005a).

5.4.1 Coletores de deriva

Os coletores de deriva utilizados foram fios de polietileno com 1,98 mm de diâmetro e 2,75 m de comprimento posicionados horizontalmente e perpendicularmente ao comprimento do túnel. O depósito horizontal de deriva foi coletado com fios colocados a 0,1 m de altura nas distâncias de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 m do bico. Para a coleta da deriva vertical os fios foram posicionados a 2 m de distancia em relação ao bico e a 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 e 0,5 m de altura. A representação do posicionamento desses coletores encontra-se na Figura 5.

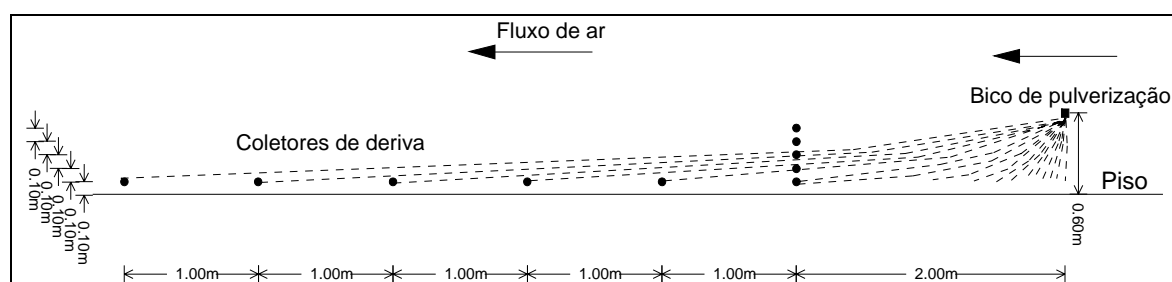


Figura 5. Posição do bico de pulverização e dos fios coletores de deriva no túnel de vento.

5.4.2 Lavagem dos coletores e análise das amostras

Após cada aplicação e secagem da calda depositada nos coletores, os fios foram retirados e lavados com 10 ml de água destilada contida em um tubo de vidro com formato em “U” mergulhado dentro de um ultra-som. A medida do volume de água de lavagem foi feita por meio de dispensador calibrado (Figura 6). As soluções de lavagem foram acondicionadas em recipientes plásticos. Uma amostra de calda foi coletada para cada líquido pulverizado.



Figura 6. Lavagem dos fios de polietileno (coletores de deriva).

Todas as amostras foram posteriormente armazenadas em refrigerador a 5°C para a posterior análise em espectrofotômetro, na qual o traçador utilizado nas pulverizações foi quantificado em absorbância (densidade óptica) no comprimento de onda de 634 nm.

Foram obtidos valores de quantidade de calda depositada por coletor, em μL , proveniente do software do espectrofotômetro utilizado (Modelo UV 510,1, Unicam), referenciados na concentração de corante e por meio de curvas de calibração obtidas através das diluições das amostras das caldas aplicadas. Os dados obtidos para cada coletor foram

multiplicados por 10, em função do volume de lavagem (fator de diluição). Finalmente, os depósitos corrigidos, ainda em μL , foram transformados em deriva vertical ou horizontal, expressa em porcentagem do volume total de calda aplicado, utilizando as seguintes equações:

$$\text{Deriva vertical (\% do total pulverizado)} = (k_v \times d)/v$$

$$\text{Deriva horizontal (\% do total pulverizado)} = (k_h \times d)/v, \text{ onde}$$

d = volume de calda depositado no coletor (μl)

v = vazão do bico (L/min);

k_v = constante para estimativa do depósito vertical em toda extensão de 0,1 m;

k_h = constante para estimativa do depósito horizontal em toda extensão de 1,0 m;

As constantes foram calculadas para estimar a deriva depositada durante 1 min de pulverização a partir do volume de calda detectado em 1,98 mm de diâmetro de cada fio, incluído o fator 10^6 para converter μL em L e o fator 100 para transformação dos resultados em porcentagem. Sendo assim, os valores obtidos foram:

$$k_h = [(1.000 \text{ mm} / 1,98 \text{ mm}) \times (60\text{s} / 10\text{s})] / 10^6 \Rightarrow k_h = 0,03030 \times 100$$

$$\therefore k_h = 0,3030$$

$$k_v = [(100 \text{ mm} / 1,98 \text{ mm}) \times (60\text{s} / 10\text{s})] / 10^6 \Rightarrow k_v = 0,00303 \times 100$$

$$\therefore k_v = 0,03030.$$

Os depósitos referentes à cada posição de coleta foram avaliados individualmente.

Para avaliar o efeito dos adjuvantes utilizados com cada ponta de pulverização, a partir de um único valor de deriva horizontal ou vertical, foram somadas as médias de porcentagens referentes à todas distâncias ou alturas, para cada etapa dos ensaios.

Objetivando analisar a distribuição dos depósitos quanto à posição dos coletores horizontais e verticais em ensaios de túnel de vento, os valores médios de deriva

obtidos em todas as aplicações e tratamentos foram somados para cada uma das distâncias ou alturas de coleta. A partir desses valores, foram calculadas as porcentagens de depósito em cada ponto de amostragem, em relação à soma total das porcentagens de depósito horizontal ou vertical. Os cálculos foram realizados separadamente para a primeira e segunda etapa.

5.5 Avaliações de tamanho de gota

As medições de tamanho de gota foram realizadas com um equipamento “Spraytec” (Malvern Instruments), apresentado na Figura 7. Segundo Parkin (1993) e Cunha et al. (2004), este tipo de analisador baseia-se na medição da luz – feixe de raio laser – dispersa durante a passagem das gotas pela região de amostragem do aparelho. O equipamento dispõe de unidade óptica que detecta o padrão de difusão da luz ao passar por um conjunto de partículas. O desvio que o feixe de laser sofre depende do tamanho da partícula. Quanto menor a partícula, maior o grau de difusão que o raio de luz sofre. O equipamento é conectado a um computador para armazenamento e análise dessas variações.

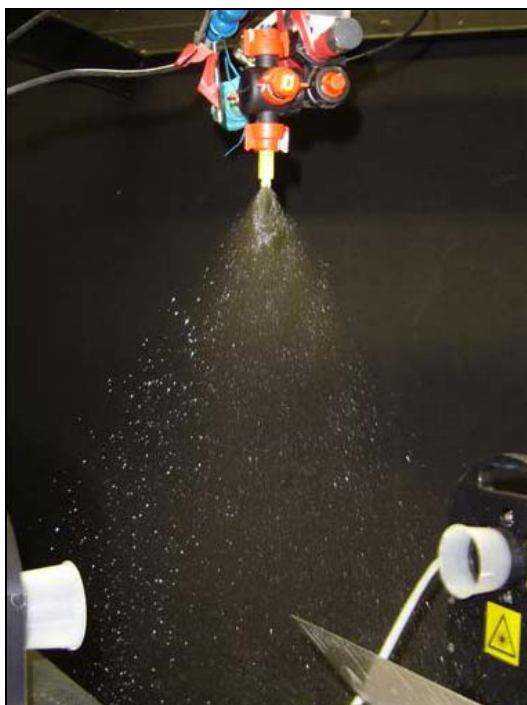


Figura 7. Analisador de gotas “Spraytec” (Malvern Instruments).

O feixe de laser foi posicionado 350 mm abaixo do bico de pulverização, para varrer em duas dimensões através do plano horizontal. Cada bico foi montado em um transportador x-y, com deslocamento de 40 mm.s^{-1} controlado pelo computador, permitindo que todo o jato pulverizado passasse transversalmente através do feixe luminoso.

Os resultados foram obtidos em diâmetro mediano volumétrico (DMV), expresso em μm , e em porcentagem do volume pulverizado com gotas menores que $100 \mu\text{m}$ (% vol < $100 \mu\text{m}$). Os ensaios com e sem a presença dos herbicidas nas soluções de pulverização foram realizados com três e duas repetições, respectivamente.

5.6 Avaliação da tensão superficial dinâmica

A tensão superficial dinâmica das caldas foi avaliada utilizando um tensiômetro de bolha (Krüss Bubble Tensiometer BP2), apresentado na Figura 8. O equipamento possui um sistema de ar comprimido, o qual permite a formação de bolhas na solução de amostra. O sensor do tensiômetro é conectado a um computador para armazenamento e análise dos dados por meio de software específico.

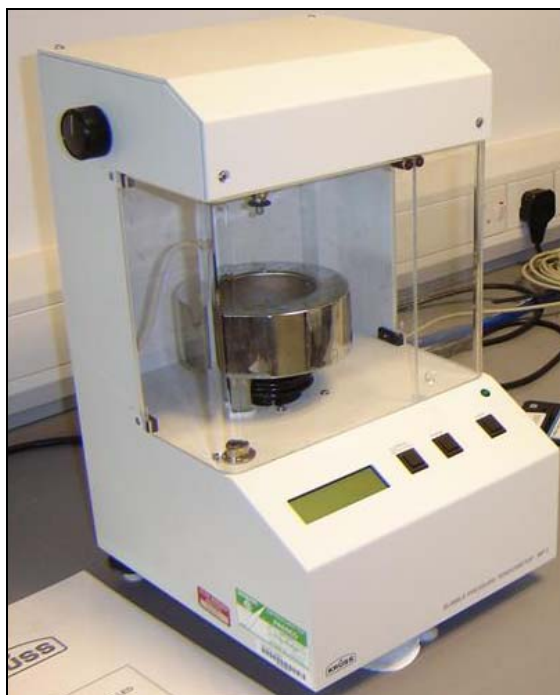


Figura 8. Tensiômetro (Krüss BP2) utilizado para avaliação de tensão superficial dinâmica.

Cada repetição foi avaliada por meio de uma amostra contendo 100 ml de calda. A medição iniciava-se automaticamente a partir dos 5 mS (milisegundos) de funcionamento do tensiômetro e cessava aos 1.000 mS. Foram realizadas duas repetições para cada tratamento. Os dados obtidos foram expressos em mN.m^{-1} .

5.7 Análise estatística

Os dados resultantes das avaliações de deriva, tamanho de gota e tensão superficial dinâmica foram comparados utilizando-se as médias e os respectivos intervalos de confiança. Para calcular o intervalo de confiança, foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{IC} = (t \times \text{desvpad}) / \text{raiz nr, onde}$$

IC = intervalo de confiança;

t = valor de t tabelado, ao nível de 10 % de probabilidade;

desvpad = desvio padrão;

raiz nr = raiz quadrada do número de repetições.

Os valores absolutos de intervalo de confiança foram somados e subtraídos às respectivas médias, permitindo a comparação entre os adjuvantes (caldas) e tipos de pontas de pulverização testados. Nas avaliações em que se utilizaram os herbicidas, não foram comparadas a pontas de pulverização em relação às aplicações com água, pois este procedimento já havia sido realizado para os testes com os adjuvantes adicionados em água.

6. RESULTADOS

6.1 Avaliação de deriva

6.1.1 Deriva vertical resultante das aplicações com adjuvantes adicionados em água, para cada ponta de pulverização

Os resultados médios dos depósitos detectados em túnel de vento nos coletores verticais e os respectivos intervalos de confiança, em função da adição dos adjuvantes em água, estão apresentados nas Figuras 9 a 14, para as respectivas pontas de pulverização.

Quando a aplicação foi realizada com a ponta XR 11002 (3 bar), o adjuvante Ethokem resultou nas maiores porcentagens de deriva a 0,1, 0,2 e 0,4 m, com valores maiores do que obtido somente com água, assim como Minax a 0,1 e 0,2 m de altura. Nestas mesmas alturas, as adições de Rigger e Silwet L-77 promoveram reduções na deriva, resultando nos menores valores, seguidos pelas porcentagens obtidas com Actipron (Figura 9).

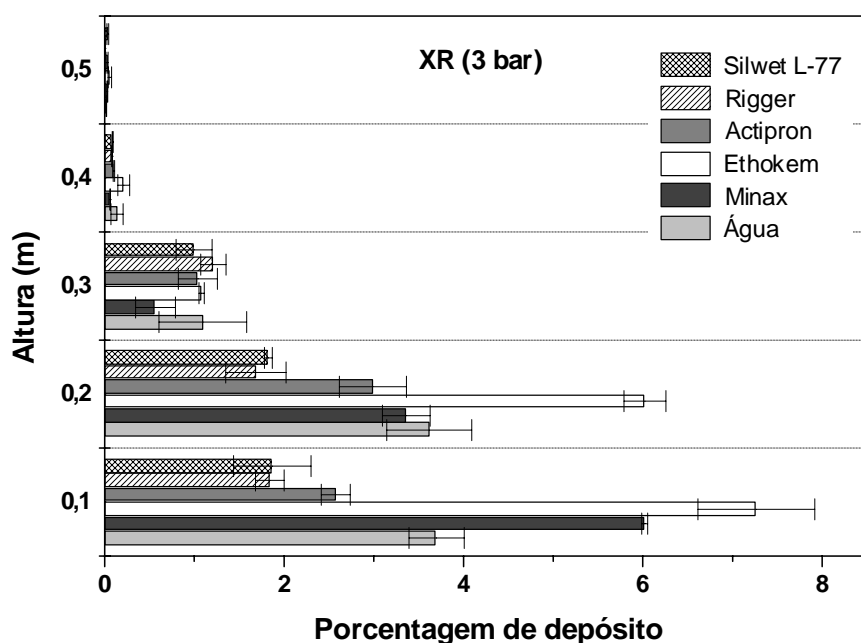


Figura 9. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva vertical (%) produzida pela ponta XR 11002 (3 bar).

Para a ponta XR a 1,5 bar de pressão (Figura 10), o adjuvante Ethokem aumentou a deriva desde 0,1 a 0,4 m, não diferindo do Minax a 0,2 e 0,3 m. Nas alturas de 0,1 até 0,4 m a adição dos produtos Actipron, Rigger e Silwet L-77 reduziram a deriva, exceto a 0,4 m, onde o Silwet L-77 apresentou porcentagem semelhante àquela obtida somente com água. A 0,3 m a maior redução observada foi devida ao uso de Rigger, assim como, a 0,1 m onde foi similar ao Silwet L-77.

Na Figura 11, é possível verificar que para a ponta DG e para as alturas de 0,1 a 0,3 m, o adjuvante Ethokem aumentou a deriva e Actipron e Rigger a reduziram, sendo as menores porcentagens devido à utilização do óleo vegetal. Silwet L-77, com um menor efeito, também reduziu o depósito a 0,3 m. Para a altura de 0,4 m Rigger também diminuiu a deriva, sendo o efeito contrário observado para Ethokem a 0,5 m.

Considerando a ponta TT (Figura 12), os efeitos foram mais similares em relação aos adjuvantes testados, sendo que o Silwet L-77 promoveu diminuição da deriva em relação à água na altura de 0,1 m. O aumento da porcentagem de depósito também foi observado para o Ethokem a 0,3 m.

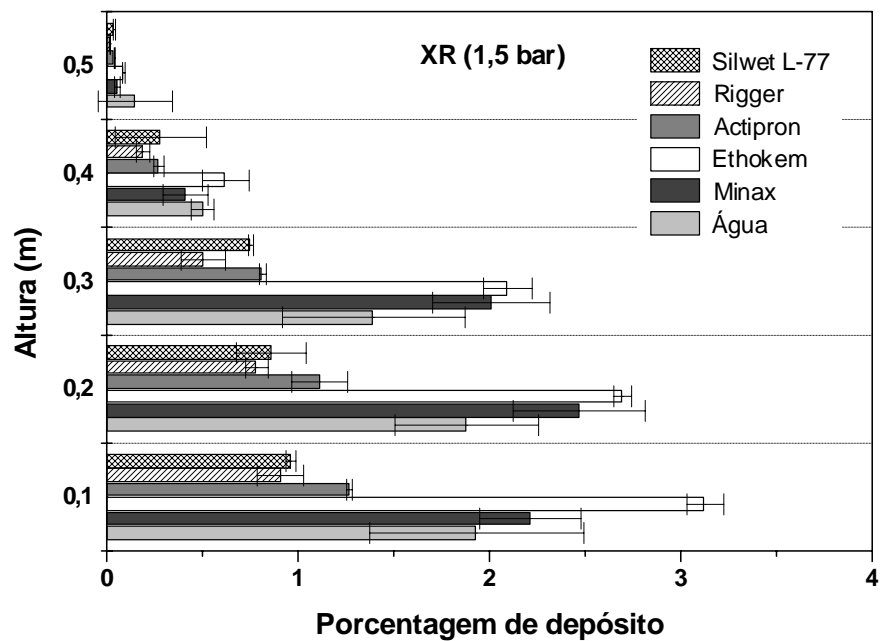


Figura 10. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva vertical (%) produzida pela ponta XR 11002 (1,5 bar).

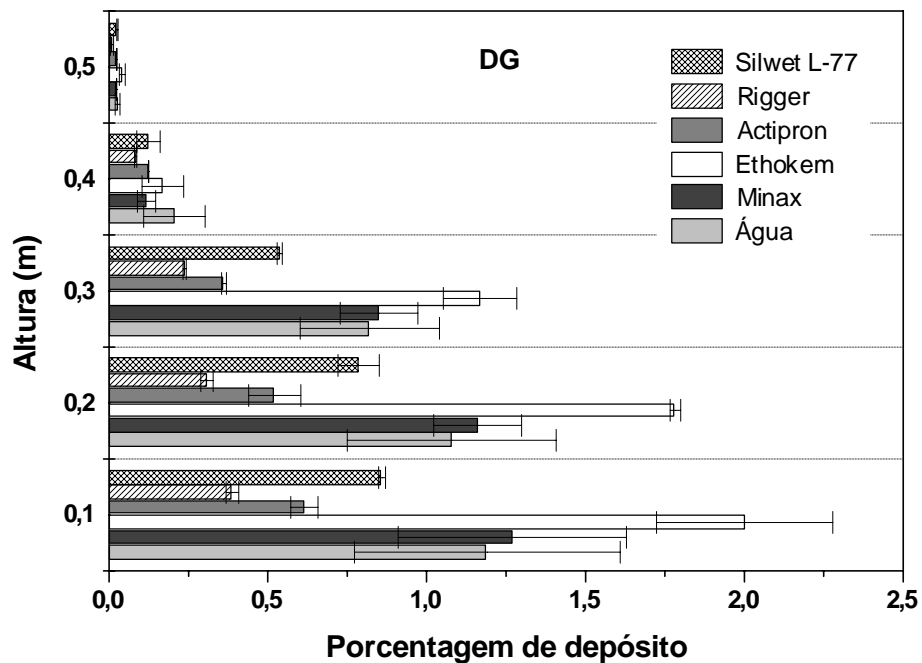


Figura 11. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva vertical (%) produzida pela ponta DG 11002 (3 bar).

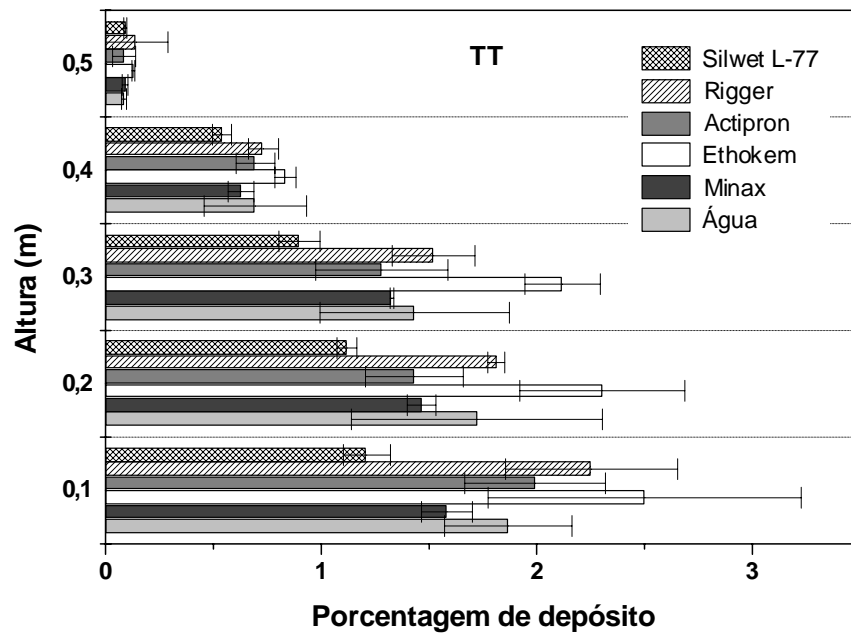


Figura 12. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva vertical (%) produzida pela ponta TT 11002 (3 bar).

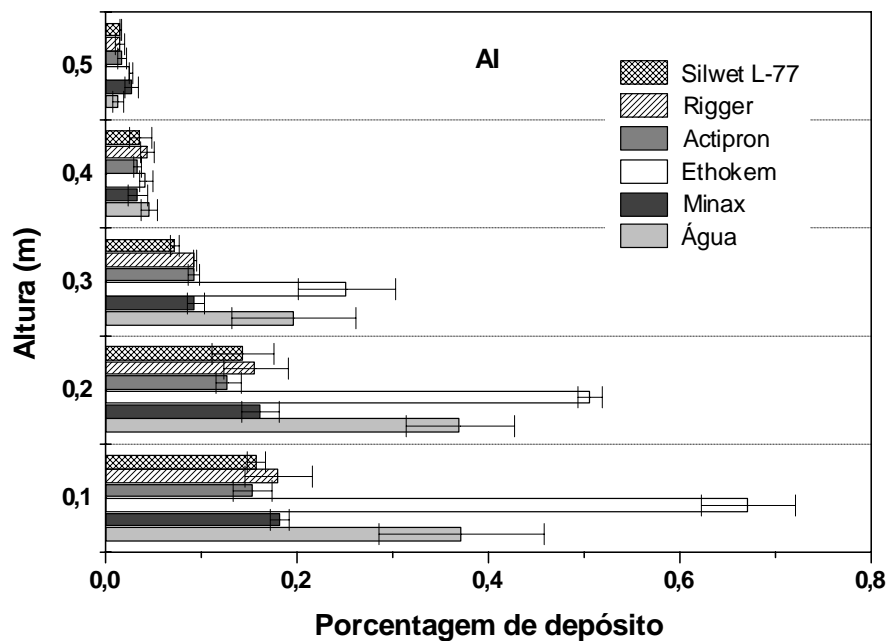


Figura 13. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva vertical (%) produzida pela ponta AI 11002 (3 bar).

Para a ponta AI (Figura 13) o adjuvante Ethokem aumentou a deriva em relação à testemunha (água) nas alturas de 0,1, 0,2 e 0,5 m. De 0,1 a 0,3 m os demais adjuvantes promoveram reduções na deriva de maneira similar, sendo que a 0,3 m a menor porcentagem foi observada para Silwet L-77.

Quanto à ponta de pulverização TX (Figura 14), a deriva foi maior em relação à aplicação com água para Ethokem e Minax a 0,1 m e Silwet L-77 e Actipron a 0,2, 0,3 e 0,4 m. Apesar do adjuvante Rigger ter causado redução dos depósitos à 0,1 e 0,2 m, este produto resultou no efeito inverso a 0,3 e 0,4 m, com porcentagens menores do que Actipron e Silwet L-77 nestas alturas.

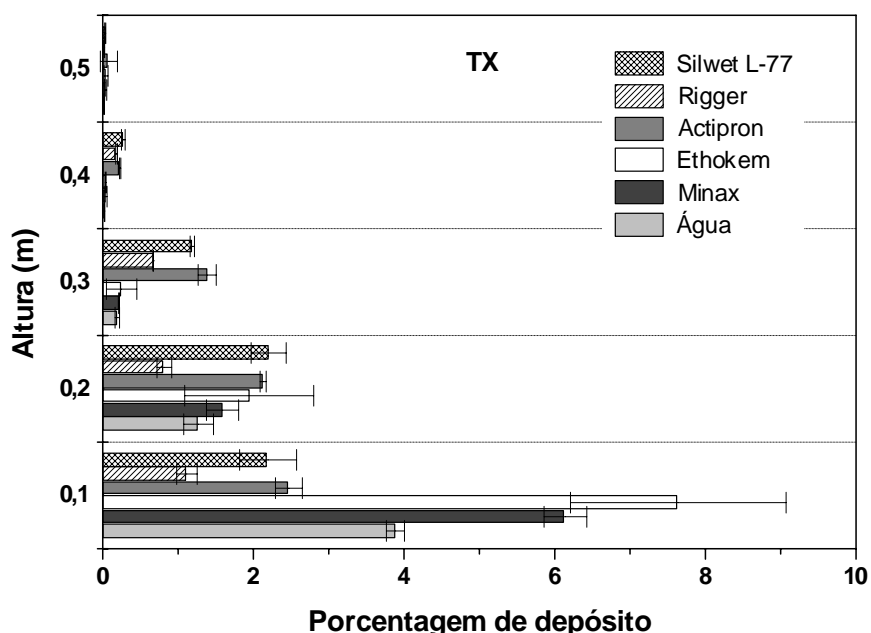


Figura 14. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva vertical (%) produzida pela ponta TXVS-10 (4 bar).

6.1.2 Deriva horizontal resultante das aplicações com adjuvantes adicionados em água, para cada ponta de pulverização

Nas Figuras 15 a 20 estão apresentados os resultados médios dos depósitos horizontais e os respectivos intervalos de confiança, em função da adição dos adjuvantes em água, para cada ponta de pulverização avaliada.

A ponta XR a 3 bar apresentou redução na deriva nas posições de amostragem de 2, 3, 5, 6 e 7 m (Figura 15), quando foi adicionado Rigger e Silwet L-77, sendo que a 3 m o valor observado para Rigger foi similar ao da água. A 2 m uma menor diminuição também foi devida ao uso de Actipron. Ethokem resultou no maior aumento de depósito a 2 e 7 m, seguido pela porcentagem observada para Minax na menor distância.

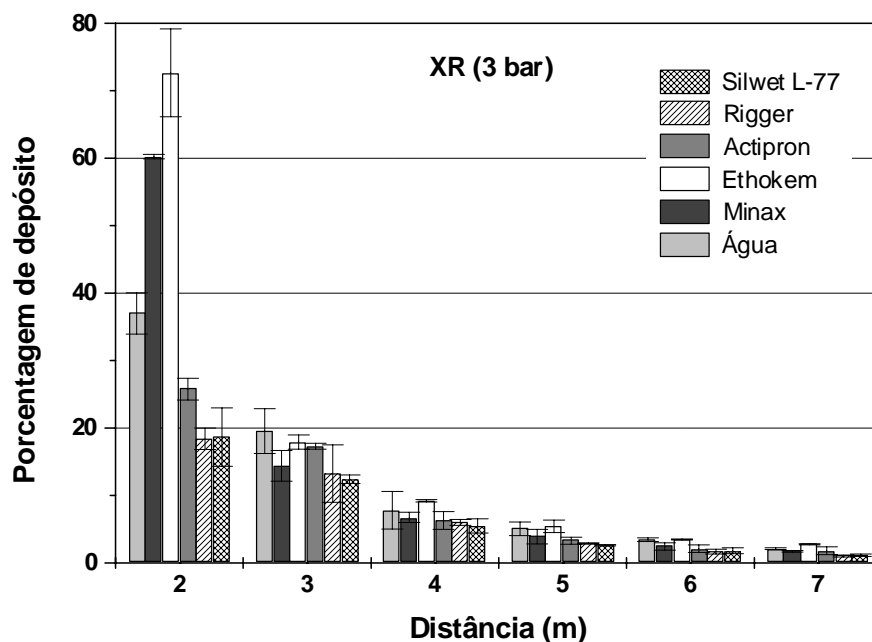


Figura 15. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva horizontal (%) produzida pela ponta XR 11002 (3 bar).

Considerando a ponta XR na pressão de 1,5 bar (Figura 16), os maiores aumentos de deriva foram causados pelo uso de Ethokem em todas os pontos de coleta, sendo similar ao Minax a 3, 4, 5 e 7 m. Rigger, Silwet L-77 e Actipron reduziram os depósitos em todas as distâncias, sendo as menores porcentagens observadas para os dois primeiros.

Ethokem também aumentou a deriva para a ponta DG desde 2 a 4 m. Rigger apresentou as maiores diminuições em todas as distâncias, sendo seguido sempre pelos valores obtidos com Actipron, exceto na posição de 3 m, onde Rigger foi similar à água. Silwet L-77 também reduziu a deriva a 4 e 7 m (Figura 17).

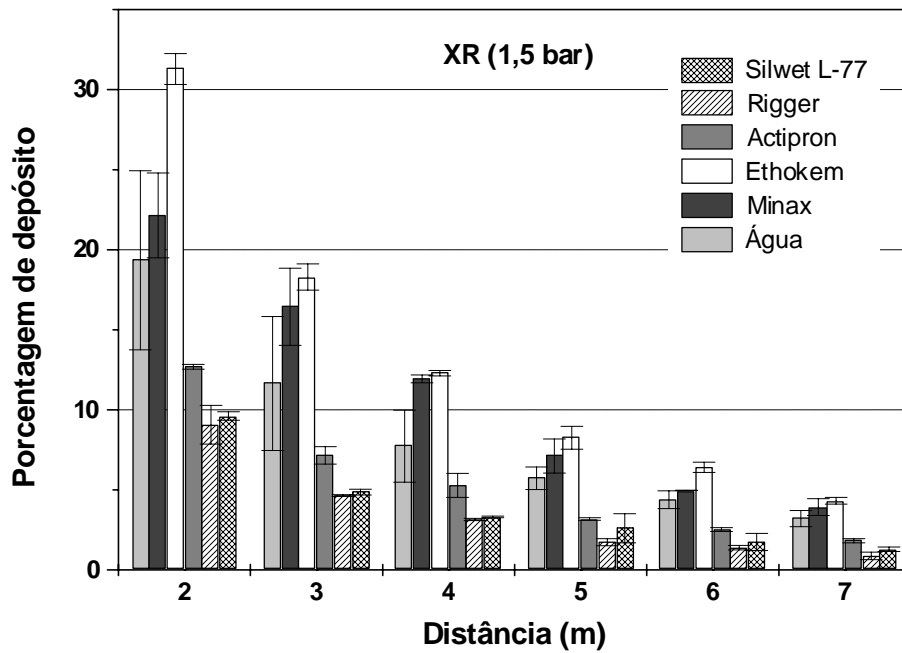


Figura 16. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva horizontal (%) produzida pela ponta XR 11002 (1,5 bar).

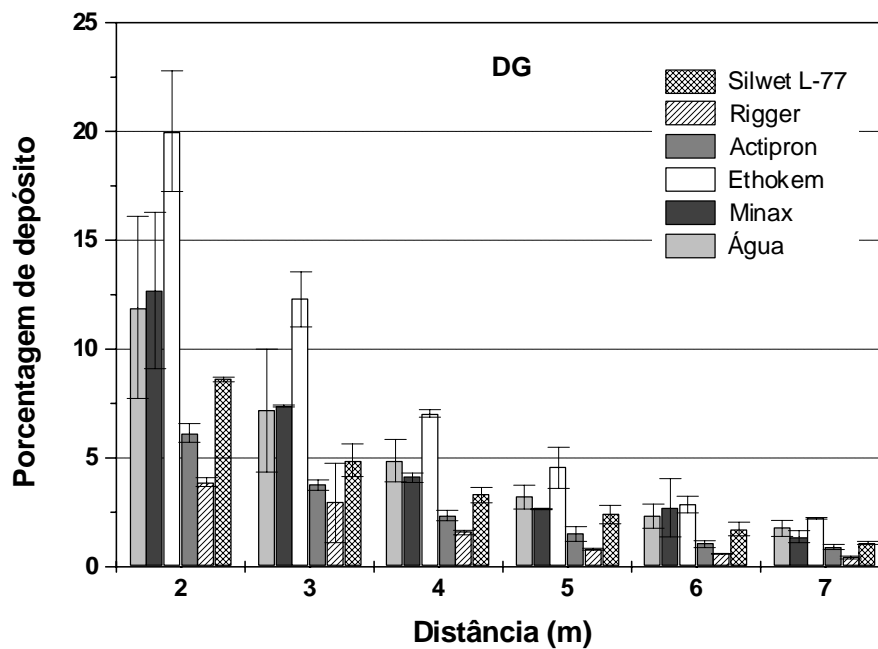


Figura 17. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva horizontal (%) produzida pela ponta DG 11002 (3 bar).

Para a ponta TT, cujos resultados estão apresentados na Figura 18, é possível observar que a 4 e 5 m Ethokem resultou no aumento de depósito de deriva, e as únicas reduções ocorreram devido à adição de Silwet L-77 a 2 m e Minax a 5 m.

Em relação à ponta AI (Figura 19), nas distâncias de 2, 3 e 7 m, a adição de Ethokem aumentou a deriva. Os demais adjuvantes diminuíram a porcentagem de depósito de deriva desde 2 até 5 m, entretanto a 4 m, Minax foi similar ao valor encontrado para água. Rigger também reduziu a deriva a 6 e 7 m, assim como ocorrido para Actipron, na maior distância.

Para as aplicações com a ponta TX (Figura 20), Ethokem incrementou a deriva a 2, 3, 4 e 7 m, assim como Minax a 2 m, Silwet L-77 e Actipron a 4 e 5 m, sendo que este último também resultou neste efeito a 7 m. As reduções foram observadas devido à adição de Rigger, nas distâncias a 2, 3, e 4 m, sendo que nas duas mais próximas ao bico, Actipron e Silwet L-77 também diminuíram a porcentagem de depósito, entretanto, em menor grau.

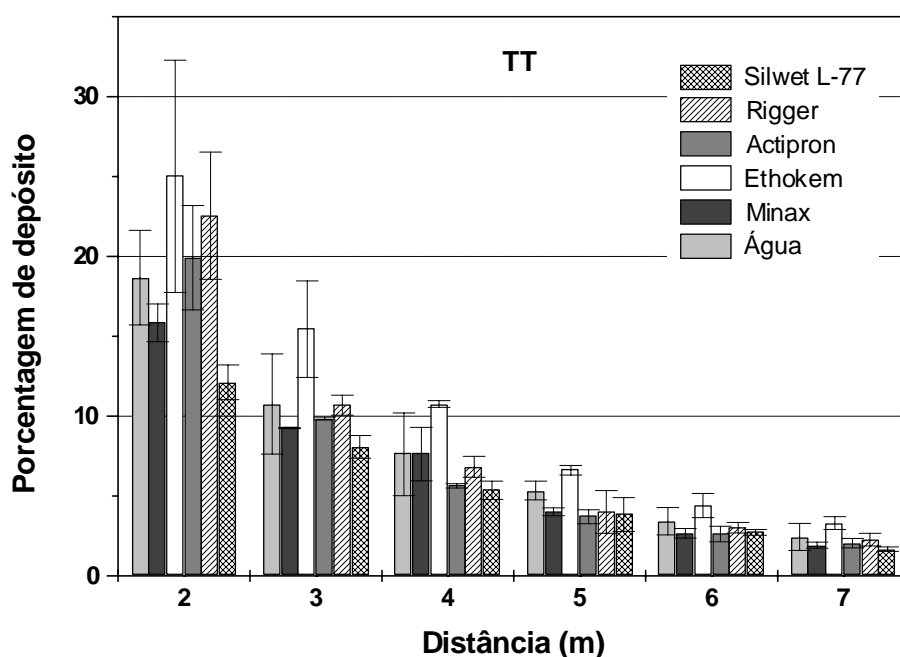


Figura 18. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva horizontal (%) produzida pela ponta TT 11002 (3 bar).

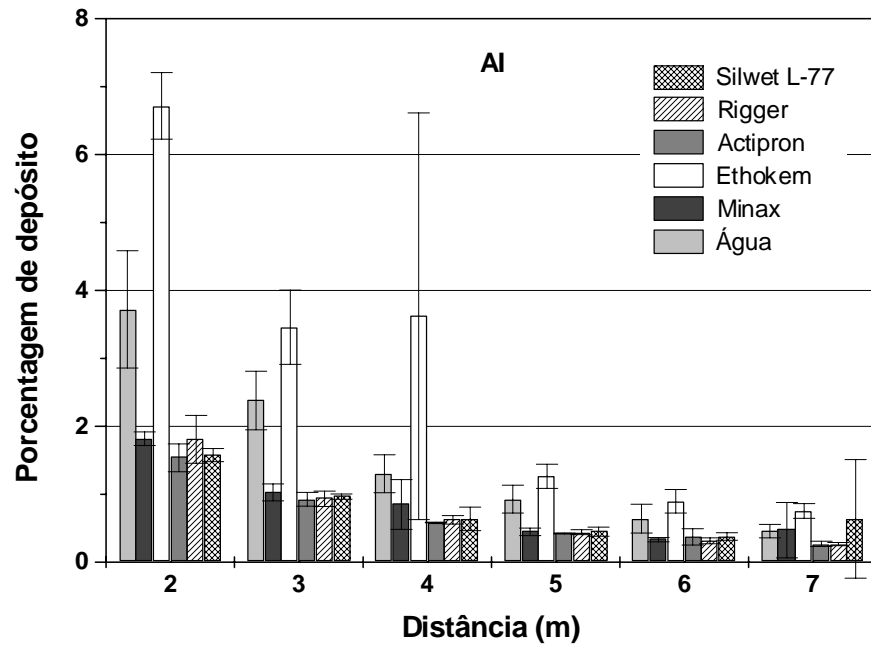


Figura 19. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva horizontal (%) produzida pela ponta AI 11002 (3 bar).

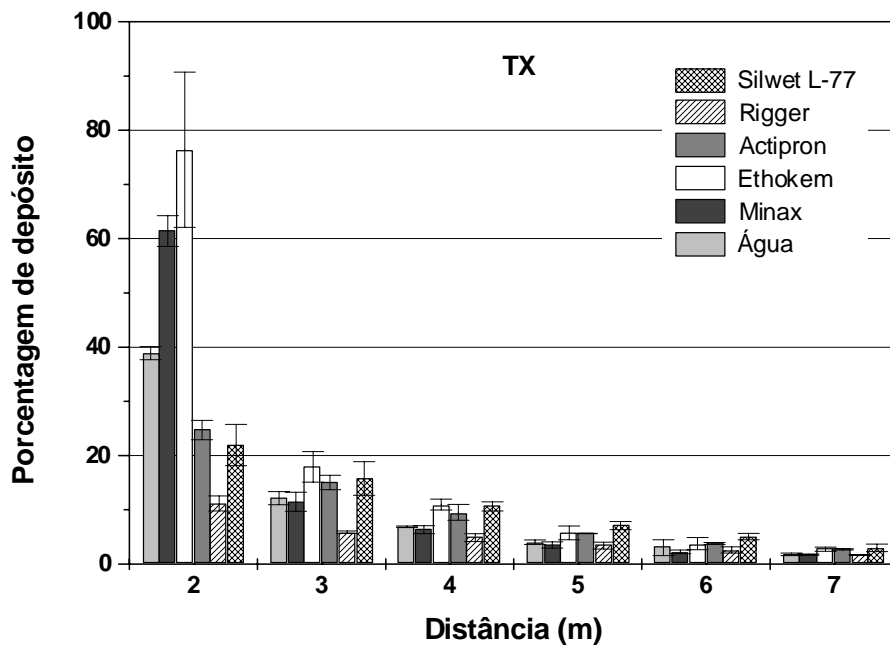


Figura 20. Efeito da adição dos adjuvantes em água na deriva horizontal (%) produzida pela ponta TXVS-10 (4 bar).

6.1.3 Deriva vertical resultante da utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada sem a presença dos herbicidas

As médias dos depósitos coletados verticalmente, em função dos diferentes tipos de pontas de pulverização, para cada solução aplicada, estão apresentados nas Figuras 21 a 26, nas quais estão incluídos os respectivos intervalos de confiança.

Na Figura 21, é possível constatar que nas aplicações em que se utilizou somente água, a ponta AI apresentou as menores porcentagens de deriva entre 0,1 e 0,4 m, sendo que a 0,3 e 0,4 m foi semelhante à TX. As maiores porcentagens foram observadas para XR (3 bar) a 0,1 e 0,2 m, sendo similar ao TX no ponto mais baixo de coleta. Nas alturas de 0,4 e 0,5 m as pontas TT e XR a 1,5 bar resultaram nos maiores depósitos, sendo que a ponta XR (1,5 bar) não diferiu das demais na maior altura (0,5 m).

Para as aplicações com Minax (Figura 22), pode se observar um padrão de resultados muito semelhante ao obtido com água, principalmente quanto aos valores extremos. A 0,3 m as pontas XR a 1,5 bar e TT se destacaram devido às maiores porcentagens obtidas, da mesma maneira que a 0,4 e 0,5 m.

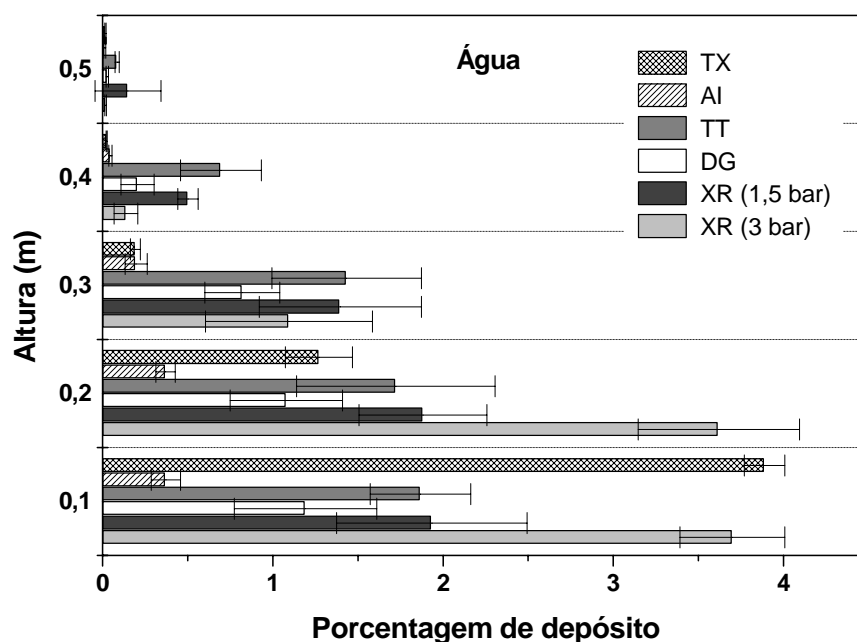


Figura 21. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações sem a adição dos adjuvantes em água.

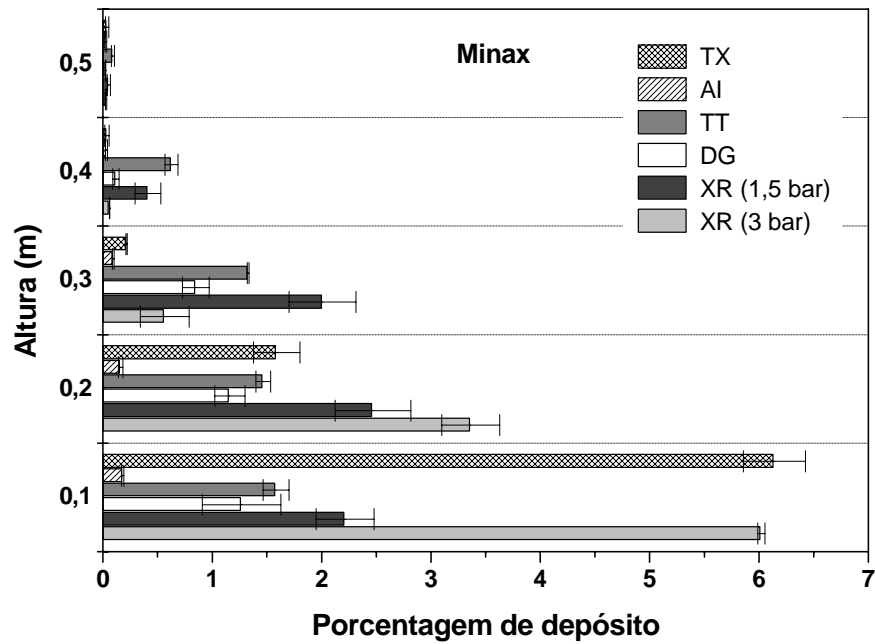


Figura 22. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações com a adição de Minax em água.

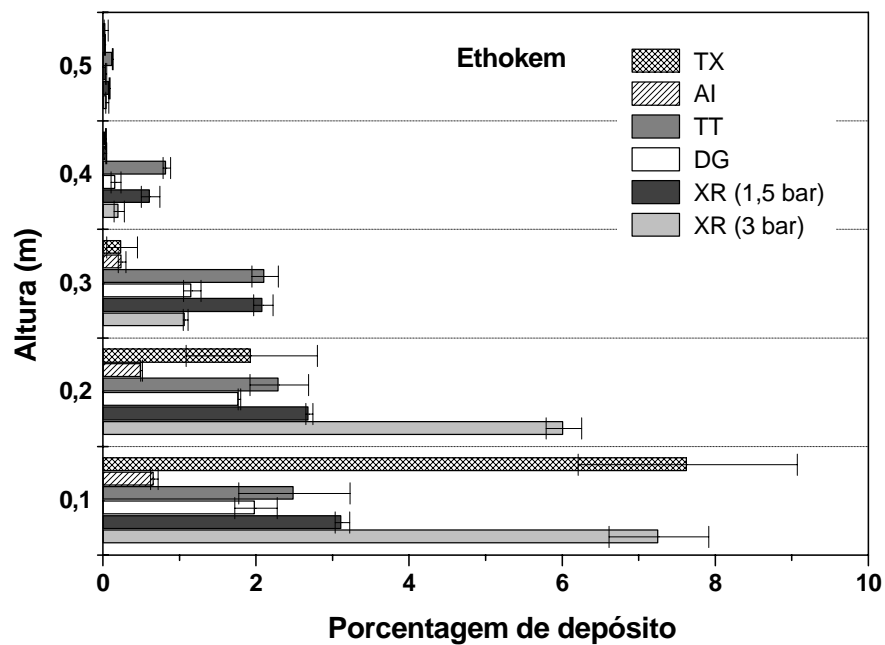


Figura 23. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações com a adição de Ethokem em água.

Em relação aos resultados com Ethokem, apresentados na Figura 23, os resultados foram similares aos obtidos para o Minax e principalmente para a água.

Para Actipron (Figura 24), as maiores derivas foram indicadas pelos alvos posicionados entre 0,1 e 0,3 m, devido às aplicações com as pontas XR a 3 bar, TT e TX, não sendo possível detectar diferenças significativas entre os tratamentos correspondentes ao XR na altura de 0,3 m. A 0,4 m a ponta TT, seguida por XR a 1,5 bar e TX se destacaram com os maiores valores detectados. Entre 0,1 a 0,4 m, os menores valores foram obtidos com a ponta AI, seguidos pelas porcentagens referentes ao modelo DG, sendo que a 0,4 m este último não diferiu do XR a 3 bar.

Na Figura 25, pode se observar para as aplicações com Rigger que a ponta TT resultou nas maiores porcentagens de depósito em todas as alturas avaliadas, assim como ocorreu para a XR a 3 bar, desde 0,1 a 0,3 m. O modelo AI promoveu os menores valores de deriva entre 0,1 e 0,4 m, seguido pelo modelo DG nessas posições, que não diferiu do XR (3 bar) a 0,4 m.

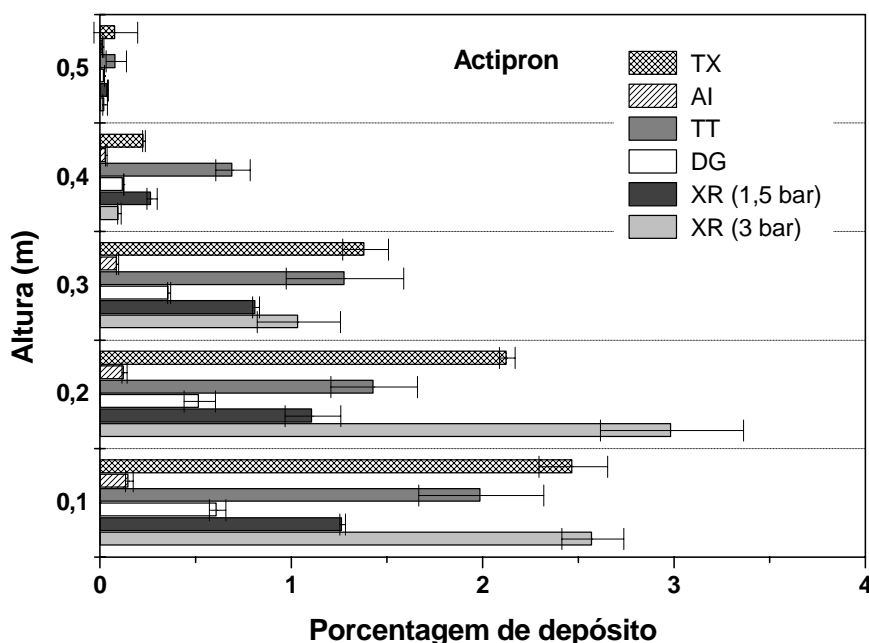


Figura 24. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações com a adição de Actipron em água.

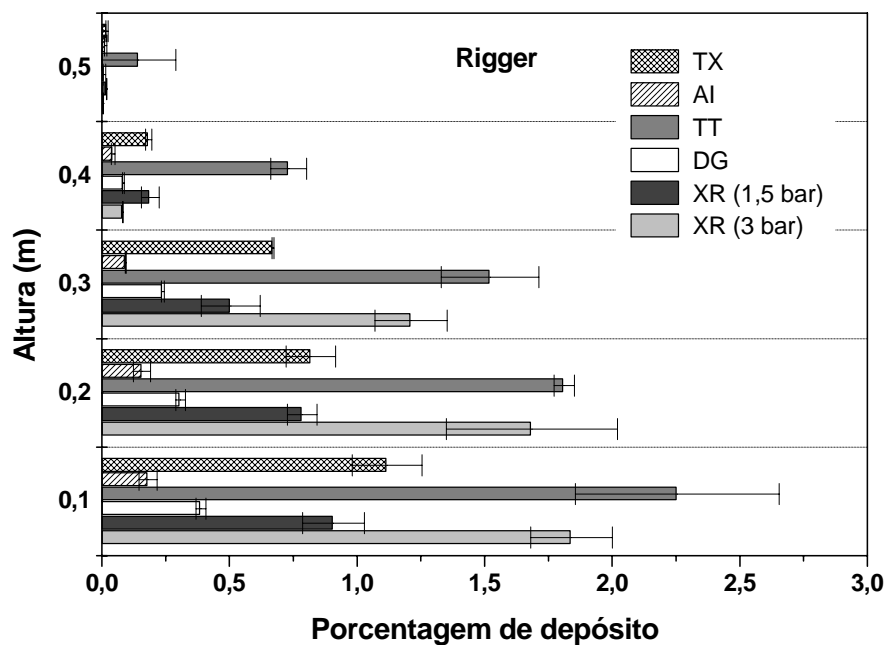


Figura 25. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações com a adição de Rigger em água.

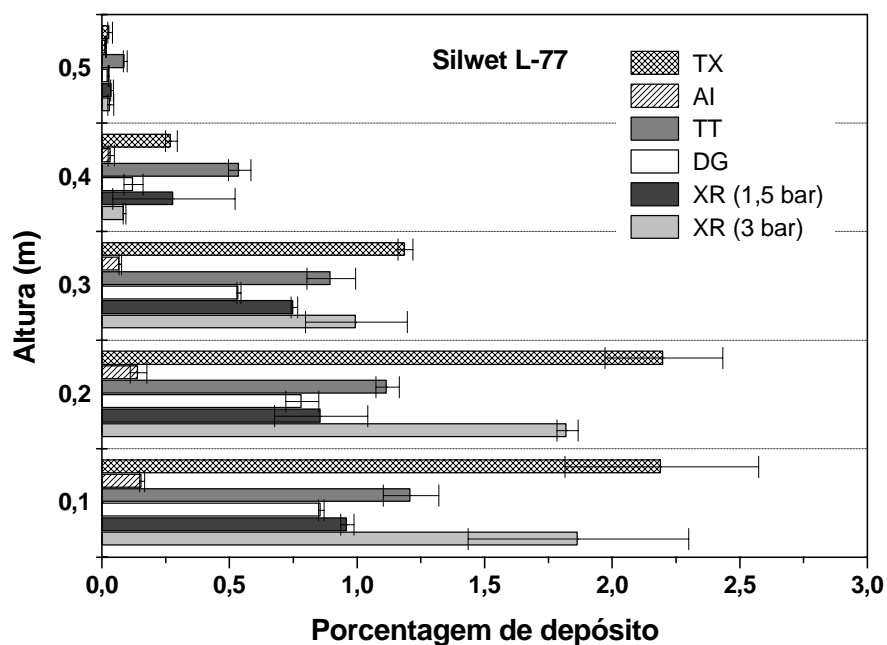


Figura 26. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações com a adição de Silwet L-77 em água.

Considerando as aplicações com Silwet L-77 (Figura 26), as pontas TX e XR (3 bar) implicaram nas maiores quantidades de deriva detectadas entre 0,1 a 0,3 m, sendo que o XR foi similar ao modelo TT a 0,3 m. Nas alturas de 0,4 e 0,5 m, as maiores porcentagens de depósito foram promovidas pela ponta TT, a qual foi similar ao XR (1,5 bar) a 0,4 m. A ponta AI novamente resultou na menor deriva observada, desde 0,1 a 0,4 m, enquanto que o modelo DG proporcionou porcentagens menores que as demais pontas a 0,1 e 0,3 m.

6.1.4 Deriva horizontal resultante da utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada sem a presença dos herbicidas

Nas Figuras 27 a 32 estão apresentados os resultados médios dos depósitos horizontais e os respectivos intervalos de confiança, em função dos tipos de pontas de pulverização, para cada solução adjuvante aplicada. Foi possível observar que a ponta AI promoveu a menor deriva detectada, em todas as distâncias avaliadas, independente da calda.

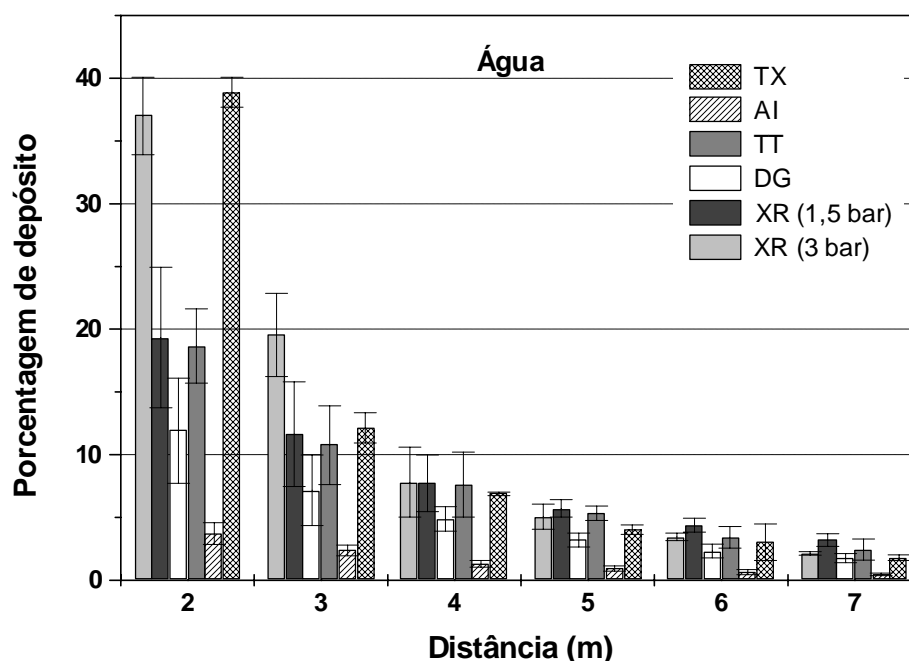


Figura 27. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações sem a adição dos adjuvantes em água.

Para as aplicações sem a adição de adjuvantes em água, verifica-se na Figura 27 que a 2 e a 3 m de distância, as maiores porcentagens foram detectadas para a ponta XR a 3 bar, assim como, para o modelo TX na menor distância.

Com relação ao Minax (Figura 28), XR a 3 bar e TX implicaram nos mais elevados valores de deriva a 2 m de distância. A partir de 3 e até 7 m, a maior porcentagem detectada foi observada com a ponta XR a 1,5 bar, sendo que a 3 m, o resultado foi similar ao obtido como o mesmo modelo na maior pressão. A ponta DG apresentou a segunda menor porcentagem de deriva nos alvos a 3, 4 e 5 m.

Em relação às aplicações com Ethokem, cujos resultados estão na Figura 29, novamente as pontas TX e XR a 3 bar implicaram em maior deriva a 2 m de distância. A partir de 4 e até 7 m a ponta XR a 1,5 bar passou a se destacar, apresentando as maiores porcentagens. Pode-se constatar que a ponta DG foi similar à AI a 4 m de distância.

Além dos maiores valores encontrados para as pontas XR a 3 bar e TX a 2 e 3 m, nas aplicações de Actipron (Figura 30), o modelo TT implicou na terceira maior porcentagem, não diferindo do TX a 2 m. A ponta TX também apresentou os maiores depósitos a 4, 5 e 6 m. Em todas as posições de coleta, as aplicações com a ponta DG resultaram nos menores valores de deriva, após os observados para a ponta AI.

Para as aplicações onde foi utilizado o adjuvante Rigger (Figura 31), verificou-se que a ponta TT resultou nos maiores depósitos em todas as distâncias, entretanto foi similar ao XR (3 bar) a 2, 3, 4 e 5 m, sendo que a partir de 5 m também foi semelhante à ponta TX. A ponta DG novamente implicou nos menores depósitos observados, após o modelo AI, cujos resultados somente não diferiram entre si a 3 m.

Com relação às aplicações com Silwet L-77 (Figura 32), a ponta TX resultou nos maiores valores de deriva em todas posições de coleta, sendo similar ao XR a 3 bar, nas distâncias de 2 e 3 m. Com exceção das pontas TX e AI, os demais modelos apresentaram porcentagens numericamente mais próximas, principalmente a partir de 4 m. Entretanto, para esta solução de aplicação, a ponta AI não apresentou diferenças significativas em relação às demais na distância de 7 m, cujo resultado foi inferior apenas ao proporcionado pela TX.

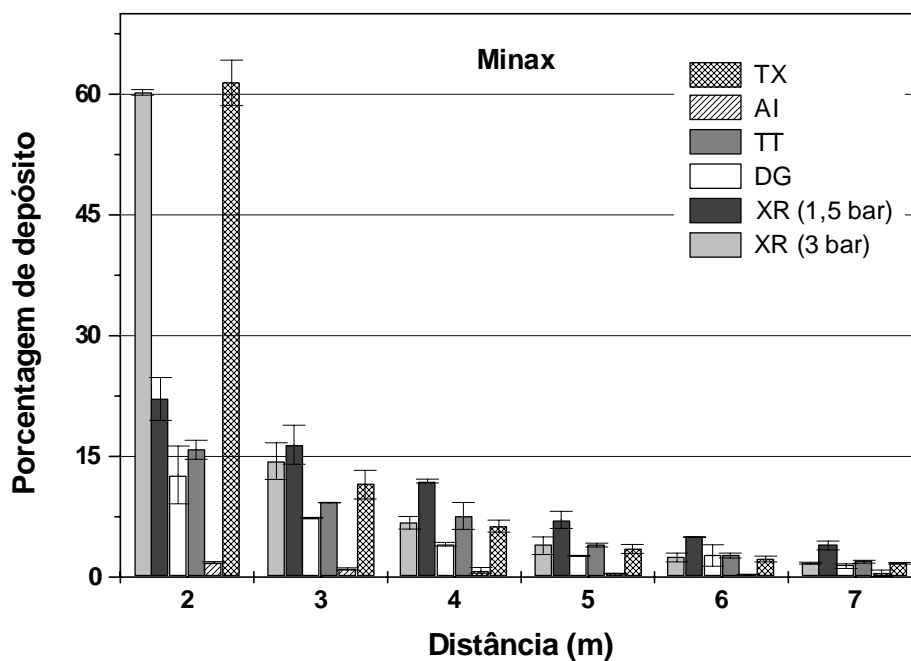


Figura 28. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações com a adição de Minax em água.

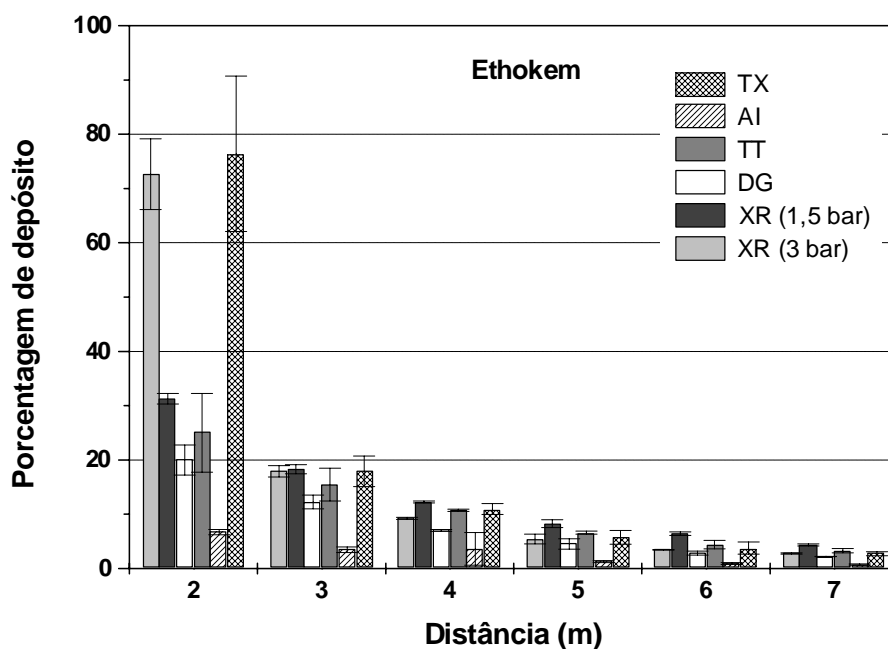


Figura 29. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações com a adição de Ethokem em água.

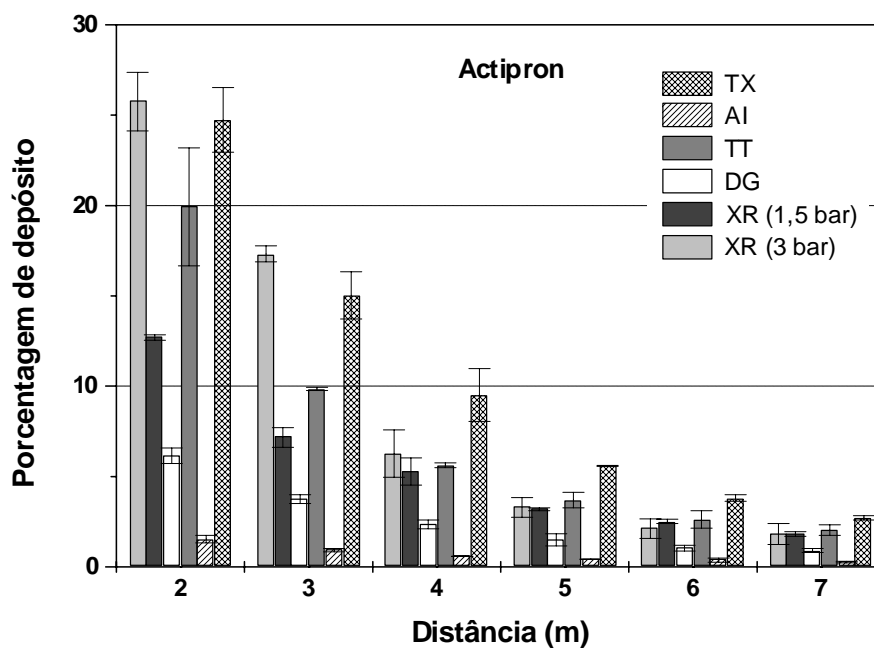


Figura 30. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações com a adição de Actipron em água.

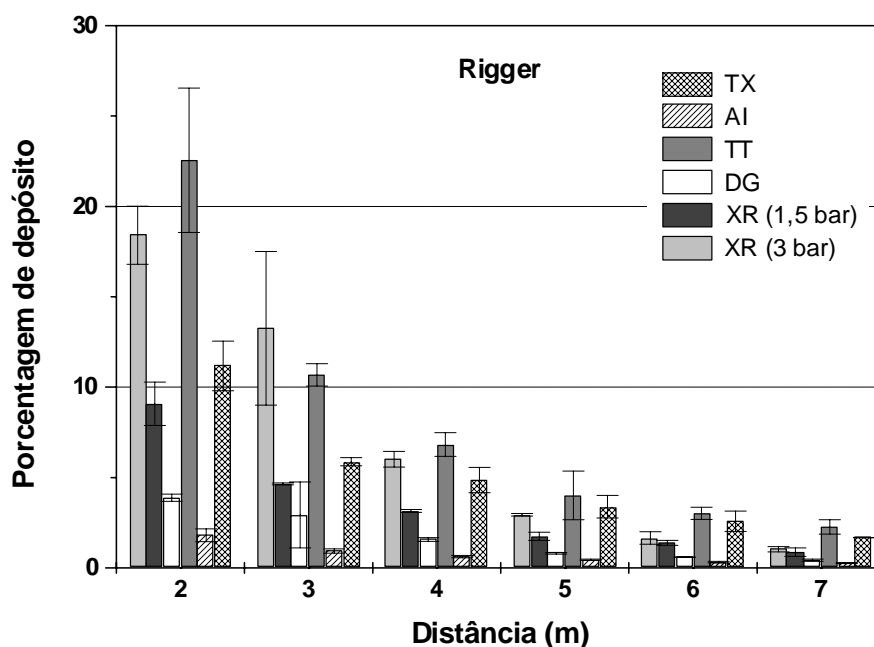


Figura 31. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações com a adição de Rigger em água.

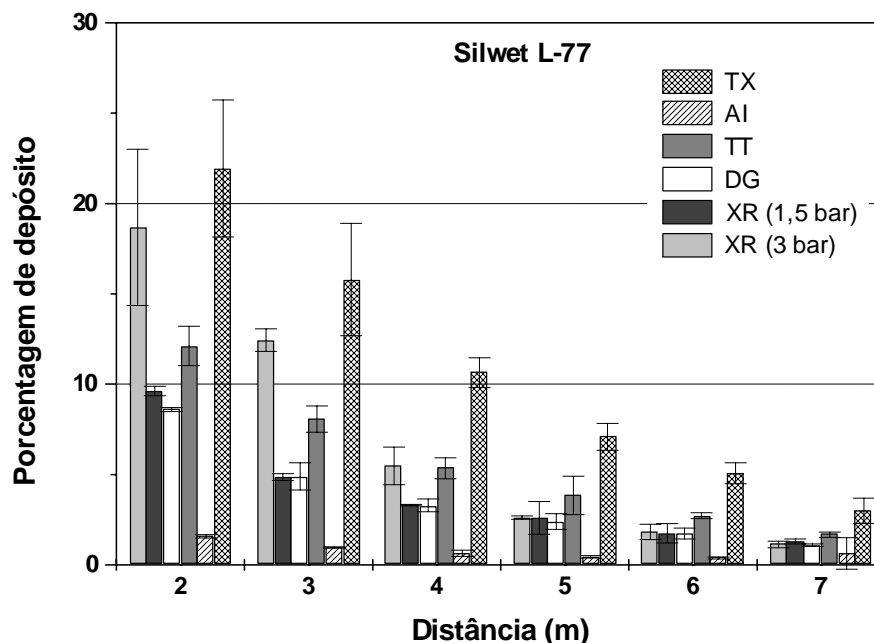


Figura 32. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações com a adição de Silwet L-77 em água.

6.1.5 Deriva vertical resultante das aplicações com adjuvantes adicionados à mistura dos herbicidas, para cada ponta de pulverização

As médias de porcentagem de depósito e os respectivos valores de intervalo de confiança, para a deriva detectada nos coletores verticais, em função da adição dos adjuvantes à mistura dos herbicidas, para cada ponta de pulverização, estão apresentados nas Figuras 33 a 38.

Nas aplicações realizadas com a ponta XR a 3 bar (Figura 33), é possível constatar que a 0,1 m todas as caldas com herbicidas, exceto a que continha Rigger, apresentaram maior deriva que a água. O mesmo ocorreu a 0,2 m, entretanto, a solução com Silwet L-77 também não diferiu da água. Nessas posições de coleta, a adição de Rigger resultou na redução da deriva da mistura de 2,4-D e glyphosate, enquanto que Actipron aumentou os depósitos nas duas alturas, assim como o Silwet L-77 a 0,1 m. Entretanto, a 0,3 e 0,4 m o Rigger passou a apresentar deriva significativamente maior que as aplicações com água e a mistura de herbicidas sem adjuvantes.

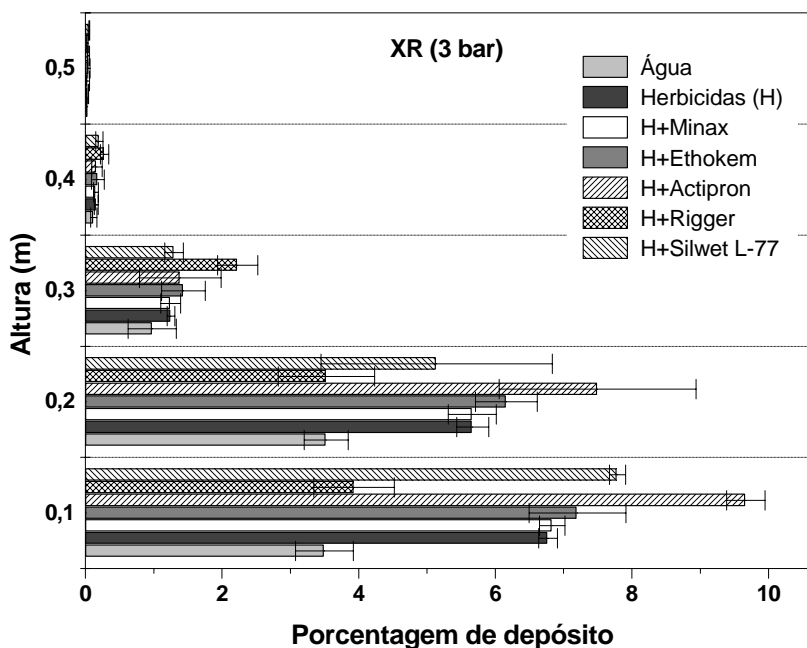


Figura 33. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva vertical (%) produzida pela ponta XR 11002 (3 bar).

Para a aplicação com a ponta XR a 1,5 bar (Figura 34), entre 0,1 e 0,3 m as caldas com herbicidas implicaram em maior deriva do que a aplicação com água, exceto novamente, para a solução com Rigger, que foi semelhante á água a 0,2 e 0,3 m. Este adjuvante resultou na redução da porcentagem de depósito para a aplicação dos herbicidas nessas três primeiras posições de coleta. A 0,4 m somente as soluções com adição de Silwet L-77 e Actipron tiveram maior deriva do que a água.

Em relação aos resultados com a ponta DG (Figura 35), a adição de Rigger diminuiu a deriva dos herbicidas entre 0,1 e 0,3 m, cujas porcentagens foram semelhantes às obtidas com água. Minax e Silwet L-77 aumentaram a deriva da mistura 2,4-D e glyphosate a 0,1 e 0,2 m, assim como Ethokem a 0,2 e 0,3 m. Na altura de 0,4 m, novamente Silwet L-77 teve este efeito.

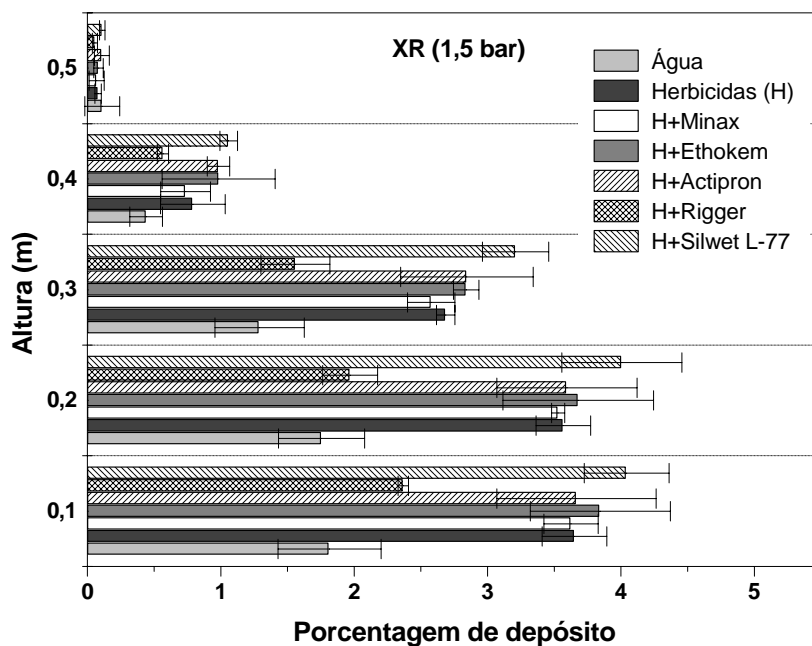


Figura 34. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva vertical (%) produzida pela ponta XR 11002 (1,5 bar).

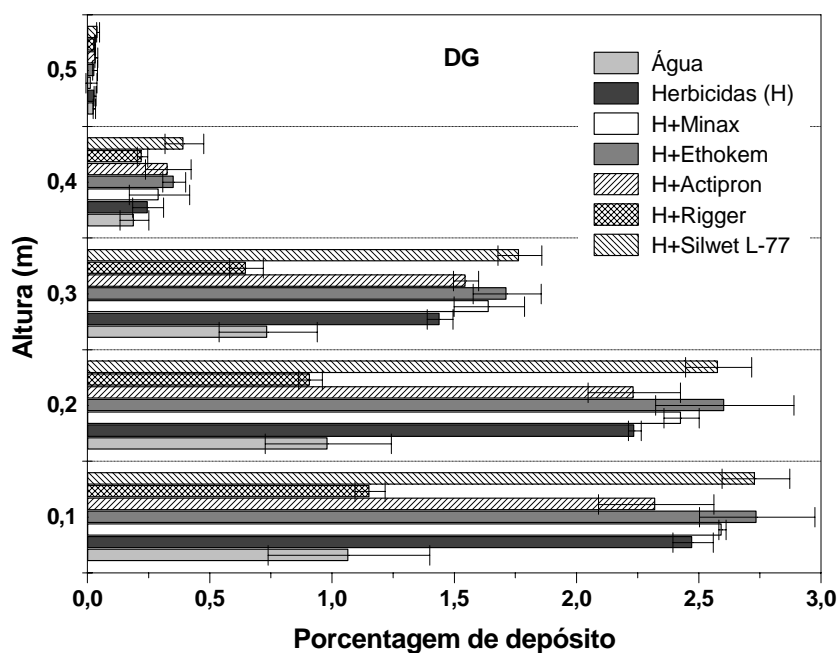


Figura 35. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva vertical (%) produzida pela ponta DG 11002 (3 bar).

Com relação a ponta TT (Figura 36), houve um menor efeito da adição dos adjuvantes na calda dos herbicidas, sendo que somente a 0,2 m o óleo vegetal Rigger apresentou redução significativa na deriva. Ethokem aumentou a deriva dos herbicidas a 0,1, 0,2 e 0,4 m. Com exceção dos valores detectados a 0,5 m, nas demais posições todas as caldas com herbicidas resultaram em maior deriva que a aplicação com água somente.

O adjuvante Rigger reduziu a deriva dos herbicidas nas aplicações com a ponta AI (Figura 37), de 0,1 até 0,4 m, cujas porcentagens obtidas foram semelhantes à água. A 0,1 m o óleo mineral Actipron também diminuiu os depósitos da mistura 2,4-D e glyphosate. O aumento na deriva dos herbicidas a 0,2 m somente foi verificado com a adição de Minax e Ethokem. As caldas com herbicidas, com exceção da que continha Rigger, resultaram em deriva maior do que a água nas quatro primeiras alturas, entretanto, as soluções com Minax e Actipron também não diferiram da água a 0,4 m.

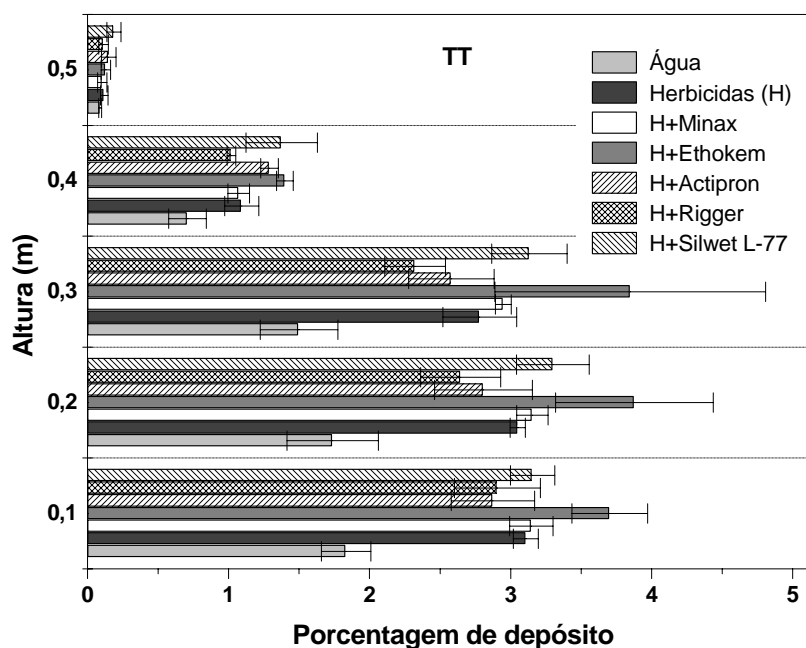


Figura 36. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva vertical (%) produzida pela ponta TT 11002 (3 bar).

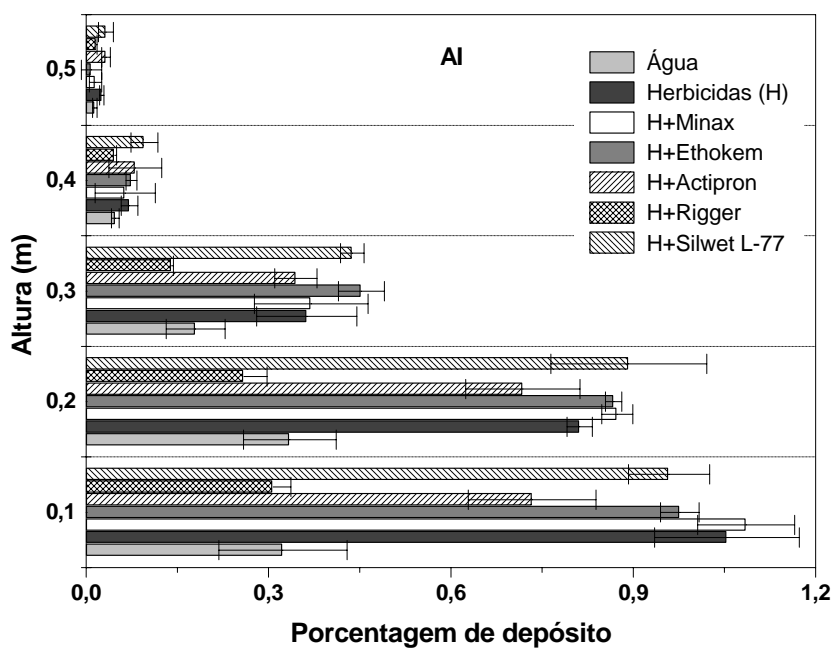


Figura 37. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva vertical (%) produzida pela ponta AI 11002 (3 bar).

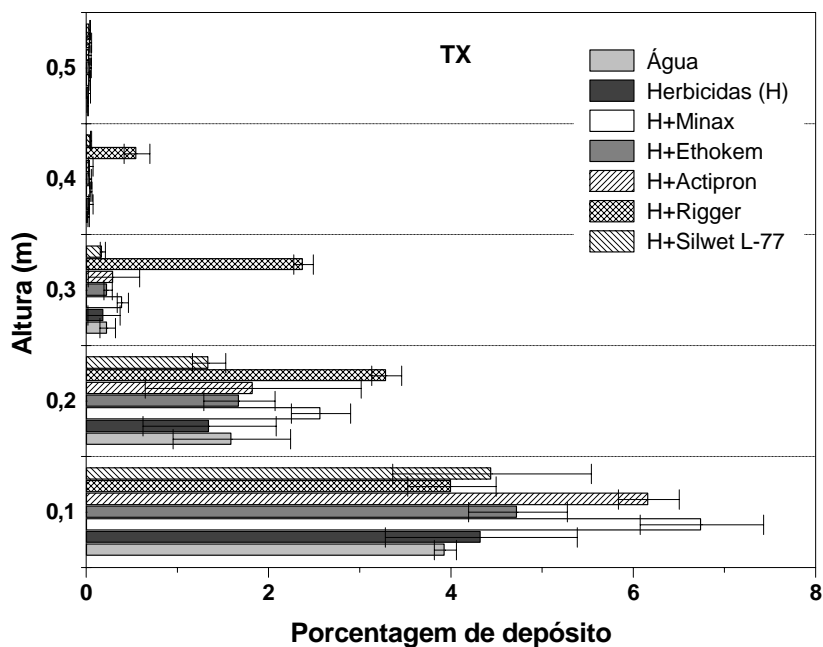


Figura 38. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva vertical (%) produzida pela ponta TXVS-10 (4 bar).

Para a ponta TX (Figura 38) foi possível observar que nenhum adjuvante reduziu a deriva dos herbicidas, ocorrendo incrementos nos valores observados a 0,1 m, devido à adição de Minax e Actipron, e a 0,2 m, como resultado do uso de Rigger e novamente Minax. A 0,3 e 0,4 m o adjuvante Rigger se destacou devido à maior deriva depositada, entre todas as caldas aplicadas. Para a ponta TX, houve menores diferenças entre as caldas com herbicidas e a água, sendo que a solução com 2,4-D e glyphosate sem adjuvantes não diferiu dos resultados obtidos com água em nenhuma posição de coleta, mas as adições de Minax, Ethokem, Actipron e Rigger tornaram as diferenças significativas em algumas alturas.

6.1.6 Deriva horizontal resultante das aplicações com adjuvantes adicionados à mistura dos herbicidas, para cada ponta de pulverização

Os resultados da deriva detectada nos coletores horizontais, em função da adição dos adjuvantes na mistura de 2,4-D e glyphosate estão apresentados nas Figuras 39 a 44, para cada ponta de pulverização. Os dados estão expressos em médias das porcentagens de depósito, acompanhados dos respectivos intervalos de confiança.

Na Figura 39, pode se observar que a 2 m de distância as adições de Actipron e Rigger aumentaram e reduziram a deriva dos herbicidas, respectivamente, nas aplicações com o XR a 3 bar. Principalmente de 2 até a posição de 5 m, a maioria das caldas contendo os herbicidas resultaram em maior deriva do que a aplicação com água.

Com relação ao XR com pressão de 1,5 bar (Figura 40), a adição de Rigger reduziu a deriva dos herbicidas em todas as distâncias avaliadas, sendo que a partir de 3 m esta solução foi similar à água. As demais caldas com herbicidas apresentaram deriva maior do que a da água, em todas as posições de coleta, além disso a utilização de Silwet L-77 aumentou a deriva da calda com herbicida a 3, 4 e 5 m.

Para as aplicações com a ponta DG (Figura 41), pode se constatar novamente redução da deriva dos herbicidas devido à adição de Rigger, em todas as distâncias. Minax e Silwet L-77 incrementaram as porcentagens de depósito a 2 e 3 m, sendo que o uso de Ethokem também acarretou este efeito a 3 e 4 m. Com exceção da solução com Rigger, as demais caldas contendo os herbicidas resultaram em maior deriva do que a água, em todas as posições.

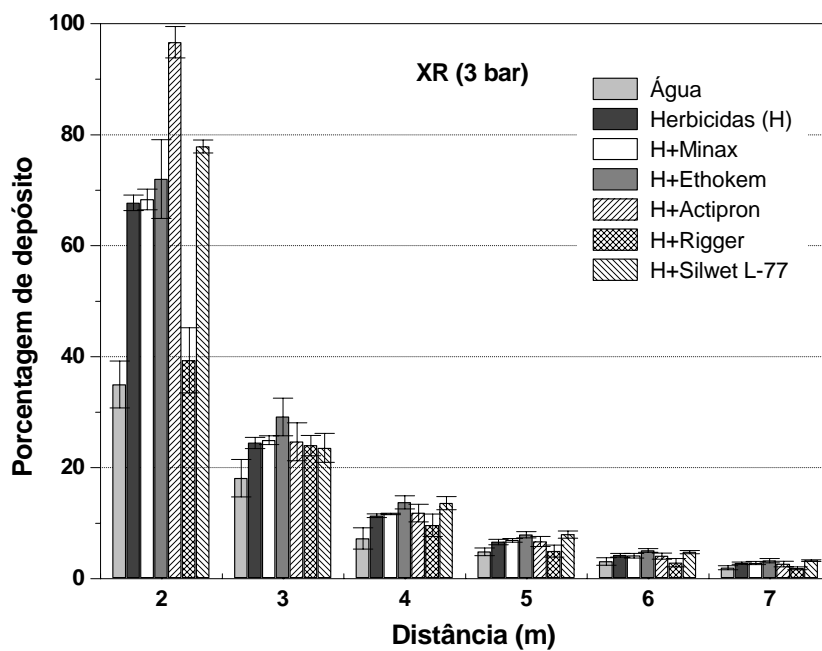


Figura 39. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva horizontal (%) produzida pela ponta XR 11002 (3 bar).

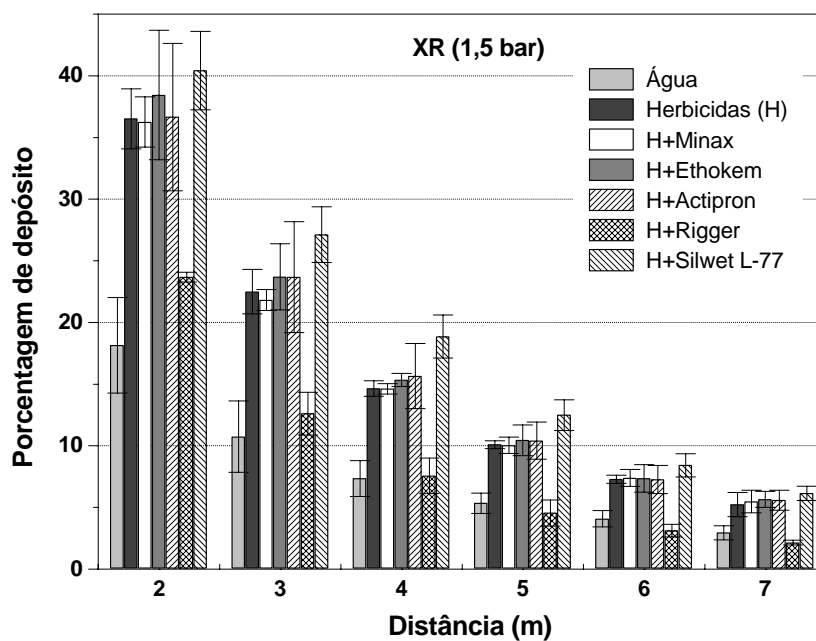


Figura 40. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva horizontal (%) produzida pela ponta XR 11002 (1,5 bar).

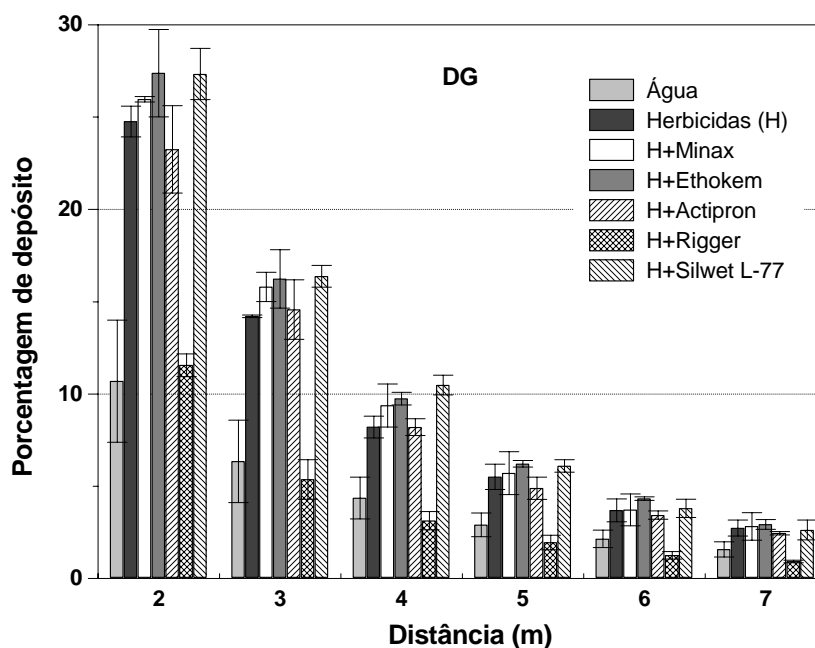


Figura 41. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva horizontal (%) produzida pela ponta DG 11002 (3 bar).

Considerando a ponta TT (Figura 42), o efeito redutor de Rigger, em relação à deriva da mistura de 2,4-D e glyphosate, ocorreu em todas as posições, com exceção da distância de 2 m. Ethokem aumentou a porcentagem de depósito dos herbicidas a 2, 3 e 5 m, assim como o Silwet L-77 a 4 e também 5 m. Entre 2 e 6 m as caldas com herbicidas resultaram em maior deriva que a água, exceto a solução com Rigger entre 5 e 6 m.

Em relação às aplicações com a ponta AI (Figura 43), novamente a adição de Rigger reduziu a deriva dos herbicidas em todas as posições, assim como Actipron a 2 e 3 m teve o mesmo efeito, entretanto, de maneira menos efetiva. Nenhum dos adjuvantes aumentou significativamente a porcentagem de depósito dos herbicidas. As caldas contendo os herbicidas apresentaram maior deriva do que a água, principalmente de 2 a 5 m de distância, exceção feita à solução contendo Rigger.

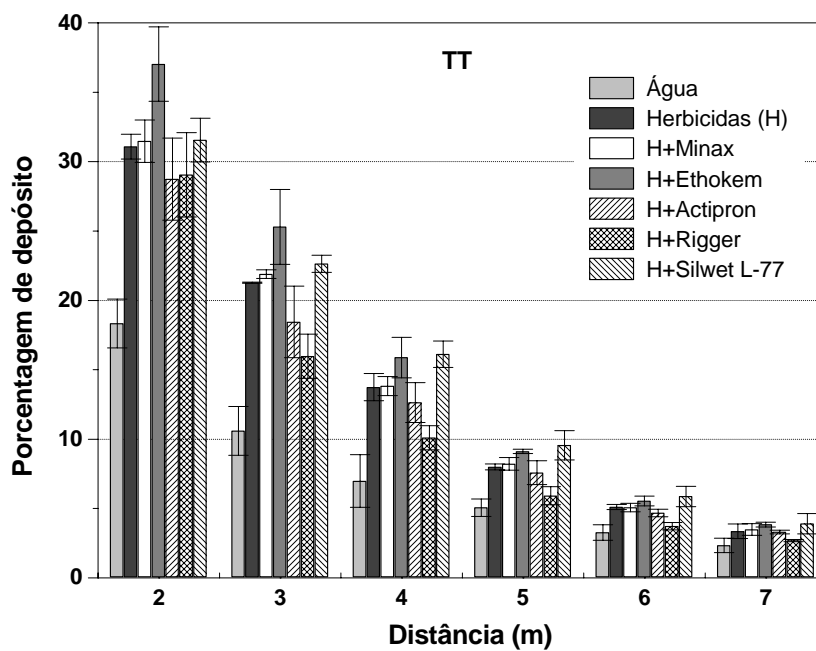


Figura 42. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva horizontal (%) produzida pela ponta TT 11002 (3 bar).

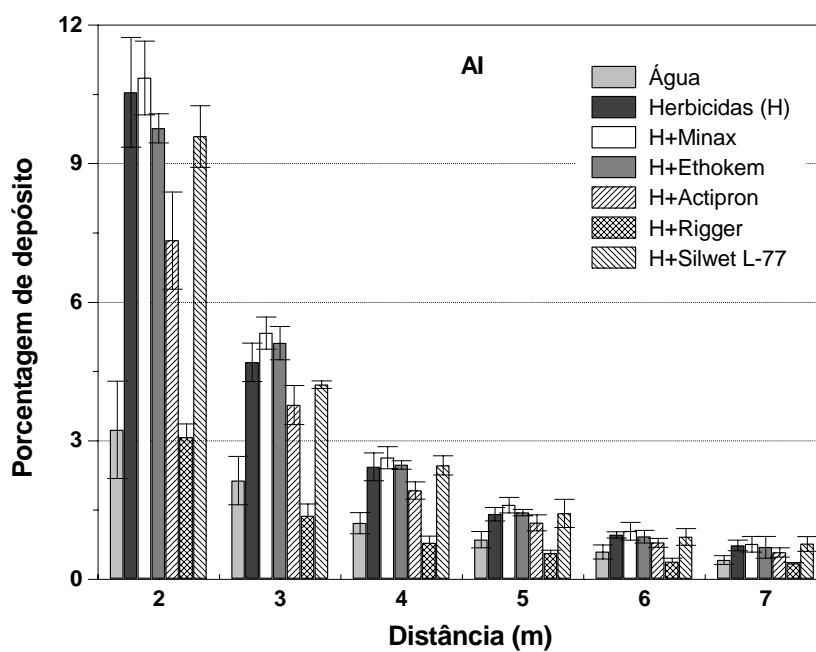


Figura 43. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva horizontal (%) produzida pela ponta AI 11002 (3 bar).

Para a ponta TX (Figura 44), a adição de Rigger promoveu o aumento dos depósitos da calda contendo 2,4-D e glyphosate, nas distâncias de 3 a 7 m, assim como observado para Minax e Actipron a 2 m. As caldas com herbicidas apresentaram resultados mais próximos dos obtidos com água nas menores distâncias, em relação às demais pontas de pulverização, principalmente para a calda com os herbicidas sem adjuvantes e a com adição de Ethokem.

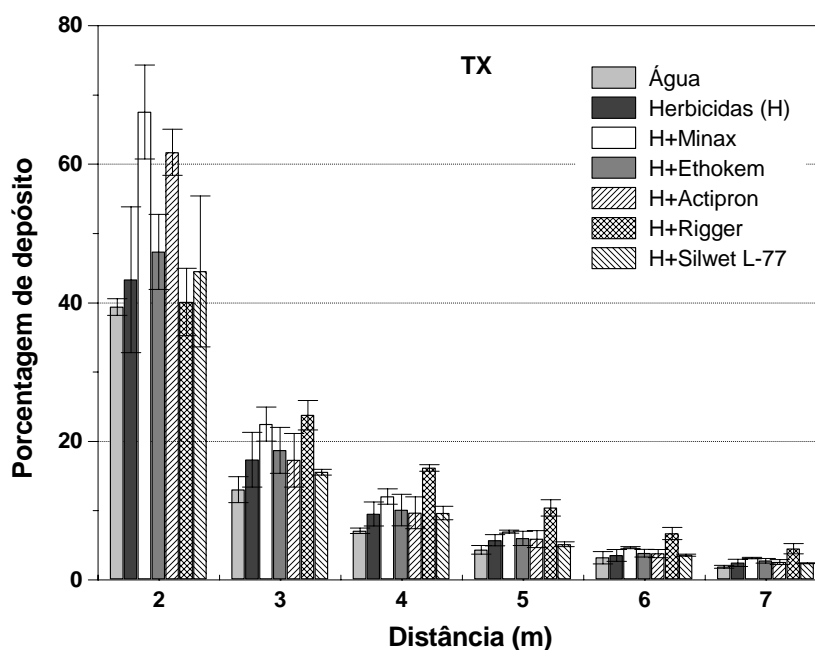


Figura 44. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a deriva horizontal (%) produzida pela ponta TXVS-10 (4 bar).

6.1.7 Deriva vertical resultante da utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada com a presença dos herbicidas

Os resultados da deriva detectada nos coletores verticais, devido a utilização dos modelos de ponta de pulverização estão apresentados nas Figuras 45 a 50, para cada adjuvante adicionado à mistura herbicida. Os dados estão expressos em médias das porcentagens de depósito, acompanhados dos respectivos intervalos de confiança.

Nas aplicações realizadas sem a adição de adjuvantes à mistura dos herbicidas, verifica-se pela Figura 45 que a ponta AI promoveu os menores valores de deriva entre 0,1 e 0,4 m, não diferindo da ponta TX a partir de 0,2 m. A ponta XR a 3 bar resultou

nas maiores porcentagens de depósito a 0,1 e 0,2 m, o que passou a ocorrer com os modelos TT e XR a 1,5 bar, a partir de 0,3 m. A ponta DG apresentou valores intermediários nas posições de 0,1 a 0,4 m.

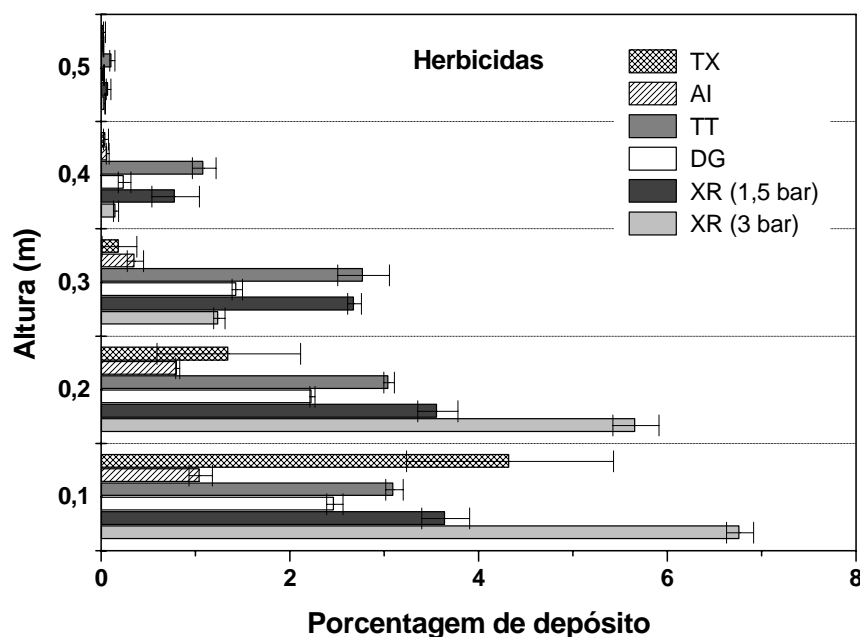


Figura 45. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações dos herbicidas sem adição dos adjuvantes.

Para as demais caldas utilizadas, exceto a com Rigger, o padrão de resultado, no que diz respeito às diferenças observadas entre as pontas de pulverização, foi muito semelhante ao obtido com a calda dos herbicidas sem adjuvantes. Em relação às aplicações com Minax adicionado à calda (Figura 46), as principais mudanças foram que a ponta TX não diferiu da XR (3 bar) a 0,1 m. Nas alturas de 0,3 e 0,4 m, as maiores porcentagens detectadas foram para a ponta TT, sendo estatisticamente maiores que os da ponta XR a 1,5 bar. A ponta AI resultou na menor deriva a 0,2 m, diferindo do modelo TX. Considerando a aplicação com Ethokem (Figura 47) e Silwet L-77 (Figura 50), as principais mudanças foram que pontas AI e TX apresentaram a menor deriva a 0,2 e 0,3 m, respectivamente, sendo diferentes entre si nestas posições. Para Actipron (Figura 48), a ponta TT a 0,4 m resultou na maior deriva, sendo estatisticamente diferente do modelo XR a 1,5 bar.

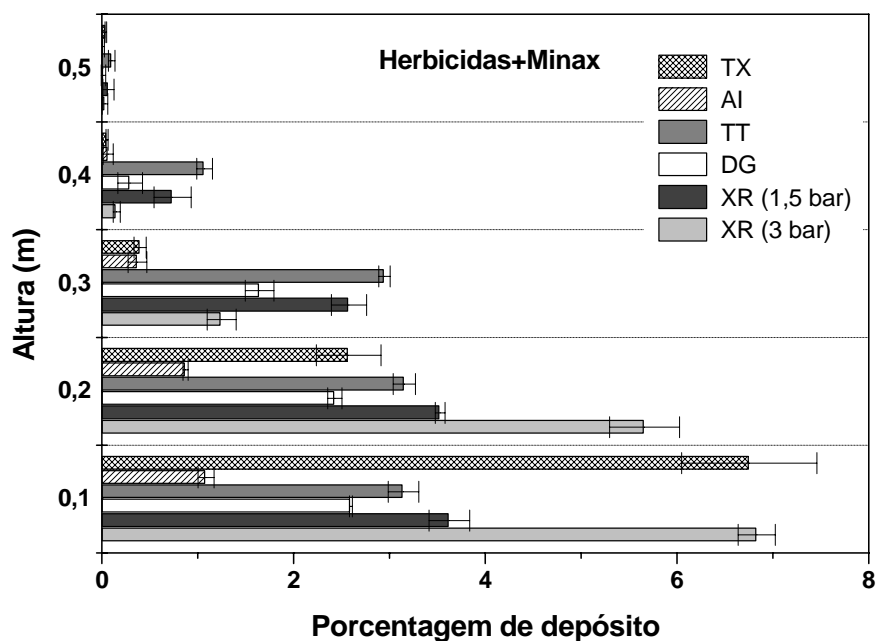


Figura 46. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações dos herbicidas com a adição de Minax.

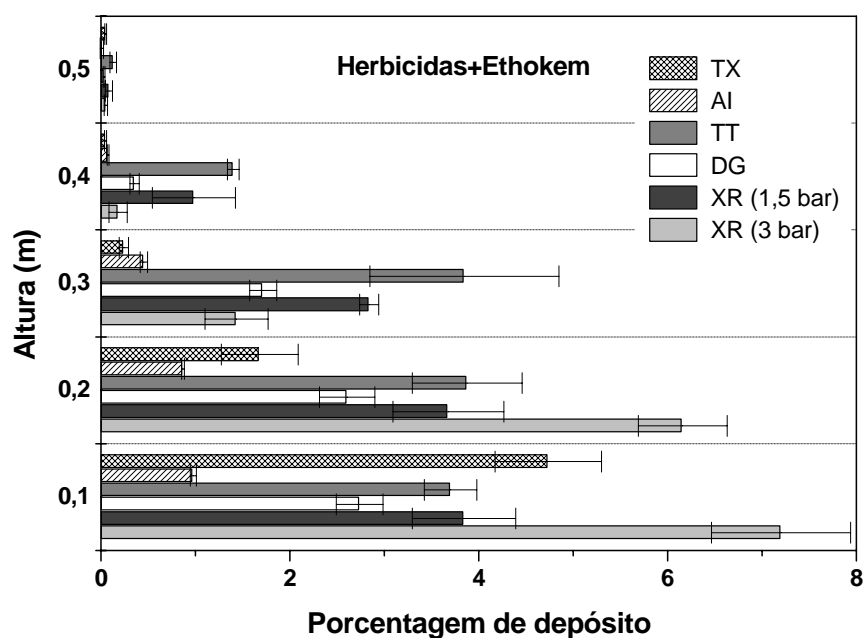


Figura 47. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações dos herbicidas com a adição de Ethokem.

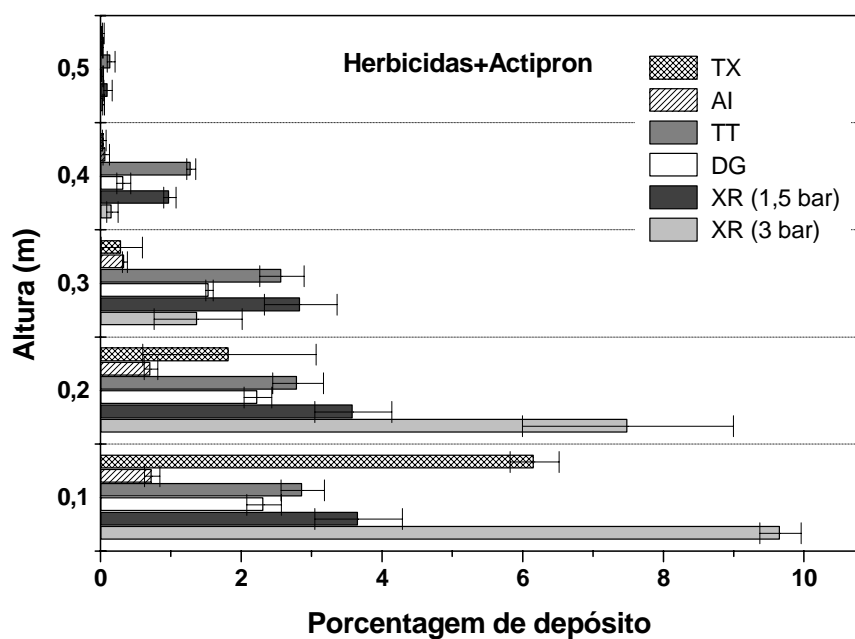


Figura 48. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações dos herbicidas com a adição de Actipron.

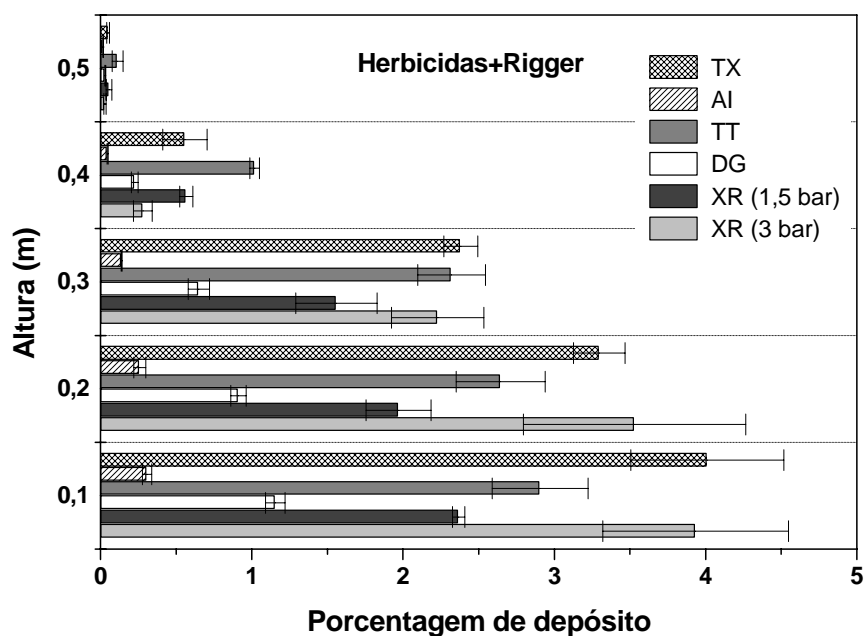


Figura 49. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações dos herbicidas com a adição de Rigger.

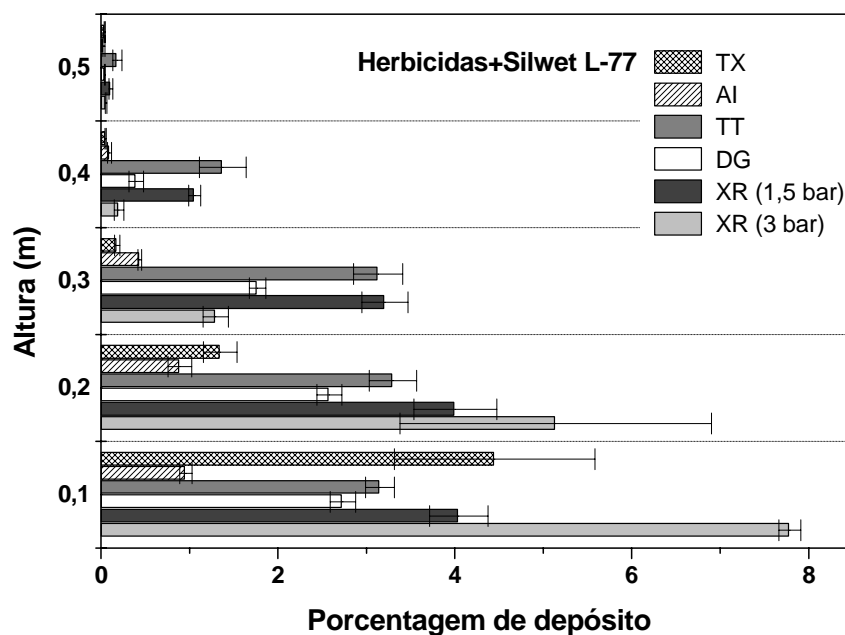


Figura 50. Efeito das pontas de pulverização na deriva vertical (%) produzida nas aplicações dos herbicidas com a adição de Silwet L-77.

Para as aplicações com Rigger (Figura 49), verifica-se que a ponta AI resultou na menor porcentagem de depósito desde 0,1 a 0,4 m, sempre seguida pela ponta DG, cujo deriva detectada a 0,4 não diferiu da ponta XR a 3 bar. O modelo XR (3 bar) apresentou os maiores valores de depósito a 0,1, 0,2 e 0,3 m, sendo semelhante as pontas TT e TX a 0,2 e 0,3 m. A 0,4 e 0,5 m a ponta TT novamente resultou nas maiores porcentagens, não diferindo da XR (1,5 bar) na maior altura.

6.1.8 Deriva horizontal resultante da utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada com a presença dos herbicidas

Os resultados da deriva detectada nos coletores verticais, em função dos diferentes tipos de ponta de pulverização estão apresentados nas Figuras 51 a 56, para cada adjuvante adicionado à mistura herbicida. Os dados estão expressos em médias das porcentagens de depósito, acompanhados dos respectivos intervalos de confiança.

Para a aplicação dos herbicidas sem adjuvante, verifica-se pela Figura 51 que a ponta AI resultou na menor deriva em todas as posições de coleta. A maior

porcentagem de depósito detectada na distância de 2 m resultou da aplicação com a ponta XR a 3 bar. Nas posições posteriores, a mesma ponta, na menor pressão de pulverização, gerou os maiores valores de deriva, sendo que a partir de 5 m apresentou diferenças significativas em relação às outras pontas. Os demais tipos de pontas apresentaram valores intermediários de deriva ao longo dos pontos de coleta, sendo que quanto maior a distância, menor a diferença entre as porcentagens.

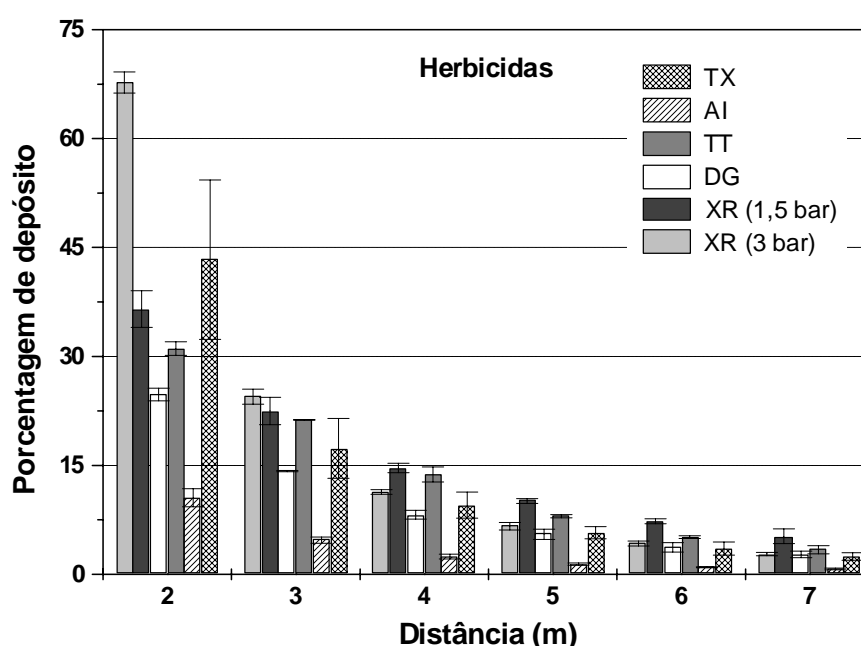


Figura 51. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações dos herbicidas sem a adição dos adjuvantes.

As aplicações com Minax, Ethokem, Actipron e Silwet L-77 (Figuras 52, 53, 54 e 56, respectivamente) geraram novamente um padrão de resultado muito semelhante ao obtido com a calda sem adjuvantes. Em relação às aplicações com Minax, a principal mudança foi o fato de que a ponta TX foi similar ao modelo XR (3 bar) a 2 m de distância. Para as aplicações com Ethokem, a ponta XR (1,5 bar) passou a corresponder a maior porcentagem de deriva e diferiu de todas as demais, somente a partir de 6 m.

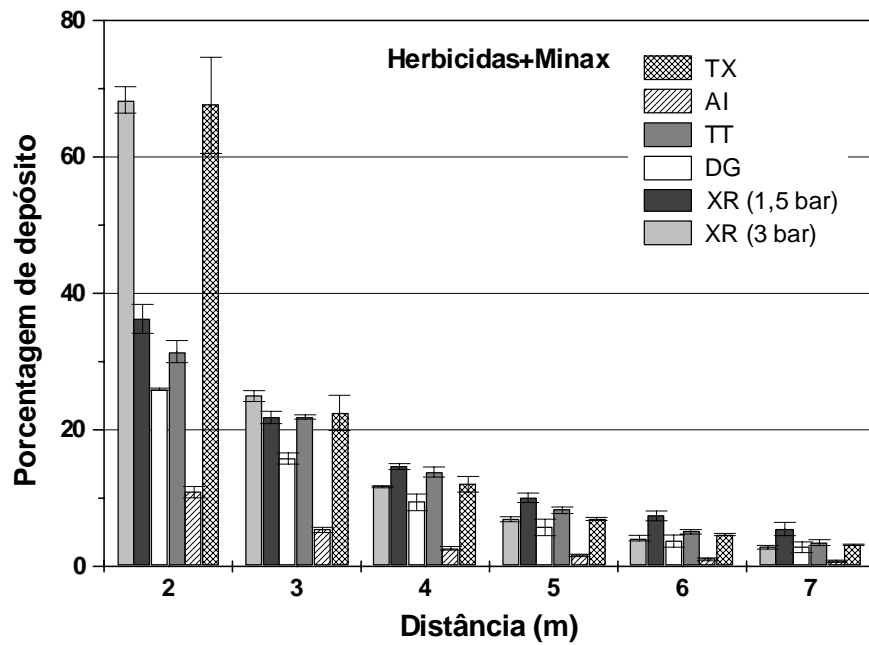


Figura 52. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações dos herbicidas com a adição de Minax.

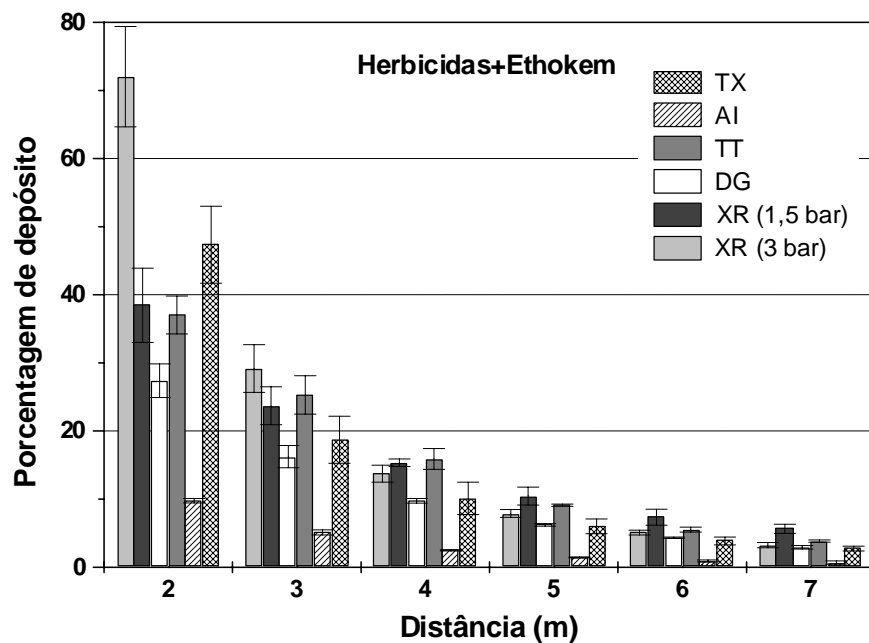


Figura 53. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações dos herbicidas com a adição de Ethokem.

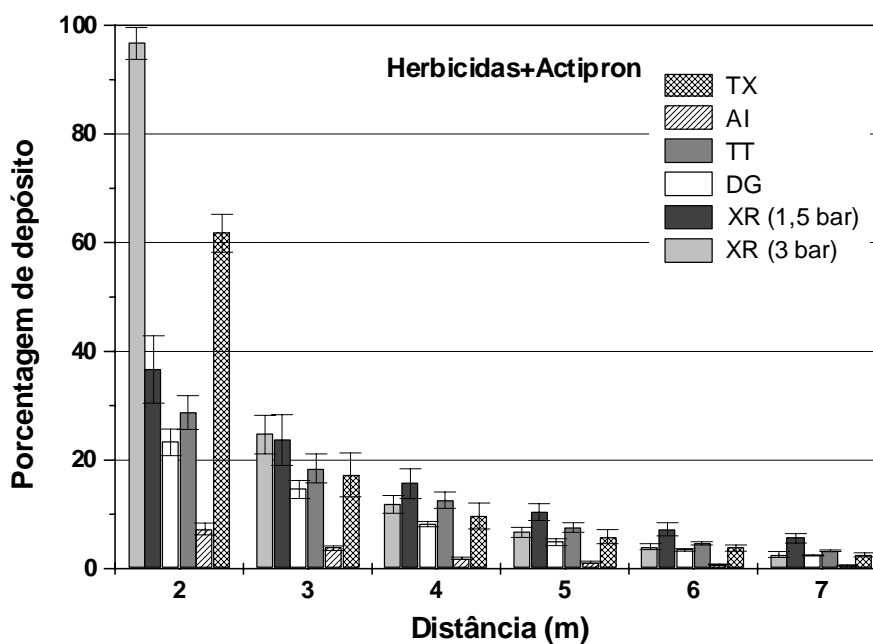


Figura 54. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações dos herbicidas com a adição de Actipron.

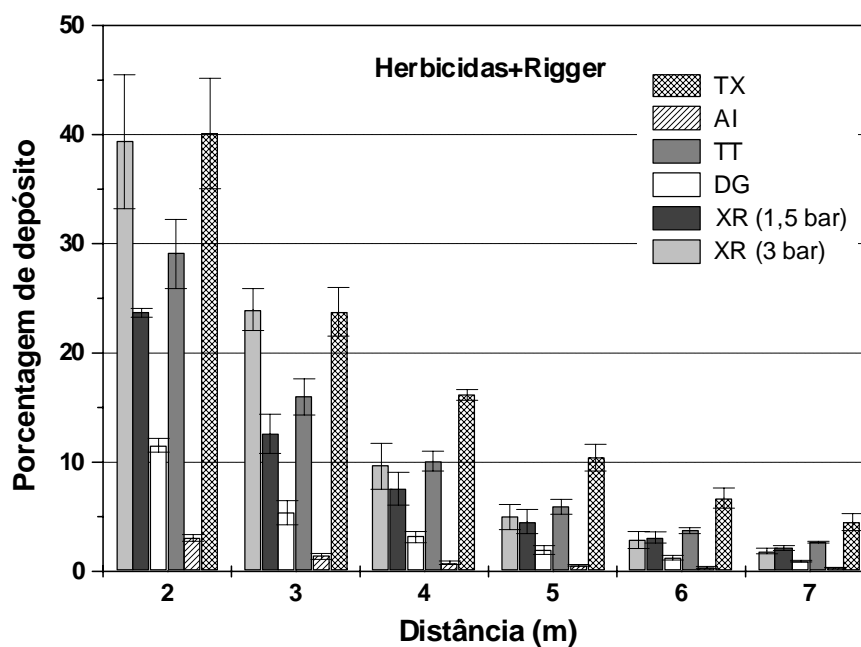


Figura 55. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações dos herbicidas com a adição de Rigger.

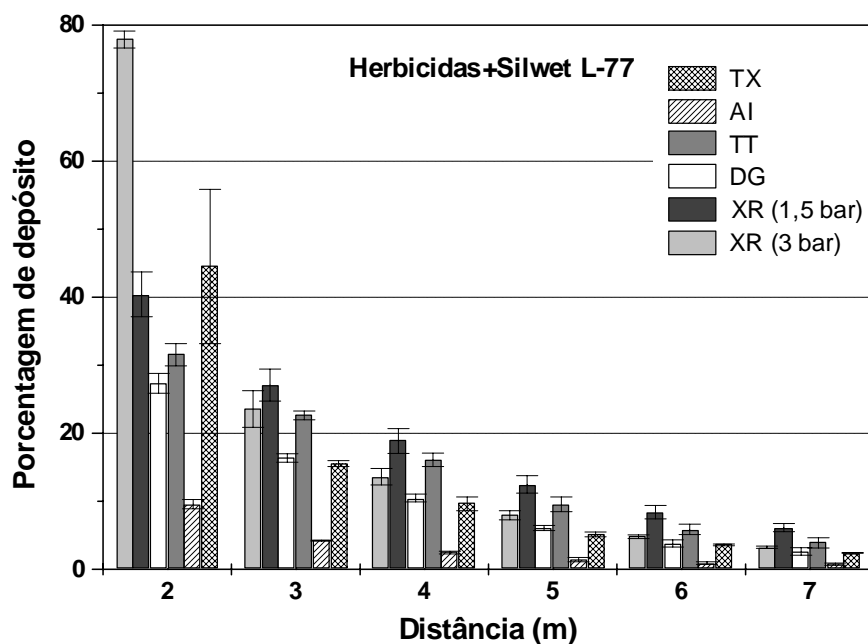


Figura 56. Efeito das pontas de pulverização na deriva horizontal (%) produzida nas aplicações dos herbicidas com a adição de Silwet L-77.

Com relação às aplicações com Rigger (Figura 55), a ponta AI resultou nas menores porcentagens de deriva, em todas as distâncias, sempre seguida pela ponta DG. Os maiores valores de depósito originaram das aplicações com a ponta TX, em todas as posições de coleta, sendo similar ao modelo XR (3 bar) na distância de 2 e 3 m.

6.1.9 Somatória dos depósitos resultantes da adição dos adjuvantes, para cada ponta de pulverização

A soma das porcentagens de depósitos, considerando todos os pontos de coleta verticais ou horizontais, para as aplicações com e sem a presença dos herbicidas nas soluções de aplicação, estão apresentadas na Figuras 57, 58, 59 e 60, respectivamente. Os dados estão apresentados de acordo com o efeito dos adjuvantes, para cada ponta de pulverização.

Pela Figura 57, se pode notar que o adjuvante Ethokem resultou em acréscimo nos depósitos de deriva verticais para as pontas XR, DG, AI e TX quando adicionado à água. Actipron e principalmente Rigger e Silwet L-77 causaram reduções nos

valores de deriva promovidos pela maioria dessas pontas, sendo o mesmo efeito também causado por Minax para a ponta com indução de ar. Para a ponta TX, além de Ethokem, Minax também aumentou a deriva, o que ocorreu de maneira menos intensa para o adjuvante Actipron, sendo que somente Rigger promoveu reduções na deriva para a ponta de jato cônico. Considerando-se a ponta TT, o único efeito significativo observado em relação à água, deveu-se a adição de Silwet L-77, causando a redução na porcentagem total dos depósitos. A ponta AI resultou nas menores porcentagens de deriva, sendo que este efeito não foi tão expressivo para a ponta DG. A ponta XR a 3 bar, seguida pela ponta TX, apresentaram as maiores porcentagens. XR a 1,5 bar e TT apresentaram resultados intermediários entre a demais pontas, sendo as mais similares entre si.

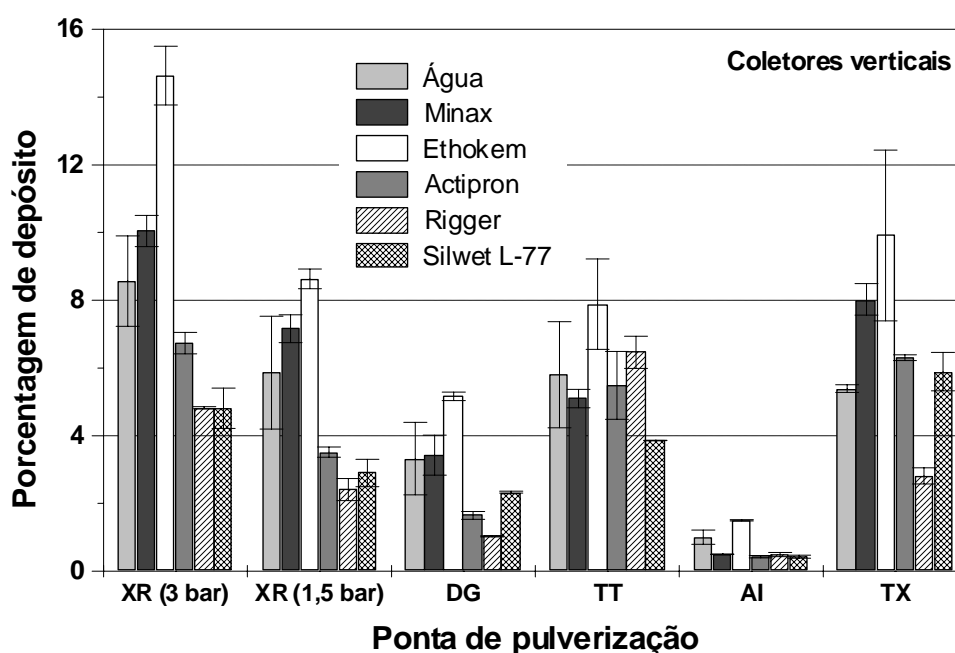


Figura 57. Efeito da adição dos adjuvantes em água, considerado a somatório dos depósitos verticais (%), para cada ponta de pulverização.

Para os depósitos horizontais, em relação às aplicações sem a presença dos herbicidas (Figura 58), pode se notar que as pontas XR a 3 bar e TX apresentaram os maiores depósitos, seguidos pelos valores intermediários resultantes das pontas TT e XR a 1,5 bar. A ponta AI resultou na menor quantidade de deriva detectada, seguida pela ponta DG.

Com relação aos efeitos da adição dos adjuvantes, para cada ponta de pulverização, pode se observar praticamente os mesmos efeitos observados na somatória dos depósitos verticais (Figura 57), com a diferença de que o Minax passou a aumentar significativamente os depósitos para a ponta XR a 3 bar e que o óleo mineral Actipron não causou efeito na aplicação com a ponta TX.

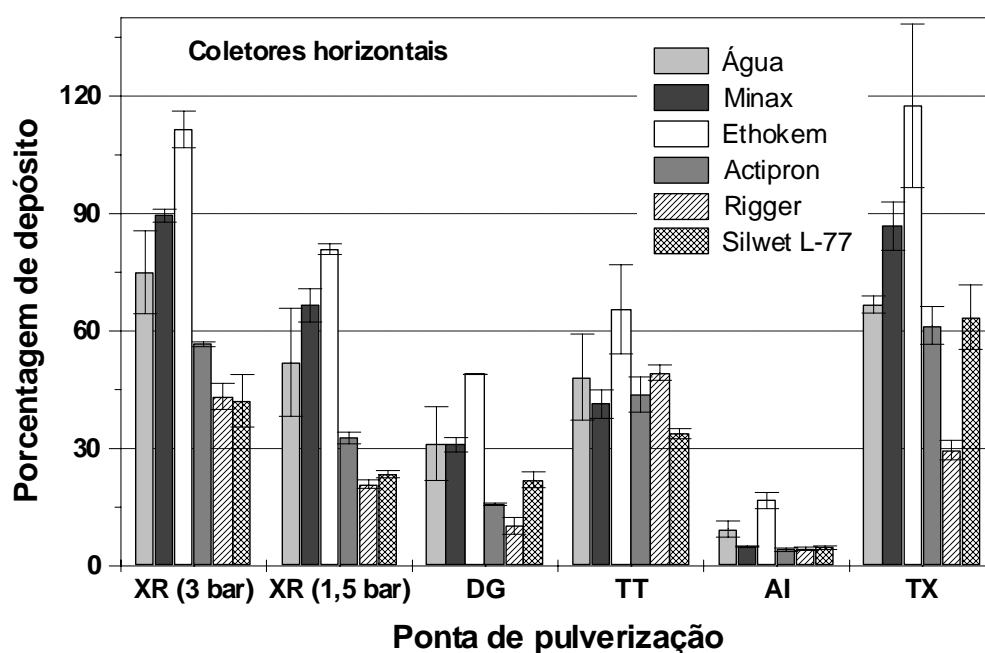


Figura 58. Efeito da adição dos adjuvantes em água, considerado a somatório dos depósitos horizontais (%), para cada ponta de pulverização.

Com relação às aplicações com os herbicidas, pode se verificar na Figura 59, que a ponta XR a 3 bar resultou nos maiores depósitos verticais, sendo seguida pelas porcentagens obtidas com esta mesma ponta a 1,5 bar e com o modelo TT. A ponta AI novamente resultou nos menores valores de deriva detectados, seguida por um menor efeito causado pela ponta DG. O modelo TX apresentou resultados intermediários aos demais tipos de pontas. Considerando o efeito dos adjuvantes, para os as aplicações com XR, DG e AI, todas as caldas com herbicidas resultaram em maior deriva do que a água, exceto quando se adicionou Rigger, com depósitos similares ao proporcionado pela aplicação somente com água, sendo que este adjuvante reduziu os depósitos em relação às demais caldas com

herbicidas. Para a ponta XR a 3 bar, o Actipron resultou na maior soma de depósitos quando adicionado aos herbicidas, sendo seguido pelo valor obtido com Ethokem. Para esta mesma ponta a 1,5 bar, este incremento no total dos depósitos verticais ocorreu devido à adição de Silwet L-77. Com relação à DG, aumentos na deriva detectada foram verificados quando se utilizou Minax, Ethokem e Silwet L-77. Ethokem e Silwet L-77 também aumentaram a deriva dos herbicidas para a ponta TT. Além de Rigger, Actipron promoveu uma pequena redução nos depósitos originados do modelo AI. Entretanto, o óleo vegetal Rigger, aumentou a deriva dos herbicidas para a ponta TX, assim como o adjuvante Minax.

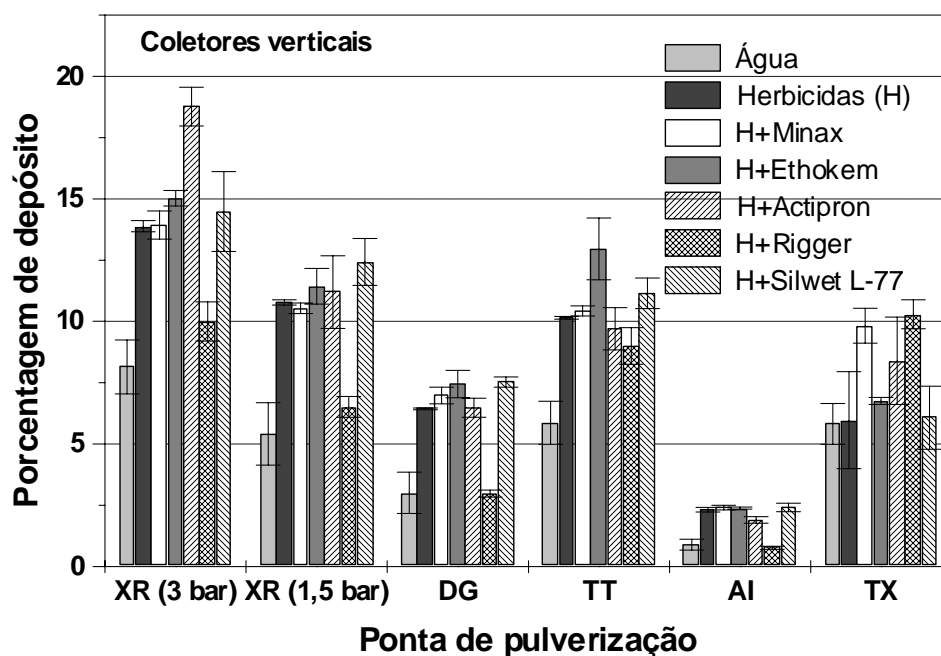


Figura 59. Efeito da adição dos adjuvantes na calda dos herbicidas, considerado a somatório dos depósitos verticais (%), para cada ponta de pulverização.

Em relação ao somatório dos depósitos horizontais (Figura 60), pode se constatar que a ponta XR a 3 bar ocasionou as maiores porcentagens de deriva, em relação às demais pontas e pressões. A ponta AI promoveu os menores valores detectados de deriva, seguidos pelos depósitos resultantes do uso da ponta DG. Os modelos XR a 1,5 bar, TX e TT resultaram em porcentagens intermediárias de deriva, sendo observados valores menores para este último. Considerando os adjuvantes, para cada uma das pontas, pode se verificar um padrão de resultados similar ao observado para os alvos verticais (Figura 59), com a diferença

de que a utilização de Ethokem e Rigger com as pontas DG e TX, respectivamente, passou a não diferir em relação às aplicações dos herbicidas sem adjuvantes.

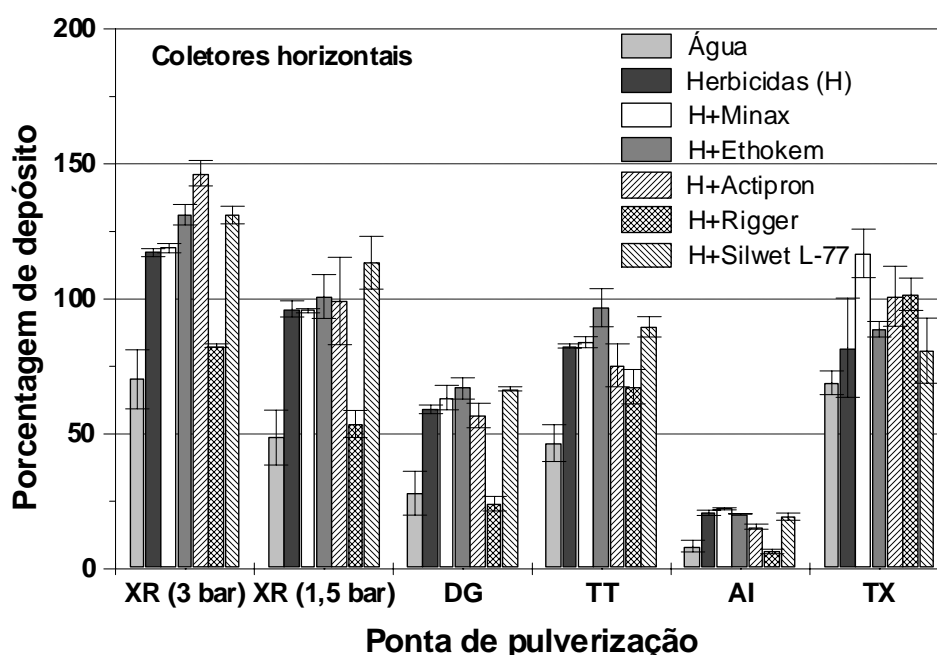


Figura 60. Efeito da adição dos adjuvantes na calda dos herbicidas, considerado a somatório dos depósitos horizontais (%), para cada ponta de pulverização.

6.1.10 Porcentagem de depósito nos coletores em relação ao total obtido

Nas Figuras 61 e 62 estão apresentadas as porcentagens de depósitos vertical e horizontal, respectivamente, relativas a cada posição de coleta, em relação ao somatório total dos depósitos de todos os tratamentos, para cada um dos ensaios.

Pode se verificar pela Figura 61, que independente do uso dos herbicidas nas soluções de aplicação, as porcentagens de coleta nas posições de 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 e 0,5 m de altura foram da ordem de 43, 33, 18, 5 e 1%, respectivamente. Em relação aos coletores horizontais (Figura 62), em ambos os ensaios, as porcentagens relativas ao total coletado, para as distâncias de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 m foram da ordem de 47, 22, 13, 8, 5 e 4%, respectivamente.

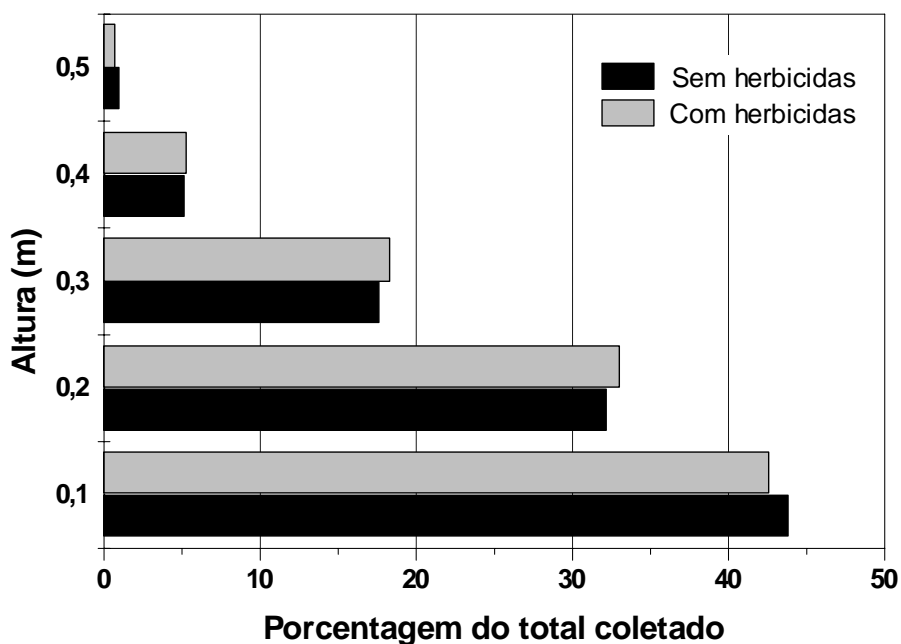


Figura 61. Porcentagem de depósito nos pontos verticais de coleta, relativas à soma total das médias dos depósitos detectados em todas as aplicações, para cada um dos ensaios.

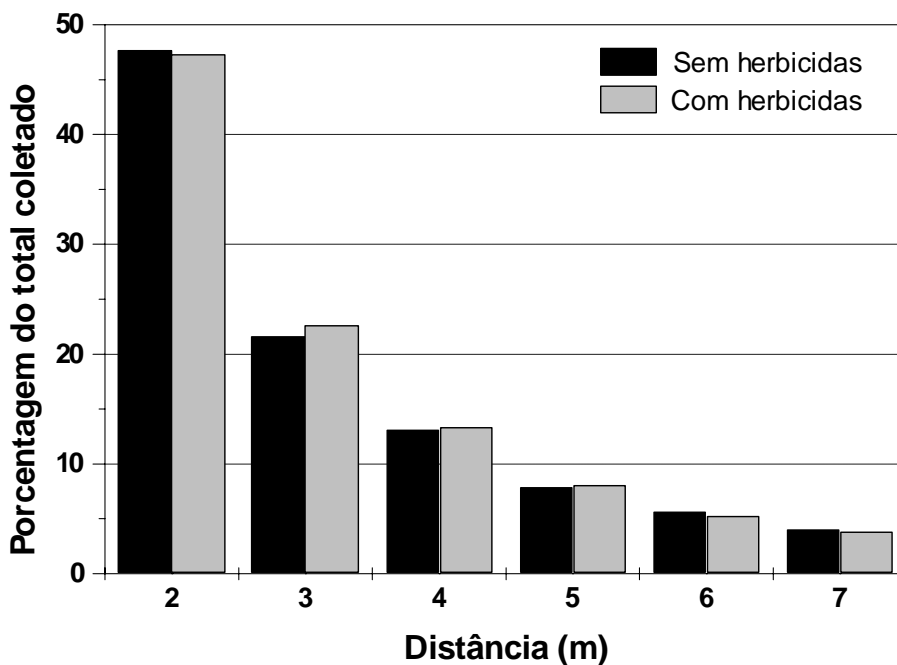


Figura 62. Porcentagem de depósito nos pontos horizontais de coleta, relativas à soma total das médias dos depósitos detectados em todas as aplicações, para cada um dos ensaios.

6.2 Avaliação de tamanho de gota

6.2.1 DMV e % vol < 100 μm resultante das aplicações com adjuvantes adicionados em água, para cada ponta de pulverização

Nas Figuras 63 e 64 estão apresentados os resultados obtidos nas avaliações de tamanho de gota, em função da adição dos adjuvantes em água, para cada ponta de pulverização. Os valores estão expressos em DMV (μm) e porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 μm , juntamente com os respectivos intervalos de confiança.

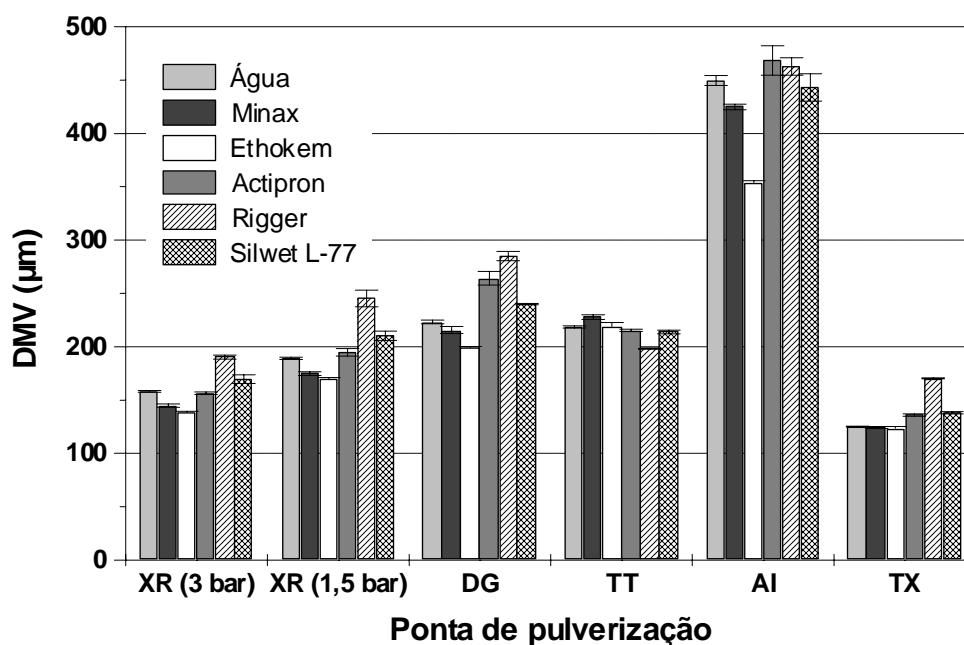


Figura 63. Efeito da adição dos adjuvantes em água sobre o DMV (μm) das gotas, para cada ponta de pulverização.

Pode se observar, na Figura 63, que o Rigger proporcionou maior DMV das gotas pulverizadas, para a maioria das pontas de pulverização, exceto para os modelos TT e AI. Considerando as pontas DG e XR, nas duas pressões, a adição de Ethokem promoveu a maior redução no DMV, em relação à água, seguido por Minax e Actipron para o XR a 3 bar. O Silwet L-77 também aumentou o diâmetro das gotas na pulverização com para estas pontas. Os adjuvantes Minax e Rigger aumentaram e diminuíram, respectivamente, o DMV nas pulverizações com o modelo TT. Para a ponta AI, o adjuvante Ethokem, seguido de

Minax promoveu as maiores reduções no DMV. Em relação à ponta TX, além do Rigger, houve um incremento no DMV com a utilização de Ethokem e Silwet L-77.

Quanto a % vol < 100 μm (Figura 64), a adição de Rigger resultou na maior redução desta característica para as pontas XR (1,5 e 3 bar), DG e TX. Actipron aumentou a % vol < 100 μm nas aplicações com a ponta XR, em ambas as pressões. Ethokem provocou o maior acréscimo na característica para todas as pontas, exceto para a TX, sendo que o valor não diferenciou de Minax para a ponta XR na menor pressão. Silwet L-77 diminuiu a % vol < 100 μm para a ponta TX, sendo o mesmo efeito causado pelo óleo mineral quando se usou a ponta DG. Para o modelo TT, Actipron e Rigger promoveram decréscimo e acréscimo na % vol < 100 μm , respectivamente.

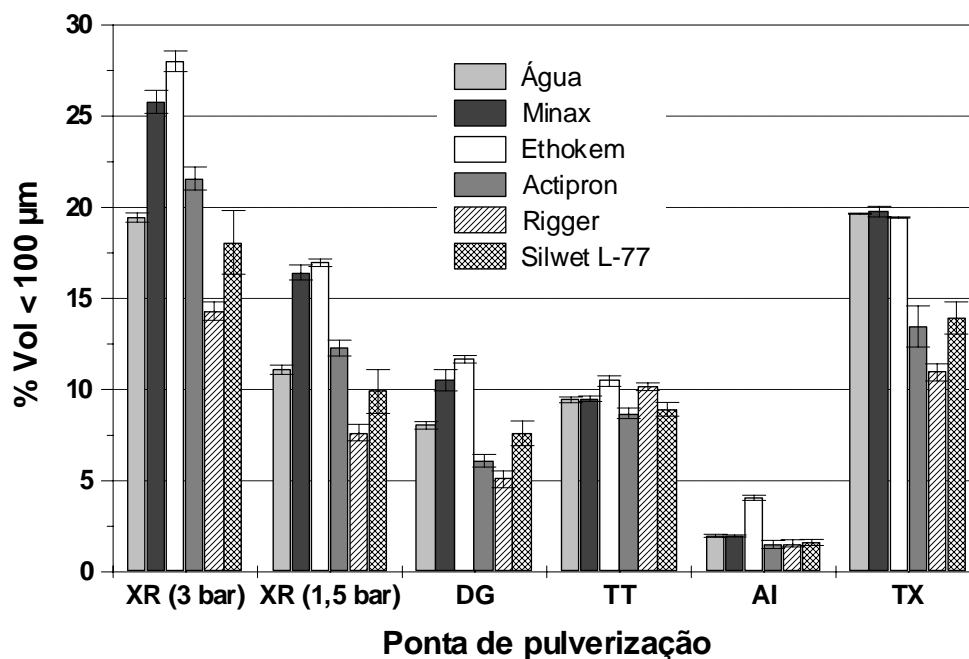


Figura 64. Efeito da adição dos adjuvantes em água sobre a porcentagem do volume das gotas com diâmetro menor que 100 μm , para cada ponta de pulverização.

6.2.2 DMV e % vol < 100 μm resultante da utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada sem a presença dos herbicidas

Os resultados das avaliações de tamanho de gota, em função dos tipos de pontas de pulverização utilizados, para cada solução de aplicação (adjuvante), estão apresentados nas Figuras 65 e 66. Os valores médios estão expressos em DMV (μm) e

porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 μm , juntamente com os respectivos intervalos de confiança.

Com relação ao DMV (Figura 65) as pontas AI e a TX resultaram nos maiores e menores valores, respectivamente, em relação aos demais tipos de pontas, para cada calda utilizada. Para as pulverizações com Minax e Ethokem a seqüência das demais pontas, de acordo com os valores decrescentes de DMV foi: TT, DG, XR a 1,5 e a 3 bar. Para água e Actipron a ordem obtida foi: DG, TT, XR a 1,5 e 3 bar. A seqüência resultante para Rigger e Silwet L-77 foi: DG, XR a 1,5 bar, TT e XR a 3 bar, sendo que TT e XR a 1,5 bar não diferiram significativamente nas aplicações com Silwet L-77.

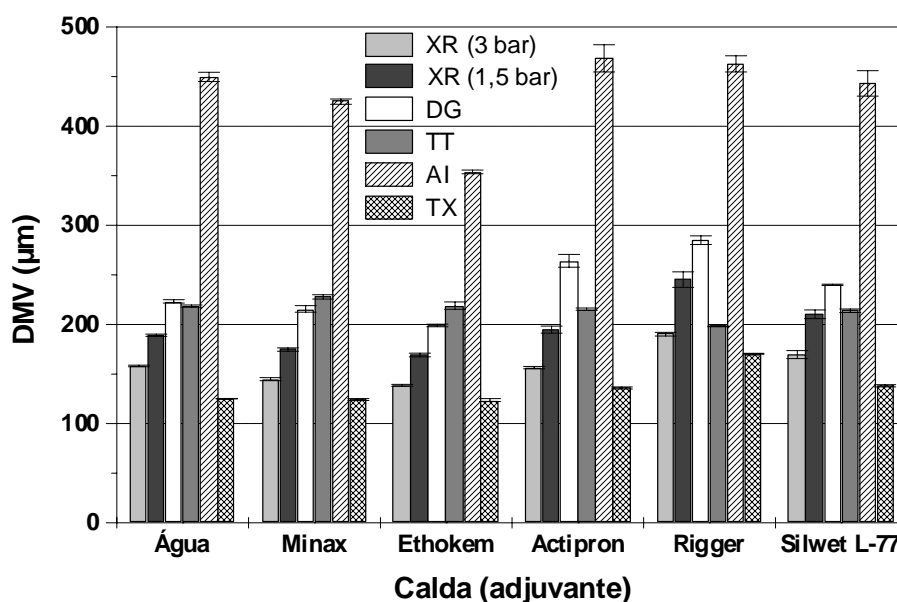


Figura 65. Efeito das pontas de pulverização sobre o DMV (μm) das gotas, nas aplicações das caldas sem os herbicidas.

Na Figura 66, pode se verificar que as pontas XR (3 bar), seguida pela ponta TX implicaram nas maiores % vol < 100 μm , para todas as caldas aplicadas, entretanto, para a água, XR a 3 bar e TX foram semelhantes. A ponta AI resultou nos menores valores obtidos, para cada uma das soluções. Para as demais pontas e pressões, as seqüências dos modelos utilizados, de acordo com a ordem decrescente dos valores obtidos foram: XR a 1,5 bar, TT e DG para água, Actipron e Silwet L77; XR a 1,5 bar, DG e TT para Minax e

Ethokem; e TT, XR a 1,5 bar e DG para Rigger. Entretanto, as porcentagens resultantes do uso de XR a 1,5 bar e TX não diferiram significativamente para as aplicações com Actipron.

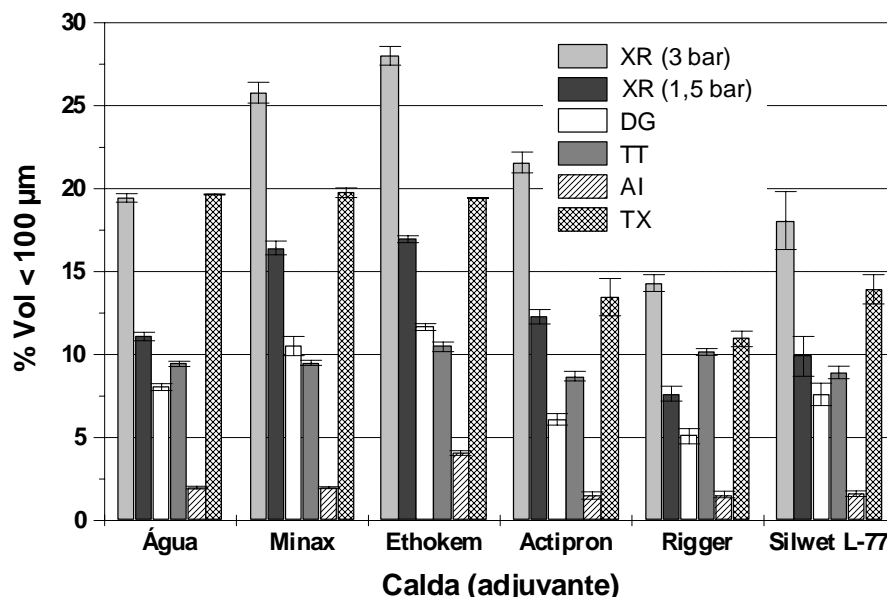


Figura 66. Efeito das pontas de pulverização sobre a porcentagem do volume das gotas com diâmetro menor que 100 µm, nas aplicações das caldas sem os herbicidas.

6.2.3 DMV e % vol < 100 µm resultante das aplicações com adjuvantes adicionados à mistura dos herbicidas, para cada ponta de pulverização

Nas Figuras 67 e 68 estão apresentados os resultados obtidos nas avaliações de tamanho de gota, em função da adição dos adjuvantes nas caldas contendo a mistura 2,4-D e glyphosate, para cada ponta de pulverização. Os valores médios estão expressos em DMV (µm) e porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 µm, juntamente com os respectivos intervalos de confiança.

Em relação ao DMV (Figura 67), os adjuvantes tiveram pouco ou nenhum efeito quando adicionados à mistura dos herbicidas. Rigger aumentou o diâmetro das gotas para as pontas DG e AI. Reduções foram constatadas com a adição de Minax e Ethokem somente para a ponta AI. Apesar de serem significativas, essas diminuições pouco representaram em termos absolutos. Todas as caldas contendo herbicidas apresentaram menor DMV do que o obtido com água, exceto para a calda com Rigger aplicada com a ponta DG e

para as caldas com herbicidas sem adjuvantes e a com Rigger para a ponta TT, sendo os valores semelhantes aos obtidos com água.

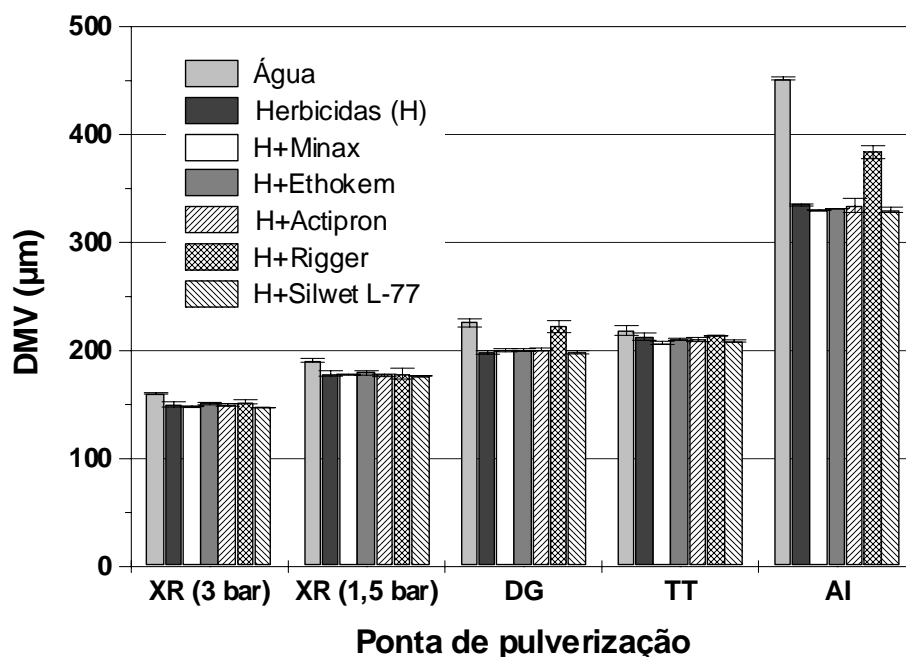


Figura 67. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre o DMV (μm) das gotas, para cada ponta de pulverização.

Da mesma maneira, é possível verificar novamente pouco efeito da adição dos adjuvantes à calda dos herbicidas, quanto às porcentagens do volume com gotas menores que $100 \mu\text{m}$ (Figura 68). Para a ponta XR, a 3 e 1,5 bar, o Silwet L-77 causou aumento nos valores desta característica. O uso de Rigger diminuiu a % vol $< 100 \mu\text{m}$ para as pontas AI, DG e TT, sendo que para esta última, Minax e Ethokem implicaram em maiores valores. Para cada um dos tipos de pontas utilizados, as caldas com herbicidas resultaram em uma maior porcentagem do que a obtida com a água, exceções feitas para as pontas DG, TT e AI, para as quais as porcentagens resultantes da calda com Rigger foram similares às da calda sem herbicidas.

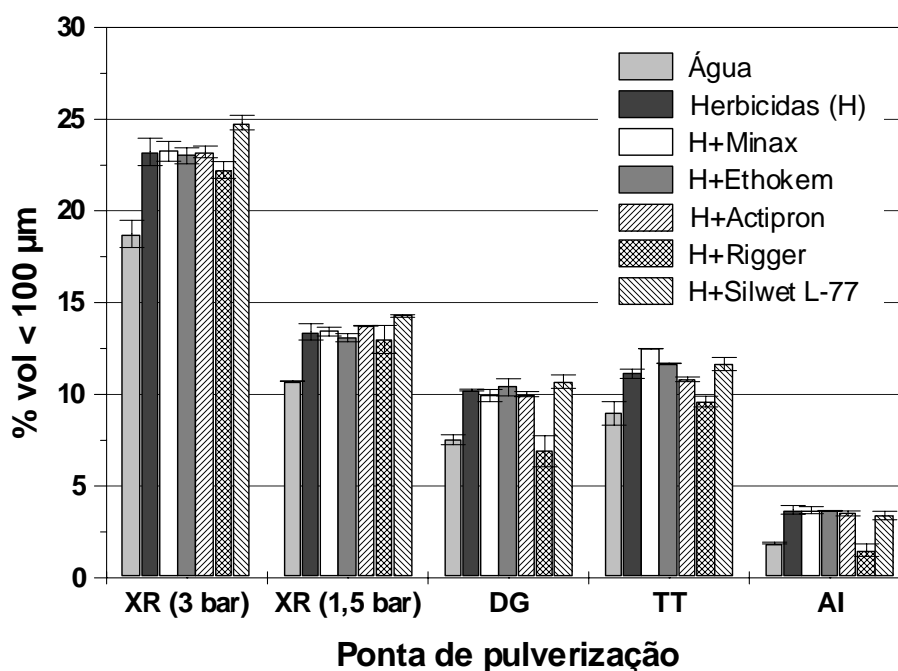


Figura 68. Efeito da adição dos adjuvantes na mistura dos herbicidas, sobre a porcentagem do volume das gotas com diâmetro menor que 100 μm , para cada ponta de pulverização.

6.2.4 DMV e % vol < 100 μm resultante da utilização das pontas de pulverização, para cada calda preparada com a presença dos herbicidas

Os resultados das avaliações de tamanho de gota, em função dos tipos de pontas de pulverização utilizados, para cada adjuvante adicionado à calda com mistura dos herbicidas, estão apresentados nas Figuras 69 e 70. Os valores médios estão expressos em DMV (μm) e porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 μm , juntamente com os respectivos intervalos de confiança.

Para cada uma das soluções dos herbicidas pode se observar pela Figura 69, que a ponta AI resultou na maior DMV, seguida em ordem decrescente pelos valores obtidos com as pontas TT, DG, XR a 1,5 bar e a 3 bar. Entretanto, para a calda com Rigger, a ponta DG apresentou maior DMV do que o obtido com a TT.

Considerando a % vol < 100 μm (Figura 70), a ponta AI resultou nas menores porcentagens para cada um dos líquidos pulverizados. Os valores subsequentes, em ordem crescente, foram gerados pelas pontas DG, TT, XR a 1,5 e 3,0 bar.

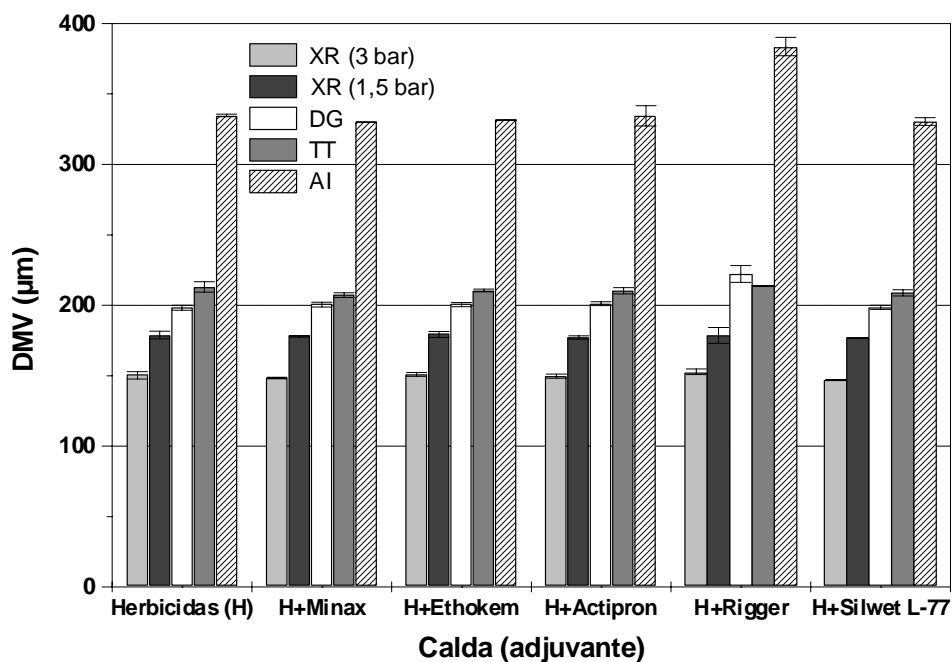


Figura 69. Efeito das pontas de pulverização sobre o DMV (μm) das gotas, nas aplicações das caldas com os herbicidas.

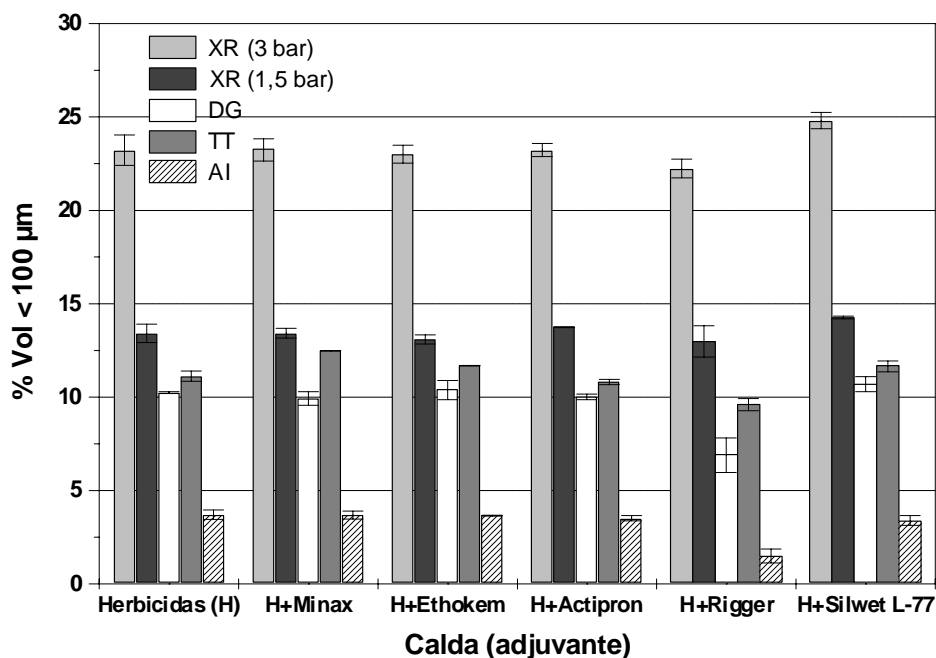


Figura 70. Efeito das pontas de pulverização sobre a porcentagem do volume das gotas com diâmetro menor que 100 μm , nas aplicações das caldas com os herbicidas.

6.3 Avaliação da tensão superficial dinâmica

Na Figura 71 estão representadas as variações médias da tensão superficial dinâmica, em função do tempo de formação da interface, para cada uma das soluções avaliadas. Pode-se observar que a TSD da água manteve-se constante durante as medições, entretanto, para as demais soluções a tensão foi decrescente com o aumento do tempo. É possível observar que a TSD das soluções sem herbicidas iniciaram próximas a 70 $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$ e mantiveram-se acima de 50 $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$, exceto para Rigger que resultou em valores iniciais inferiores a 60 $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$, ficando abaixo de 50 $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$ ao final da avaliação. Para as caldas com os herbicidas, observou-se menor efeito na variação da TSD, devido à adição dos adjuvantes, sendo que os valores iniciais estiveram entre 50 e 55 $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$, chegando ao redor de 40 $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$, entretanto, para a calda com Silwet L-77, a tensão inicial foi inferior a 50 $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$, atingindo menos de 30 $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$, aos 1.000 mS.

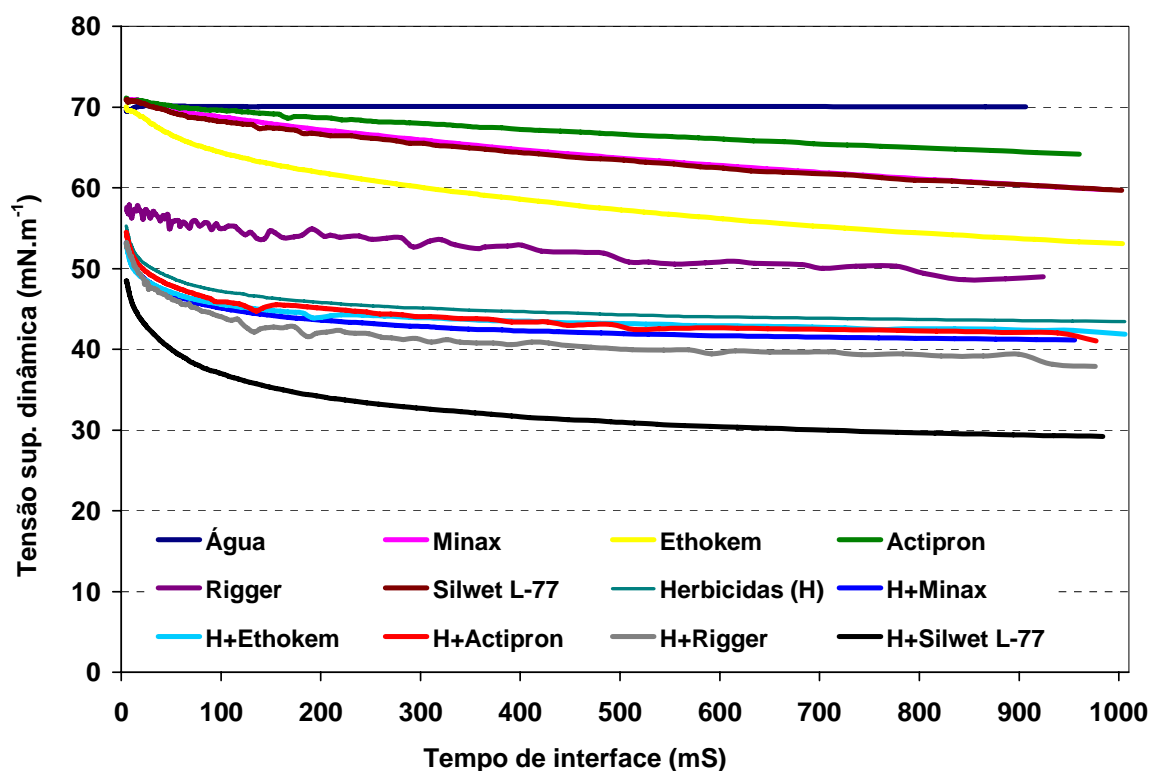


Figura 71. Efeito da adição dos adjuvantes e a presença da mistura dos herbicidas, na variação da tensão superficial dinâmica ($\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$) das soluções de pulverização, durante o período de análise.

Os valores médios de TSD e os respectivos intervalos de confiança obtidos no início e final das avaliações, para cada uma das soluções testadas, estão apresentados na Figura 72. Para as caldas em que os adjuvantes foram adicionados à água, houve significativa redução na tensão superficial, em relação à água sem adjuvantes, exceto para Actipron no tempo inicial e final e para Silwet L-77 a 5 mS. O adjuvante Rigger causou a maior redução na tensão para 5 e 1.000 mS. Todos os líquidos contendo os herbicidas resultaram em menor TSD que as demais caldas, para o maior e menor tempo de formação das interfaces, exceção feita para a calda de herbicidas sem adjuvantes que apresentou valores similares à calda com Rigger em água. Os adjuvantes promoveram redução na TSD, quando adicionados à mistura herbicida, sendo o maior efeito causado pelo Silwet L-77 a 5 e 1.000 mS e os demais adjuvantes resultaram em valores de TSD mais próximos entre si.

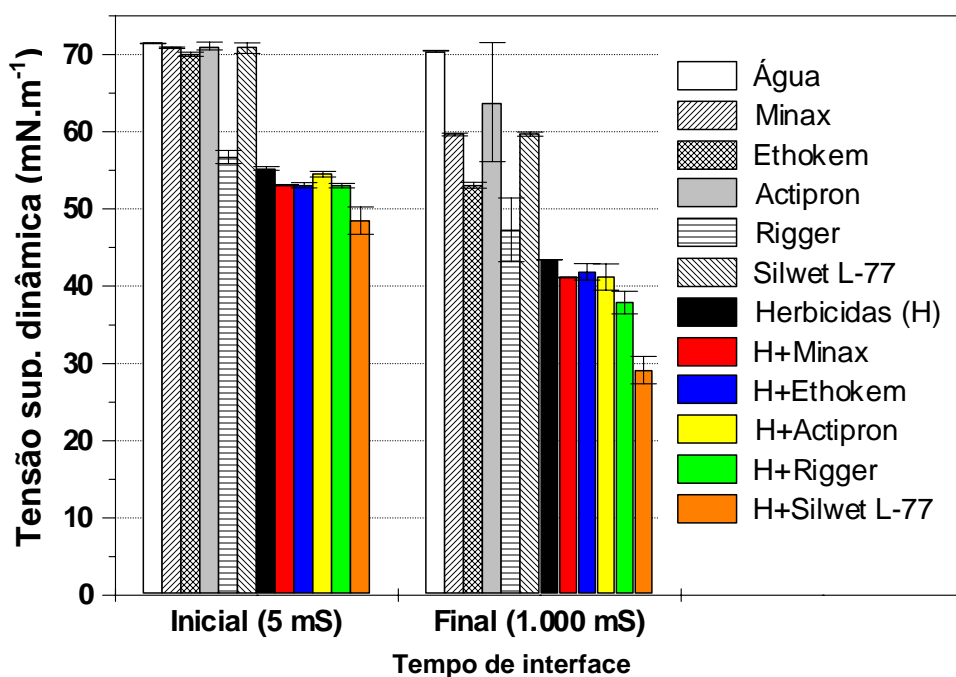


Figura 72. Efeito da adição dos adjuvantes e a presença da mistura dos herbicidas, na tensão superficial dinâmica ($\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$) das soluções de pulverização, no início e final das análises.

7 DISCUSSÃO

Considerando a deriva detectada nos coletores, foi possível observar que quanto menor a distância ou altura de coleta, maiores foram os valores de depósito (Figuras 9 a 56 e 61 e 62). Esse tipo de constatação é corroborada em pesquisas realizadas tanto em condições de túnel de vento (Lund, 2000; Costa et al., 2005a; Costa et al; 2006), como em campo (Costa et al., 2005b; Nuyttens et al., 2006).

Na apresentação dos resultados, pouco se fez referência aos depósitos detectados a 7 m de distância e principalmente a 0,5 m de altura, devido aos reduzidos valores detectados e a maior similaridade entre os tratamentos. Como se pode verificar nas Figuras 61 e 62, estas posições permitiram a coleta somente de 4 e 1% das somas totais de depósitos horizontais e verticais, respectivamente. Estudos que venham a tratar os dados obtidos e apresentá-los como procedeu-se neste trabalho, poderiam dispensar a utilização de coletores nestas posições. Entretanto, é conhecida a importância destes pontos de coleta para as pesquisas que se destinam a determinar índices para avaliação de deriva, como o “Local Environmental Risk Assessment for Pesticides” (Lerap) e “Drift Potential Index” (Dix), cujas utilizações e métodos de cálculo são descritos por Walklate et al. (2000) e Herbst & Ganzelmeier (2000), respectivamente. Além disso, quantidades de deriva que aparentemente

pouco representam em valores absolutos, podem mesmo assim significar danos ambientais. Neste caso, o herbicida 2,4-D pode ser citado como exemplo, cujos efeitos fitotóxicos em culturas sensíveis ocorrem com doses relativamente baixas, sendo da ordem de 1.10^{-3} em relação às recomendadas para o controle, de acordo com resultados de estudos obtidos por Rawson & Schrodter (1981), Hemphill & Montgomery (1981) e Gilreath et al. (2001).

Foi possível verificar, pelas Figuras 63 e 64, que o Silwet L-77 e principalmente Rigger, quando adicionados à água, aumentaram o tamanho das gotas pulverizadas para a maioria das pontas de pulverização. Em alguns casos isto também ocorreu para o Actipron. Entretanto, o adjuvante Ethokem resultou na diminuição do DMV e no aumento da % vol < 100 μm para as pontas XR, AI e DG. De maneira semelhante, em trabalhos realizados por Butler Ellis & Tuck (1999) e Holloway et al. (2000), foi observado que a adição de um óleo vegetal (Codacide), Silwet L-77 ou Actipron também promoveram aumento no diâmetro das gotas (DMV) geradas por pontas de pulverização do tipo cônica, de jato plano com pré-orifício, convencional ou jato plano uniforme. Ao adicionar Ethokem, os autores também observaram uma diminuição no tamanho das gotas, exceto para a ponta com jato cônico.

Ainda em relação às aplicações sem o uso dos herbicidas, observou-se que quanto maior o DMV, menores as % vol < 100 e as porcentagens de depósito de deriva, indicadas pelo depósito do traçador nos alvos verticais e horizontais. Isto ocorreu principalmente quanto às porcentagens de volume com gotas menores que 100 μm (Figura 64) e a deriva vertical detectada, quando utilizados os adjuvantes Ethokem, Rigger, Actipron e Silwet L-77 (Figura 57). Essa constatação é corroborada por Butler Ellis e Miller (1997), que informaram haver um significativo efeito dos adjuvantes sobre o tamanho de gota, sendo este o principal fator que influencia a deriva. Além disso, o fato de que as tecnologias que produziram gotas de maior diâmetro, em geral, diminuíram a deriva é reportado por Christofolletti (1999b) e Ozkan (2001). Adicionalmente, foi possível inferir que a % vol < 100 μm mostrou-se como a característica mais sensível às diferentes tecnologias testadas, quando comparado ao DMV, podendo ser um melhor indicativo para esse tipo de estudo.

Apesar dos adjuvantes Actipron e Silwet L-77 terem apresentado resultados de diminuição de deriva basicamente nas pulverizações sem os herbicidas (Figuras

57 e 58), estes compostos (óleo mineral e organossilicone, respectivamente) indicam perspectivas positivas para novos estudos com outras formulações de agrotóxicos. O adjuvante Ethokem, em geral, reduziu o tamanho das gotas (Figuras 63 e 64) e aumentou a deriva quando adicionado à água (Figuras 57 e 58), mas pouco efeito teve quando adicionado à mistura de 2,4-D e glyphosate (Figuras 59, 60, 67 e 68). Combella (1992), de maneira semelhante, observou que a adição de uma amina graxa poliethoxilada na mistura desses mesmos herbicidas, não promoveu reduções significativas na porcentagem de gotas menores que 100 µm, em pulverizações com a ponta de jato plano SS 110015 a 3 bar de pressão.

Para as aplicações contendo os herbicidas na calda, novamente foi possível constatar que o DMV e principalmente a % vol < 100 µm (Figuras 67 a 70), estavam relacionados com os menores valores de deriva obtidos nas pulverizações com o adjuvante Rigger e as pontas de pulverização AI 11002 e DG 11002 (Figuras 59 e 60). Os resultados observados com essas pontas reafirmam que os modelos de baixa deriva (“low-drift”) podem reduzir de maneira eficiente as perdas e o carregamento de agrotóxicos (Gil & Nordbo, 1993; Combella et al., 1996; Ozkan et al., 1997; Cunha et al., 2003; Schampheleire et al., 2006). Derksen et al. (1999) e Lund (2000) de maneira semelhante ao presente estudo, constataram menores valores de deriva para as pontas com indução de ar, em ensaios realizados em túnel de vento, assim como, Nuyttens et al. (2006) em um estudo de campo. Fietsam et al. (2004), em aplicações de glyphosate a campo ou em túnel de vento, também constataram que as pontas AI e DG resultaram em menor deriva em relação aos modelos convencionais, como o XR.

Pelos resultados dos depósitos individuais nos coletores, para uma mesma solução de aplicação, foi possível verificar que muitas vezes a ponta XR gerou maior deriva a 1,5 do que a 3,0 bar, principalmente nas maiores distâncias e alturas (Figuras 21 a 32 e 45 a 56). Poderia se esperar uma situação inversa, considerando que os maiores valores de tamanho de gota foram obtidos na menor pressão (Figuras 65, 66, 69 e 70). Questionamento semelhante pode ser feito em relação aos menores valores de diâmetro de gota detectados para a ponta TX, em relação à XR a 3 bar (Figuras 65 e 66), pois a ponta de jato cônico principalmente nos resultados obtidos com os coletores verticais, a partir de 0,2 m (Figura 21 a 26), gerou menor deriva do que a ponta de jato plano.

Em geral, apesar dos adjuvantes terem apresentado um efeito de aumento ou redução da deriva, foi possível notar que esta influência pode ter maior ou menor intensidade, dependendo da ponta de pulverização. De acordo com Butler Ellis & Tuck (1999) e Holloway et al. (2000), os efeitos dos adjuvantes variam com o tipo de ponta de pulverização. Além disso, em alguns casos esse efeito pode até ser inverso. Como por exemplo, o adjuvante Rigger aumentou a deriva quando foi adicionado a calda contendo os herbicidas na pulverização com a ponta TXVS-10, mas para XR 11002, DG 11002 e AI 11002, o efeito foi de redução (Figura 59). Por outro lado, para uma mesma ponta de pulverização foram verificadas variações nos níveis de deriva, ao utilizar adjuvantes diferentes. Isto ocorre em função das alterações das propriedades na solução de aplicação, segundo Sanderson et al. (1997), Buttler Ellis et al. (1998) e Fietsam et al. (2004).

Ainda relacionado às características das soluções de aplicação, foi verificado para todas as pontas de pulverização que a mistura dos herbicidas 2,4-D e glyphosate reduziu o efeito dos adjuvantes, em relação à deriva e ao tamanho das gotas obtidos quando os mesmos adjuvantes foram utilizados sem a presença dos herbicidas. Este efeito atenuante das formulações desses herbicidas também foi observado nos resultados obtidos no teste de tensão superficial dinâmica. Esta constatação pode estar relacionada à provável quantidade de adjuvantes previamente existentes nas formulações comerciais de 2,4-D e glyphosate utilizadas, resultando em alta concentração de aditivos na calda. Segundo Willians et al. (2000), o surfatante predominante nas formulações de glyphosate é o mesmo ingrediente ativo do adjuvante Ethokem (amina graxa poliethoxilada), o que pode também explicar o motivo pelo qual não houve efeito deste produto quando adicionado à mistura dos herbicidas. Esta informação também pode indicar o motivo das maiores porcentagens de deriva ocorridas com as caldas contendo a mistura 2,4-D+glyphosate, em relação àquelas sem a presença desses agrotóxicos. Neste sentido, Butler Ellis & Tuck (1999) e Miller & Butler Ellis (2000) mencionaram que o risco de deriva, além de ser influenciado pela ponta de pulverização, é afetado pelas propriedades físicas da formulação do agrotóxico e os adjuvantes.

Os resultados de deriva (Figuras 59 e 60) e tamanho de gota (Figuras 67 e 68) mostraram relação com os dados de TSD (Figuras 71 e 72) somente quando foram

adicionados os herbicidas nas soluções de aplicação. Nestes casos, a mistura 2,4-D+glyphosate implicou, em geral, em menor TSD e tamanho de gota, em relação à água, aumentando os depósitos de deriva nos coletores. Neste sentido, informações disponíveis na literatura também indicam que a redução na tensão superficial tende a diminuir o tamanho das gotas (Butler Ellis & Tuck, 1997) e aumentar a deriva (Christofoletti, 1999b). Entretanto, no presente estudo, as reduções na tensão ocorridas devido à adição dos adjuvantes em água, sem a presença dos herbicidas, não implicaram necessariamente na diminuição do diâmetro das gotas (Figuras 63 e 64) e/ou incremento nos depósitos de deriva (Figuras 57 e 58), em relação à testemunha (água). Corroborando com esta constatação, Chapple et al. (1993) verificaram que a mudança na TSD não se mostrou como um parâmetro eficiente para predizer os possíveis efeitos no diâmetro das gotas pulverizadas.

Considerando à eficiência dos dois grupos de tecnologias testados com o objetivo de reduzir a deriva nas aplicações dos herbicidas, é possível verificar que uma determinada ponta de pulverização pode resultar em uma diminuição de deriva maior do que um adjuvante, como pode ser observado, por exemplo, nos efeitos de redução isolados da ponta AI 11002 e do óleo vegetal Rigger. Esses tratamentos apresentaram, em geral, os melhores resultados dentro de cada uma das tecnologias estudadas. Entretanto, os dois tipos de tecnologias mostraram-se aditivos e sinérgicos em termos de redução de deriva. Exemplificando, o uso do óleo vegetal Rigger permitiu reduzir em três a quatro vezes os depósitos nos coletores, em relação às aplicações dos herbicidas sem adjuvantes, quando utilizada a ponta AI. Portanto, o uso conjunto de Rigger e da ponta AI permitiu reduzir drasticamente a deriva. Isto pode ser verificado nas duas menores distâncias e alturas de coleta, a partir dos resultados presentes nas Figuras 37 e 43, respectivamente. A adição de óleo vegetal também reduziu a deriva em túnel de vento em um estudo realizado por Western et al. (1999), além de ter promovido aumento no tamanho das gotas pulverizadas. Cunha et al. (2003) verificaram que a ponta de pulverização anti-deriva dotada de pré-orifício ADI-11002 ou a adição de óleo vegetal na calda de pulverização aumentaram o diâmetro das gotas e reduziram a deriva em aplicações de fungicida na cultura do feijoeiro. Entretanto, Sanderson et al. (1997) ao adicionar óleo vegetal na calda, não observaram alteração no tamanho das gotas ou no potencial de deriva para aplicações áreas do herbicida propanil. Segundo Ozkan (2001), embora a adição de determinados compostos na calda promovam a

redução de deriva, na maioria dos casos, a seleção de uma ponta de pulverização adequada é mais efetiva.

As pontas de pulverização estudadas são comercializadas no Brasil, o que permite o uso direto dessas tecnologias para as nossas condições. Entretanto, os adjuvantes utilizados nos testes com os herbicidas não têm registro em nosso país. Para usar as informações obtidas neste trabalho quanto à esse tipo de tecnologia, deve se considerar as moléculas que correspondam aos mesmos ingredientes ativos ou sejam similares, além das respectivas concentrações nos produtos comercializados. Nesse sentido também se deve considerar que os herbicidas utilizados nos testes também não são as mesmas formulações comerciais disponíveis no Brasil. Dessa maneira, os resultados e conclusões obtidos devem ser utilizados considerando as diferenças que podem haver entre as formulações tanto de adjuvantes quanto dos herbicidas, indicando haver a necessidade de mais pesquisas para as condições brasileiras, em laboratório e a campo.

Neste estudo, também foi possível verificar que a presença da mistura dos herbicidas nas soluções de pulverização ocasionou efeitos evidentes sobre a TSD, o diâmetro das gotas e a deriva. Essas observações indicam a importância de se considerar a utilização dos diferentes agrotóxicos e formulações nas futuras pesquisas envolvendo pulverização agrícola. Isto se deve principalmente ao fato de que os adjuvantes são utilizados para constituir as formulações dos defensivos agrícolas registrados e comercializados.

8 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi conduzido este trabalho, pode se concluir que:

- o efeito de pontas de pulverização e adjuvantes sobre o tamanho das gotas pulverizadas e quantidades de deriva detectada são dependentes;
- a ponta de pulverização AI 11002 resultou em pulverizações com diâmetro de gota maior e as maiores reduções de deriva entre as tecnologias estudadas;
- DG 11002 foi a segunda ponta de pulverização mais eficiente para geração de gotas maiores e controle de deriva;
- as pontas XR 11002 a 3 bar e TXVS-10, resultaram nas maiores porcentagens de deriva e menores tamanhos de gota, entre os tipos de pontas e pressões testados;
- a redução de 3 para 1,5 bar de pressão com a ponta XR 11002 diminuiu a porcentagem do volume pulverizado com gotas menores que 100 μm ;

- a adição do óleo vegetal Rigger resultou nos maiores aumentos no tamanho das gotas e reduções de deriva, entre os adjuvantes testados;

- o óleo mineral Actipron e o organosilicone Silwet L-77, quando adicionados à água, aumentaram o tamanho das gotas e diminuíram a deriva nas pulverizações;

- o adjuvante Ethokem, uma amina graxa poliethoxilada, reduziu o tamanho das gotas e aumentou a deriva e

- a mistura de 2,4-D e glyphosate atenuou os efeitos dos adjuvantes sobre a tensão superficial dinâmica, tamanho das gotas e deriva.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMSOM, A. **Pesticides rain down on southern Alberta**. Disponível em: <<http://www.exan.ca/Stories/1999/02/26/53.asp>>. Acesso em: 26 jun. 2003.

ALISTER, C.; KOGAN, M. Environmental risk index. A simple proposal to select agrochemicals for agricultural use. **Crop Protection**, v. 25, p. 202-211, 2006.

ANTUNIASSI, U.R. Spray drift: comparative perspectives between South America and Europe. **Aspects of Applied Biology**, v. 77, p. 267-273, 2006.

BARCELLOS, L.C.; CARVALHO, Y.C.; SILVA, A.L. Estudo sobre a penetração de gotas de pulverização no dossel da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Engenharia na Agricultura**, v.6, p. 81-94, 1998.

BODE, L.E.; BUTLER, B.J.; GOERING, C.E. Spray drift and recovery as affected by spray thickener, nozzle type and nozzle pressure. **Transactions of the ASAE**, v. 19, p. 209-218, 1976.

BUCHELI, T. D. et al. Occurrence and behavior of pesticides in rainwater, roof, runoff, and artificial stormwater infiltration. **Environmental Science & Technology**, v. 32, n. 22, p. 3457-3464, 1998.

BUTLER ELLIS, M.C. **The effect of spray liquid on the application of pesticide sprays.** In: RAETANO, C.G., ANTUNIASSI, U.R. *Qualidade em Tecnologia de Aplicação*. Botucatu: Fepaf, 2004. p. 167-176.

BUTLER ELLIS, M.C.; TUCK, C.R. How adjuvants influence spray formation with different hydraulic nozzles. **Crop Protection**, v. 18, n. 1, p. 101-109, 1999.

BUTLER ELLIS, M.C.; et al.. The effect of LI-700 on spray formation, transport and deposition. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADJUVANTS FOR AGROCHEMICALS, 5, 1998. **Proceedings...**1998. Memphis, p. 389-394.

BUTLER ELLIS, M.C., MILLER, P.C.H. The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles. **Crop Protection**, v. 16, n 1, p. 609-615, 1997.

BUTLER ELLIS, M.C.; TUCK, C.R. The effect of liquid properties on spray formation by flat fan nozzles. **Aspects of Applied Biology**, v. 48, p. 105-112, 1997.

CENTURION, M.A.C.; CORREIA, N.M.; SANCHES, V.C.R. Detached leaf culture: viability to evaluate 2,4-D toxicity symptoms in cotton apex leaves. **Journal of Environmental Science and Health**, Philadelphia, v. b40, n.1, p. 167-170, 2005.

CHAPPLE, C.A.; DOWNER, R.A.; HALL, F.R. Effects of spray adjuvants on swath patterns and droplet spectra for a flat-fan hydraulic nozzle. **Crop Protection**, v. 12, n. 8, p. 579-590, 1993.

CHOW, P.N.P. **Adjuvants in spray formulation in relation to foliar application of herbicides**. In: MATTHEWS, G.A.; HISLOP, E.C. Application technology for crop protection. CAB International, 1993. p. 291-304.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Teejet South America, 1999a. 14 p. (Boletim técnico, 5).

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South America, 1999b. 15 p. (Boletim técnico, 4).

COMBELLACK, J.H.; WESTERN, N.M.; RICHARDSON, R.G. A comparison of the drift potential of a novel twin fluid nozzle with conventional low volume flat fan nozzles when using a range of adjuvants. **Crop Protection**, v. 15, n. 2, p. 147-152, 1996.

COMBELLACK, J.H.; McSHANE, A.; ROBERT, G. RICHARDSON. **The influence of adjuvants on the performance of a glyphosate/2,4-D mixture**. In: FOY, C.L. Adjuvants for agrichemicals. CRC Press, 1992, p. 303-309.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S. **Efeito do estágio de desenvolvimento de culturas na sensibilidade a subdoses do herbicida 2,4-D**. In: RAETANO, C.G.; ANTUNIASSI, U.R. Qualidade em tecnologia de aplicação. Fepaf, 2004. p. 40-48.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; PAGLIARI, P.H. Efeitos e impacto econômico da aplicação de subdoses do herbicida 2,4-D, simulando deriva, sobre a cultura do fumo. **Boletim Informativo Ciência das Plantas Daninhas**, São Paulo, v. 10, Suplemento, p. 278-279, 2004.

COSTA, A.G.F.; MILLER, P.C.H.; TUCK, C.R. The development of wind tunnel protocols for spray drift risk assessment. **Aspects of Applied Biology**, v. 77, p. 289-294, 2006.

COSTA, A.G.F. et al. Validation of wind tunnel methods for assessing the drift from agricultural spraying systems. In: THE BCPC INTERNATIONAL CONGRESS – CROP SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2005, Glasgow. **Abstracts...** Alton: BCPC, 2005a. p. 897-902.

COSTA, A.G.F. et al. Methods to estimate losses in preemergence herbicide sprays. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 74, n. 1, p. 8-15, 2005b.

CUNHA, J.P.A.R. et al. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulica de jato plano e jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, v. 39, n. 19, p. 977-985, 2004

CUNHA, J.P.A.R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p. 325-332, 2003.

DERKSEN, R.C. et al. Droplet spectra and wind tunnel evaluation of venturi and pre-orifice nozzles. **Transactions of the ASAE**, v. 42, n. 6, p. 1573-1580, 1999.

DEXTER, A.G. **Herbicide spray drift**. Disponível em: <<http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/weeds/a657w.htm>>. Acesso em: 21 jan. 2006.

FAGLIARI, J.R.; OLIVEIRA, R.S.; CONSTANTIN, J. Impact of sublethal doses of 2,4-D simulating drift, on tomato yield. **Journal of Environmental Science and Health**, Philadelphia, v. b40, n. 1, p. 201-206, 2005.

FAGLIARI, J.R. et al. Efeitos e impacto econômico da aplicação de subdoses de 2,4-D, simulando deriva, sobre o tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). **Boletim Informativo Ciência das Plantas Daninhas**, São Paulo, v. 10, Suplemento, p. 200, 2004.

FIETSAM, J.F.W.; YOUNG, B.G.; STEFFEN, R.W. Herbicide drift reduction to drift control agents with glyphosate. **Transactions of the ASAE**, v. 47, n. 5, p. 1405-1411, 2004.

FOLONI, L.L. Impacto ambiental do uso de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz-do-Iguaçu. **Palestras...** Londrina: SBCPD, 2000. p. 49-91.

FRIEDRICH, T. **Quality in pesticide application technology**. In: RAETANO, C.G.; ANTUNIASSI, U.R. Qualidade em tecnologia de aplicação. Fepaf, 2004. p. 93-109.

GAZZIERO, D.L.P. et al. Herbicide alternatives for 2,4-D in no-till cropping systems. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3, 2000, Foz do Iguaçu-Brasil. **Abstracts...** Corvallis: Weed Science Society, 2000. p. 134.

GIL, E.; NORDBO, E. Laboratory measurements of drift potential with conventional nozzles, low-drift nozzles and air assistance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PESTICIDES APPLICATION TECHNIQUES, 2, 1993, Strasbourg. **Proceedings...** ANPP, 1993, v. 1, p. 141-148.

GILREATH, J.P.; CHASE, C.A.; LOCASCIO, S.J. Crop injury from sublethal rates of herbicide. III. Pepper. **Hortscience**, Florida, v. 36, n. 4, p. 677-681, 2001.

HALL, F.R.; FOX, R.D. **The reduction of pesticide drift**. In: FOY, C.L.; PRITCHARD, D.W. Pesticide formulation and adjuvant technology. CRC Press, 1996. p. 209-239.

HEMPHILL, D.D.Jr.; MONTGOMERY, M.L. Response of vegetable crops to sublethal application of 2,4-D. **Weed Science**, Aurora, v. 29, n. 6, p. 632-635, 1981.

HERBST, A.; GANZELMEIER, H. Classification of sprayers according to drift risk – a German approach. **Aspects of Applied Biology**, v. 57, p. 35-40, 2000.

HEWITT, A.J. Spray drift: impact of the requirements to protect the environment. **Crop Protection**, v. 19, p. 623-627, 2000.

HOFFMANN, W.C.; KIRK, I.W. Spray deposition and drift from two “medium” nozzles. **Transactions of the ASAE**, v. 48, n. 1, p. 5-11, 2005.

HOLLOWAY, P.J. et al. Effects of some agricultural tank-mix adjuvants on the deposition efficiency of aqueous sprays on foliage. **Crop Protection**, v. 19, p. 29-37, 2000.

KNOCHE, M. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. **Crop Protection**, v. 13, n. 3, p. 163-178, 1994.

LUCHINI, L.C. **Dinâmica ambiental dos agrotóxicos**. In: RAETANO, C.G.; ANTUNIASSI, U.R. Qualidade em tecnologia de aplicação. Fepaf, 2004. p. 36-39.

LUND, I. Nozzles for drift reduction. **Aspects of Applied Biology**, v. 57, p. 97-102, 2000.

MATTHEWS, G.A. **Application of Pesticides to Crops**. London: Imperial College Press, 1999. 325 p.

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

MILLER, P.C.H. **Reducing the risk of drift from boom sprayers**. In: RAETANO, C.G.; ANTUNIASSI, U.R. Qualidade em tecnologia de aplicação. Fepaf, 2004. p. 110-124.

MILLER, P.C.H.; BUTLER ELLIS, M.C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, v. 19, p. 609-615, 2000.

MILLER, P.C.H.; BUTLER ELLIS, M.C. A review of spray generation, delivery to the target and how adjuvants influence the process. **Plant Protection Quarterly**, v. 12, n. 33, 1997.

MILLER, P.C.H. **Spray drift and its measurement**. In: MATTHEWS, G.A.; HISLOP, E.C. Application technology for crop protection. CAB International, 1993. p. 101-122.

MONTÓRIO, G. A. **Eficiência dos surfatantes agrícolas na redução da tensão superficial**. 2001. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - FCA/UNESP, Botucatu, 2001.

NUYTTENS, D. et al. Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part 2: Spray application technique. **Aspects of Applied Biology**, v. 77, p. 331-339, 2006.

OLIVEIRA JR, R.S. et al. Simulação de deriva do herbicida 2,4-D sobre uva. **Boletim Informativo Ciência das Plantas Daninhas**, São Paulo, v. 10, Suplemento, p. 279, 2004.

OZKAN, H.E. **Reduzindo a deriva nas pulverizações**. Disponível em: <<http://www.comam.com.br>>. Acesso em: 17 jul. 2001.

OZKAN, H.E. et al. Shields to reduce spray drift. **Journal Agricultural Engineering Research**, v. 67, p. 311-322, 1997.

PARKIN, C.S. **Methods for measuring spray droplet sizes**. In: MATTHEWS, G.A.; HISLOP, E.C. Application technology for crop protection. CAB International, 1993. p. 57-84.

PHILLIPS, J.C.; MILLER, P.C.H. Field and wind tunnel measurements of the airborne spray volume downwind of single flat-fan nozzles. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 72, p. 161-170, 1999.

RAWSON, J.E.; SCHRODTER, G.N. Preliminary study of the effects of simulated herbicide drift on cotton. In: AUSTRALIAN WEEDS CONFERENCE, 6, 1981, Queensland. **Proceedings...** Queensland: Dep. Prim. Ind., 1981, p. 137-138.

RENNE, D.S.; WOLF, M.A. Experimental studies of 2,4-D herbicide characteristics. **Agricultural Meteorology**, v. 20, p. 7-24, 1979.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5. Londrina: edição dos autores, 2005. 592 p.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 4. Londrina: edição dos autores, 1998. 648 p.

RONCHI, C. P. et al. Effect of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid applied as a herbicide on fruit shedding and coffee yield. **Weed Research**, v. 45, n. 1, p. 41-47, 2005.

SALYANI, R.P.; CRONWELL, R.P. Spray drift from ground and aerial applications. **Transactions of the Asae**, v.35, n. 4, p. 1113-1120, 1992.

SANDERSON, R. et al. Relative drift potential and droplet size spectra of aerially applied propanil formulations. **Crop Protection**, v. 16, p.717-721, 1997.

SANDERSON, R. et al. Effect of spray additives on droplet size and drift potential of aerial sprays. In: BRINGTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS, 1993, Brighton. **Proceedings...**Surrey: BCPC, 1993. p. 1319-1324.

SCHAMPHELERE, M. et al. The assessment of spray drift damage for grassland in Belgium. **Aspects of Applied Biology**, v. 77, p. 275-280, 2006.

SPADOTTO, C.A. Monitoramento e avaliação de impactos de herbicidas no ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Palestras...** Londrina: SBCPD, 2002. p. 56-65.

SPRAYING SYSTEMS CO. **Mobile Systems Products - Catalog 49AM**. Wheaton: Spraying Systems Company, 2004. 176 p.

STOUGAARD, R.M. Adjuvant combinations with quizalofop for wild oat (*Avena fatua*) control in peppermit (*Mentha piperita*). **Weed Technology**, v. 11, p. 45-50, 1997.

TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. 1997. 310 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

THE PESTICIDES SAFETY DIRECTORATE. **Pesticides products with approval for use in the UK**. Disponível em: <<https://secure.pesticides.gov.uk/pestreg/ProdSearch.asp>>. Acesso em: 11 fev. 2005a.

THE PESTICIDES SAFETY DIRECTORATE. **Local Environment Risk Assessment for Pesticides**. Disponível em: <http://www.pesticides.gov.uk/safe_use.asp>. Acesso em: 11 fev. 2005b.

THREADGILL, E. D.; SMITH, D. B. Effects of physical and meteorological parameters on the drift of controlled-size droplets. **Transactions of the ASAE**, v. 18, n. 1, p. 51-56, 1975.

ULUDAG, A.; KUSDEMIR, A.; UREMIS, I. Drift effects of 2,4-D on cotton. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3, 2000, Foz do Iguaçu. **Abstracts...** Corvallis: Weed Science Society, 2000. p. 242.

UNSWORTH, J.B. et al. Significance of the long range transport of pesticides in the atmosphere. **Pure Application Chemical**, Great Britain, v. 71, n. 7, p. 1359-1383, 1999.

VELLOSO, J.A.R.; GASSEN, D.N.; JACOBSEN, L.A. Características da tecnologia de aplicação. In:____. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra**. Passo Fundo: Centro Nacional de Pesquisa de Trigo/Embrapa, 1984. p. 10-14.

WALKLATE, P.J.; MILLER, P.C.H.; GILBERT, A.J. Drift classification of boom sprayers based on single nozzle measurements in a wind tunnel. **Aspects of Applied Biology**, v. 57, p. 49-56, 2000.

WALKLATE, P.J. et al. A similarity scaling principle for risk assessment on spray drift. ILASS B EUROPE, 1998. **Proceedings...**, 1998. p. 499-504.

WESTERN, N.M.; HISLOP, E.C.; BIESWAL, M. Drift reduction and droplet size in sprays containing adjuvant oil emulsions. **Pesticide Science**, v. 55, n. 6, p. 640-642, 1999.

WESTERN, N.M. et al. Comparative drift measurements for BCPC reference nozzles and for an Airtec twin fluid nozzle under controlled conditions. BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS, 1989. **Proceedings...**, 1989, 641-648.

WILLIAMS, G.M; KROES, R.; MUNRO, I.C. Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 31, p. 117-165, 2000.

WOLF, T.M. Low-drift nozzle efficacy with respect herbicide mode of action. **Aspects Applied Biology**, v. 57, p. 29-34, 2000.

YATES, W.E.; EKESSON, N.B.; BAYER, D.E. Drift of glyphosate sprays applied with aerial and ground equipment. **Weed Science**, v.26, n. 6, p.597- 604, 1978.

ZHU, H. et al. Effects of polymer composition and viscosity on droplet size of recirculated spray solutions. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 67, p. 35-45, 1997.