

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**MÉTODOS DE COLETA DE DEPOSIÇÃO PARA ENSAIOS DE
DERIVA EM APLICAÇÕES AÉREAS**

RODOLFO GLAUBER CHECHETTO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia como requisito do programa de pós-graduação Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**MÉTODOS DE COLETA DE DEPOSIÇÃO PARA ENSAIOS DE
DERIVA EM APLICAÇÕES AÉREAS**

RODOLFO GLAUBER CHECHETTO

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia como requisito do programa de pós-
graduação Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2015

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

Chechetto, Rodolfo Glauber, 1987-
C514m Métodos de coleta de deposição para ensaios de deriva em
aplicações aéreas / Rodolfo Glauber Chechetto. - Botucatu :
[s.n.], 2015
ix, 80 f. : fots. color.; grafs., ils., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Fa-
culdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi
Inclui bibliografia

1. Defensivos vegetais - Tecnologias de aplicação. 2. In-
seticidas - Pulverização. I. Antuniassi, Ulisses Rocha. II.
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
(Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas.
III. Título.



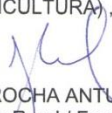
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE BOTUCATU
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÔNICAS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "MÉTODOS DE COLETA DE DEPOSIÇÃO PARA ENSAIOS DE DERIVA EM APLICAÇÕES
AÉREAS"**

AUTOR: RODOLFO GLAUBER CHECHETTO
ORIENTADOR: Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA
(ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI
Depto de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu


Prof. Dr. OTAVIO JORGE GRIGOLI ABI SAAB
Depto de Agronomia / Universidade Estadual de Londrina


Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA
Depto de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu


Prof. Dr. EDIVALDO DOMINGUES VELINI
Depto de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu


Prof. Dr. JOÃO PAULO ARANTES R. DA CUNHA
Depto de Engenharia Agrícola / Universidade Federal de Uberlândia

Data da realização: 11 de dezembro de 2015.

“... Respeite quem pode chegar onde a gente chegou... E a gente chegou muito bem... Sem desmerecer a ninguém... Enfrentando no peito um certo preconceito e muito desdém...” (Jorge Aragão)

Dedico

Ao meu Pai Claudenir Aparecido Chechetto;
E minha mãe Rosimeire Machado Chechetto.

“Coming together is a beginning. Keeping together is progress. Working together is success.” (Henry Ford)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e por me permitir estar motivado em toda a minha caminhada.

Aos meus pais, meus exemplos de humildade e honestidade, por sempre acreditarem na importância dos meus estudos, obrigado por sempre confiarem em mim e a todos os meus familiares por serem tão presentes na minha vida.

Ao professor Dr. Ulisses Rocha Antuniassi pelo apoio durante todo o período da minha pós-graduação, obrigado por sempre ser incansável nos ensinamentos, por permitir tamanho crescimento profissional e principalmente por confiar, não só em mim, mas como em toda a equipe. Para mim um exemplo de liderança, por sempre deixar claro que a melhor forma de se ter respeito é ser correto! Foi uma sorte muito grande ser seu orientado!

Ao professor Dr. Marco Antonio Gandolfo pelo apoio e incentivo em toda minha trajetória acadêmica, marcando o início do meu estágio de iniciação científica na graduação até a conclusão desse doutorado. Com certeza um incentivador para quem quer seguir em frente.

Ao professor Dr. Paulo Roberto Arbex Silva pelo apoio dentro e fora da Universidade, terá sempre meu agradecimento pela forma que me recebeu no Campus quando iniciei a pós-graduação e também por sempre contribuir nas minhas pesquisas durante os meus 7 anos no Campus Lageado.

Aos professores Dr. Edivaldo Domingues Velini, Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha e Dr. Otavio Jorge Grigoli Abi Saab pelo comprometimento em participar da minha banca e pelas sugestões apresentadas para a melhoria dessa pesquisa.

Aos pesquisadores Dr. Andrew John Hewitt, Dr. Chris O'Donnell e Msc. J. Connor Ferguson do 'Center for Pesticide Application and Safety' (CPAS) da 'The University of Queensland', Austrália, pela importante contribuição nas discussões dessa pesquisa.

Aos amigos e pesquisadores da 'The University of Queensland', Austrália, Leandro Soares Martins, Tiago Alves Corrêa Carvalho da Silva, João Carlos Martins de Freitas Jr., Eduardo Prado e Vinicius Carneiro de Souza pelos conhecimentos e bons momentos trocados dentro e fora da Universidade.

Aos amigos do meu grupo de pesquisa, Alisson Mota, Fernando Kassis, Caio Moreira, Ulisses Gandolfo, Henrique Soares, Thalyson Medeiros, Dante e Alexandre Basso, Marcella Guerreiro, Raquel Berna e Gabriela Toniolo pelos bons momentos e por todo o aprendizado que adquiri com vocês.

Aos incansáveis amigos de Itapuí (minha cidade natal), Marcelo Colovati, Eduardo Guadagnucci, Luis Otávio, Alexandre Junior, Anderson Masson, Paulo Souza, Fernando Carvalho, David Freitas, Ricardo Avanti, Ricardo Neri, Ricardo Fava, Bruno e Vinicius Guiseppin, Cássio Hoffmann, Fábio Mazzo, João Lelis, Rodrigo Vincenzi e a todos que me proporcionaram grandes e felizes momentos vividos, com certeza um ponto de segurança e tranquilidade.

Aos amigos de Botucatu, Luiz Pannuti, Renato Guedes, Lucas Viegas, Magnun Antonio, Saulo Fernando, Tiago Correia, Givaldo Neto, Lucas Holanda, Anderson Ravanny, Vinicius Paludo, Felipe Cordova, Fabiano Spirandelli, Lia Harumi Kato e a todos que passei bons momentos juntos nesses quase 4 anos de doutorado.

Aos alunos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), campus Chapadão do Sul, Heloísa Bueno de Souza e Raul Rodolfo Francischetti Gabriel e o Prof. Dr. Fabio Henrique Rojo Baio pela assistência na coleta das amostras em campo.

A todos os funcionários e colaboradores da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Campus de Botucatu (Lageado) pelo acolhimento durante todos esses anos.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1 Produtos fitossanitários.....	8
2.2 Inseticidas: Neonicotinóides e piretróides	9
2.3 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	11
2.4 Aviação agrícola	13
2.4.1 Aplicação aérea de produtos fitossanitários	14
2.5 Deriva: Potencial de impacto ao ambiente.....	16
2.5.1 Modelagem de deriva.....	19
2.5.2 Metodologia para determinação da deriva	23
2.5.3 Traçadores para avaliações de deposição e de deriva	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Local	28
3.2 Tratamentos e condições operacionais	28
3.3 Avaliação da deriva utilizando coletores artificiais	30
3.3.1 Coletores.....	30
3.3.2 Coleta das amostras.....	34
3.4 Degradação e retenção do corante	37
3.5 Cálculos do índice de deriva.....	39
3.6 Análises estatísticas	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41

4.1 Parâmetros climáticos	41
4.2 Índices de degradação e retenção.....	42
4.3 Índices de deriva horizontal	42
4.4 Índices de deriva vertical	51
4.5 Correlações entre os coletores utilizados.....	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
6 CONCLUSÕES	63
7. REFERÊNCIAS	64
8. APÊNDICE	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias gerais das condições climáticas considerando todas as repetições.	41
Tabela 2. Média recuperada e fator de correção para cada tipo de coletor.	42
Tabela 3. Índice de deriva para as distâncias avaliadas com coletores horizontais e o percentual de redução da deriva.	44
Tabela 4. Índice de deriva nos coletores verticais considerando a média dos três pontos de coleta em cada distância, na média os Tratamentos GM e GF.	53
Tabela 5. Correlação entre os métodos de coleta vertical e horizontal.	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Detalhes da simulação das condições de aplicação (á esquerda) e da simulação das trajetórias das gotas pulverizadas, próximas à ponta de pulverização. Modelo da trajetória balística das gotas (- - - - -); Modelo “Randon-walk” (————) (à direita); Adaptado de Miller; Hadfield (1989).	21
Figura 2. Pontas CP-03 utilizadas no ensaio, detalhe para a asa esquerda da aeronave com 14 pontas, em um total de 28 (a) e detalhe da ponta CP-03 com as regulagens das alavancas (b).	29
Figura 3. Etapa de mistura da calda utilizada em cada repetição.	30
Figura 4. Coletor de deriva montado no ensaio e o método de identificação (a) e detalhe da posição e fixação no suporte (b).	31
Figura 5. Coletores utilizados no ensaio para a coleta vertical de deriva (a) e detalhe para a disposição dos fios de nylon (b).	32
Figura 6. Croqui da área trabalhada com detalhe para a disposição dos coletores.....	33
Figura 7. Retirada dos fios de nylon dos suportes plásticos.....	34
Figura 8. Espectrofotômetro utilizado para as leituras das amostras.	36
Figura 9. Imagens da avaliação da degradação e retenção em lâmina de vidro (a) e em fios de nylon (b).....	38
Figura 10. Modelos de estimativa da deriva nos coletores horizontais na média de todas as repetições em cada tratamento (GM e GF).	48
Figura 11. Detalhamento dos pontos para as distâncias entre 200 e 500 m para os modelos de estimativa da deriva nos coletores horizontais na média de todas as repetições em cada tratamento (GM e GF).....	49
Figura 12. Modelo de estimativa da deriva nos coletores verticais considerando a média dos três pontos de coleta em cada distância para os tratamentos GM e GF.	56
Figura 13. Detalhamento dos pontos nas distâncias de 200 a 500 m no modelo de estimativa da deriva nos coletores verticais, considerando a média dos três pontos de coleta em cada distância para os tratamentos GM e GF.....	57
Figura 14. Correlação dos valores para coletores horizontais em função dos valores de deriva para os coletores verticais para o tratamento com gotas médias (GM).	59

RESUMO

A produção agrícola em grande escala se tornou pouco viável sem a utilização de produtos fitossanitários. Esses são responsáveis por controles preventivos e curativos das plantas cultivadas em relação a problemas causados por insetos-pragas, doenças e plantas daninhas, porém, deve-se evitar a contaminação ambiental, humana e do alimento por meio da deriva, que é a perda do produto fitossanitário aplicado para locais não desejados. Para que essa deriva seja evitada, busca-se adquirir um conhecimento do comportamento das gotas após as pulverizações, principalmente em aplicações aéreas, onde as condições climáticas são ainda mais determinantes. Neste contexto, o objetivo dessa pesquisa foi analisar, comparativamente, os métodos de coleta de dados para modelagem de deriva com coletores horizontais e verticais em pulverizações de gotas finas e médias, visando analisar as implicações da escolha de um dos métodos e correlacionar os dados obtidos em ambas as metodologias em aplicação aérea. Foram avaliados dois tratamentos com quatro repetições, com gotas finas (GF) e médias (GM) pulverizadas com uma aeronave Ipanema e ponta de pulverização CP-03, em que foi pulverizada uma calda contendo uma concentração de inseticida em mistura ao corante azul brilhante. A deriva foi avaliada fora da área aplicada, na direção do vento predominante, por meio de coletores horizontais (lâminas de vidro) e coletores verticais (fios de nylon) distribuídos até 500 metros em relação à área aplicada. Os dados do índice de deriva foram calculados por meio de espectrofotometria e as médias do índice de deriva foram agrupados e ajustados para uma curva (modelo) através das médias e correlacionados a partir do coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade. Nos dois tipos de coletores avaliados o tratamento com gotas finas

(GF) apresentou maior valor de deriva comparado ao tratamento com gotas médias (GM). Na coleta vertical, o tratamento GM propiciou índices de deriva 50,0% menores na comparação direta com o GF e na coleta horizontal o tratamento GM propiciou índices de deriva 56,8% menores na comparação direta com o GF. A partir do ponto a 380 metros até a distância de 500 metros da área aplicada foi observada uma inflexão, em que o índice de deriva capturado nos coletores horizontais passa a ser maior para o tratamento GM. Nas correlações para avaliar o comportamento dos diferentes coletores para os tratamentos testados foi possível observar que para ambos os coletores a correlação foi significativa e positiva somente para o tratamento GM. É conclusivo, para esse estudo, que para o tratamento GM os dois tipos de coletores estudados apresentam correlação significativa e positiva a variação do índice de deriva. As gotas finas permanecem na corrente de ar por maiores distâncias e os coletores horizontais são ineficientes na coleta dessas gotas em tal camada, sendo os coletores verticais o melhor método para a coleta da deriva em aplicação aérea, por não haver inflexão nos tratamentos analisados e por apresentarem uma boa eficiência na coleta dos tratamentos com gotas finas e médias.

COMPREHENSIVE STUDY OF DEPOSITION METHOD COLLECTION SPRAY DRIFT IN AERIAL APPLICATION

Author: RODOLFO GLAUBER CHECHETTO

Adviser: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

SUMMARY

Modern large-scale agricultural production is not possible without the use of pesticides. These products are responsible for the maintenance, prevention and protection of crops against problems caused by pests, diseases and weeds. Additionally, a great deal of care has been taken to avoid the environmental, human and food contamination from spray drift, which is defined as the loss of applied pesticide to undesirable locations. To achieve this goal, knowledge of the behavior of droplets after the spraying, especially in aerial application, is even more crucial given the greater effect of climatic conditions. Thus, the aim of this study was to comparatively analyze the methods of data collection for modeling spray drift in aerial application with horizontal and vertical collectors in order to analyze the implications of the choice of a method and correlate the data obtained in both methodologies. Two treatments with four repetitions, a Fine spray (GF) and a Medium spray (GM), were used. The treatments were made using an aircraft (Ipanema) equipped with CP nozzles, and sprayed insecticide + Brilliant Blue dye as the spray solution. The drift was evaluated downwind from the applied area, using horizontal collectors (glass slides) and vertical collectors (nylon strings) positioned at distances up to 500 meters downwind of the applied area. The data for the drift index were determined from the spectrophotometry method and averages of the drift index were grouped and adjusted to a curve (model) through the averages and correlated the data from the Pearson Coefficient at a 5% probability. Results showed that with both collector types higher drift values were observed with the Fine spray than the treatment with the Medium spray. Results from the vertical collectors showed that the treatment with the Medium spray had a drift index 50.0% lower than the treatment with the Fine spray. Results from the horizontal collectors showed that the treatment with the Medium spray had a drift index 56.8% lower than the treatment with the Fine spray. From the

collector at 380 meters downwind until 500 meters downwind from the applied area resulted in an inversion, where the drift index collected from the horizontal collectors was larger with the Medium spray treatment than the Fine spray treatment. When the correlations were calculated, the results for both collector types showed a significant and positive correlation only to Medium spray. It is conclusive from this study that to Medium spray to both types of the collectors showed significant and positive correlation the variation of the drift index. The Fine spray remained suspended in the air for longer distances and the horizontal collectors were unable to collect them in these conditions. The vertical collectors were the best method to capture drifting droplets in aerial application, given the lack of inversion from the treatments and in part from the good collection efficiency with both the Medium and Fine spray treatments.

Keywords: application technology, insecticides, drift modeling, drift index.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é, sem dúvidas, um dos mais importantes países agrícolas do mundo. Sua produção de grãos, plumas, hortifrúti e outros produtos crescem a cada ano, porém, esse crescimento não é acompanhado pelo incremento da área plantada, que apresentou nos últimos anos um aumento pouco significativo comparado ao de sua produção. Com isso, fica evidente que esse crescimento de produção se deve a vários fatores ligados aos avanços das pesquisas na área agrícola, principalmente, a biotecnologia e a utilização de produtos fitossanitários. Esses últimos auxiliam diretamente a segurança das lavouras frente a obstáculos como plantas invasoras, doenças e insetos-praga e, com isso, assegurando a qualidade da produção.

Esses produtos fitossanitários são definidos pelo art. 2º da Lei nº 7802 de 11 de Julho de 1989:

“Art. 2º Para os efeitos desta Lei, consideram-se: I – Agrotóxicos e afins: a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da

fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;

Porém, há uma discordância perante esse termo por meio da comunidade técnica e científica, frente ao citado na Lei como “agrotóxicos e afins”. Com isso, pode-se encontrar diversas denominações para o mesmo produto, como: Agrotóxico, defensivo agrícola, insumo agrícola, produto fitossanitário, pesticida, praguicida, entre outros. Por meio disso será adotado o termo produto fitossanitário para a definição do grupo de produtos herbicidas, fungicidas, inseticidas e adjuvantes na presente pesquisa.

Os produtos fitossanitários vêm sendo desenvolvidos em novas formulações, para a melhoria de características como volatilidade, toxicidade, homogeneidade em tanque, entre outras características, que ocasionem uma menor contaminação do ambiente e vem sendo relacionados como um dos principais fatores para o crescimento da produção agrícola. Por outro lado, o uso racional desses produtos é pouco praticado na lavoura, sendo necessária uma maior conscientização dos operadores e aplicadores, e principalmente, na melhor capacitação dos técnicos responsáveis pela tomada de decisões das operações de aplicação desses produtos fitossanitários.

Diversas formas de aplicação desses produtos são conhecidas no Brasil, sendo a principal delas realizada por meio da pulverização hidráulica. Dentre os equipamentos de pulverização hidráulica, os de deslocamento terrestre representam a maior parte da frota brasileira e os aéreos, que por sua vez, são muito importantes em regiões de extensas propriedades rurais, em culturas com sistema de irrigação por alagamento e em culturas de grande porte, como cana-de-açúcar e culturas florestais, onde a utilização e o acesso de equipamentos terrestres não são tão eficientes.

Um importante fator relacionado a característica da pulverização é o tamanho de gotas. Esse é selecionado por diversas formas, como o tipo e o modelo das pontas de pulverização, pressão de trabalho, velocidade de voo, tipos de mistura em tanque, entre outros fatores indiretos. O tamanho de gotas em uma pulverização determina a cobertura do alvo e é diretamente relacionado com a característica dos produtos fitossanitários quanto a sua característica sistêmica, contato, translaminar, entre outras e assim determinando muitas vezes a eficácia da pulverização. O tamanho de gotas também possibilita avaliar o potencial de deriva em uma pulverização através das análises do espectro de gotas, onde são denominadas aquelas para redução de deriva como Técnicas de Redução de Deriva, as TRD's.

Existem muitos questionamentos a pesquisadores e a órgãos ambientais sobre a magnitude da contaminação gerada pela deriva de aplicações de produtos fitossanitários, principalmente por via aérea, sendo que há poucas pesquisas, no cenário nacional, para esclarecer tais dúvidas e um dos motivos dessa falta de pesquisas dá-se pelas dificuldades no estabelecimento dos campos experimentais, para a coleta e quantificação da deriva gerada.

Para a coleta dessa deriva, existem diversos métodos utilizados em pulverizações, variando o tipo e o modelo dos coletores, a posição desses em relação à área aplicada e ao solo, as distâncias de coleta, a utilização de corantes ou ingredientes ativos como traçadores, a forma de extração das amostras, entre outras. Todos esses fatores possibilitaram a construção de um real cenário do alcance da deriva gerada em diferentes situações, aproveitado por muitos pesquisadores para a elaboração de modelagens de deriva que auxiliam na tomada de decisão para as pulverizações, tão como na criação de zonas de segurança a partir da escolha de determinado tamanho de gotas geradas nas pulverizações.

Essas pesquisas internacionais também embasaram a criação de normas, como a ASAE/ASABE S561.1 (2009), que foi usada como referência para a presente pesquisa, porém, essa não apresenta se há diferenças para a deriva mensurada com coletores verticais ou horizontais e nem ao menos cita a forma de coleta vertical da deriva. Já no âmbito nacional, não há pesquisas que estabelecem se há diferenças entre os métodos de coleta horizontal e vertical da deriva gerada pelas pulverizações de produtos fitossanitários, o que aumenta a necessidade de informações de qual o melhor método para se utilizar em uma coleta de deriva, principalmente a gerada pela aplicação aérea.

Com esse cenário, o objetivo dessa pesquisa foi comparar os métodos de coleta de dados para modelagem de deriva de produtos fitossanitários com coletores horizontais e verticais em pulverizações com gotas finas e médias, visando analisar as implicações da escolha de um dos métodos, assim como correlacionar os dados obtidos em ambas as metodologias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produtos fitossanitários

Os produtos fitossanitários, conhecidos também por defensivos agrícolas ou agrotóxicos são parte fundamental para o manejo fitossanitário e em conjunto com outras práticas agrícolas, se utilizados racionalmente, contribuem para a minimização do impacto ambiental nos cultivos agrícolas causados por surtos de insetos-praga, plantas daninhas e doenças, a assim contribuir, consequentemente, para a manutenção do potencial produtivo (RAETANO, 2011; MMA, 2015). Os mesmos autores descrevem que a falta de conhecimento, os abusos negligenciados, o grau de risco, as inter-relações do produto com o ambiente e a periculosidade exigem, cada vez mais, um maior comprometimento no uso dos produtos fitossanitários.

Segundo a FAO (2014), o mercado global de produtos fitossanitários movimenta em torno de US \$ 30 bilhões por ano e com tendências a expandir. Desse levantamento financeiro, os países da América Latina são responsáveis por 19% do mercado mundial (FREDONIAGROUP, 2014).

Em virtude da importância, tanto para a classificação da toxicidade quanto à escala de uso dos produtos fitossanitários no Brasil, esses têm uma ampla cobertura legal e com um grande número de normas aprovadas pela legislação Brasileira (MMA, 2015). Ainda na mesma fonte, o referencial mais importante é a Lei nº 7802/89, que rege o processo de registro de um produto fitossanitário, regulamentada pelo Decreto nº 4074/02.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento apresentou registro de 1283 novos produtos fitossanitários de 2005 a 2014, sendo o maior número registrado no ano de 2007 com 202 registros (MAPA, 2015). Destaque para o ano de 2013, onde foram registrados 110 produtos, desses, 23 foram de forma emergencial, devido ao ataque da lagarta *Helicoverpa armigera*, sendo a mesma praga responsável pelo registro de mais 10 produtos de forma emergencial no ano de 2014 (MAPA, 2014).

Em números fornecidos pelo MAPA (2015) onde pode-se observar os registros para os tipos de produtos fitossanitários, somente no ano de 2014 foram obtidos os registros para 50 novos inseticidas e no ano de 2015 foram registrados 21 novos produtos fitossanitários, sendo três desses, inseticidas. Segundo a SINDIVEG (2015) foram comercializados no Brasil no ano de 2013 cerca de 4,6 bilhões de dólares em inseticidas.

2.2 Inseticidas: Neonicotinóides e piretróides

Os inseticidas são um grupo de substâncias com heterogênea toxicidade e podem ser classificados de várias formas, como os de origem sintética e os de origem natural, tendo como a principal função de uso controlar insetos indesejados (MARRS, 2012). Os inseticidas são usados pela humanidade ao longo da história para várias funções, como na saúde urbana, na indústria e na agricultura (LAL, 1984).

Quando foram desenvolvidos os primeiros “inseticidas modernos”, como DDT (1939), mirex (1946) e o dieldrin (1948), eles foram recebidos sem restrições pela sociedade e rapidamente ganharam popularidade como um efetivo agente econômico contra pragas. Os benefícios desses inseticidas foram logo destacados por aumentar a produtividade das lavouras, principalmente pelo controle de insetos-pragas e insetos vetores de doenças. Porém, sua persistência na natureza e seus resíduos

tóxicos ganharam foco somente por volta de 1960 e isso deu-se devido ao uso indiscriminado desses produtos, atingindo assim organismos não-alvos (LAL, 1984). Com isso, entre 1960 a 1975, foram presenciadas muitas pesquisas, principalmente do inseticida DDT, para os efeitos tóxicos e metabólicos em peixes, pássaros e mamíferos.

Na década de 80, maior atenção começou a ser dada para a toxicidade dos inseticidas em microrganismos (LAL, 1984) e também foram descobertos inseticidas com base na estrutura da nicotina. A nicotina, que passou a ser mundialmente utilizada como inseticida após a Segunda Guerra Mundial, teve seu uso excedido em 2500 toneladas e no início da década de 80 apresentou declínio para menos de 200 toneladas (ROSE, 2012).

A otimização dos componentes da nicotina levou a pesquisar-se a síntese da nitiazina, um potente nitrometileno com anéis de tiazina. Porém, essa substância não foi desenvolvida para uso na agricultura por apresentar alta volatilidade. Posteriormente houve a introdução da cloropiridinilmetil, substituindo o grupo nitrometileno com um nitroguanidina ou cianoamidina, porção suficiente para produzir moléculas similares, mas estáveis. Essa nova classe de inseticidas sistêmicos ficou conhecida como neonicotinóides. Esse produto logo ganhou popularidade pela sua toxicidade seletiva para insetos com baixo risco para humanos e outros mamíferos (UJVARY, 1999; YAMAMOTO, 1999; TOMIZAWA; CASIDA, 2009; ROSE, 2012).

O desenvolvimento dos componentes do cloropiridinilmetil representou a primeira geração de neonicotinóides sistêmicos, incluindo imadaclopride, nitenpiram, acetamipride e tiaclopride. Estes foram seguidos pela segunda geração com componentes do clorotiazolil como tiametoxam e clotianidina e dos componentes do tetrahydrofuryl, o dinotefuran. O imidaclopride foi o primeiro inseticida neonicotinóide comercializado, com lançamento em 1991, sendo amplamente legalizado para o uso na agricultura e para saúde pública. Nos dias de hoje a classe dos neonicotinóides é responsável por 20% do mercado global de inseticidas (ELBERT et al., 2008; KAGABU, 2011; ROSE, 2012).

Outro importante inseticida historicamente utilizado pela humanidade é o piretróide. Esse tem origem a partir da pyrethrum (*Chrysanthemum* sp.), uma flor relatada em 1694 e com atividade inseticida comprovada por volta de 1840. A pyrethrum começou a ser usada como inseticida doméstico na forma de spray em 1919 nos Estados Unidos e no Japão em 1924 com base a óleo. Esse natural

piretróide, contem seis componentes inseticidas, que devido o seu excelente potencial foi o único componente natural usado por mais de 100 anos no controle de insetos. Desde que sua absoluta configuração foi elucidada em 1958, várias pesquisas em diversos países foram desenvolvidas por mais de meio século para a modificação da sua estrutura, pois esse era utilizado somente em residências devido ser uma substância instável ao calor, luz e oxigênio. Como resultado dessas pesquisas, os piretróides puderam ser utilizados amplamente na agricultura, floresta, saúde animal e entre outros (KATSUDA, 2012a).

Os piretróides foram datados para o uso na agricultura somente na década de 70, em países como Japão, EUA e também no continente Europeu, após as pesquisas comprovarem esses produtos fitossanitários como foto-estáveis. Os componentes dos piretróides são constituídos por uma porção ácida obtida de várias modificações e por um componente álcool quimicamente estável, como o grupo benzil e o m-phenoxybenzylalcohol. Após esses estudos, os piretróides passaram a ser amplamente utilizados até que atingiram, no ano de 2009, 20% do valor anual de inseticidas agrícolas comercializados no mundo no mercado de produtos fitossanitários (KATSUDA, 2012b).

Todos os produtos fitossanitários utilizados na agricultura necessitam de critérios técnicos para não se tornarem uma prática indiscriminada, como descrita em pesquisas de Lal (1984); Katsuda (2012a); Rose (2012), onde os autores apontam que os problemas do mau uso dos produtos fitossanitários se repetem historicamente, inviabilizando assim o uso dessas substâncias em determinados casos. Sendo assim, quando a opção escolhida para proteger um sistema de cultivo agrícola contra pragas, doenças e plantas invasoras é o modo químico, é preciso garantir - a esse processo - a eficiência, a economia e a segurança no uso desses produtos (RAETANO, 2011) e esses fatores estão diretamente ligados à tecnologia de aplicação.

2.3 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

Os registros históricos sobre a proteção de um sistema de cultivos agrícolas foram, primeiramente, relatados no Antigo Testamento e no Livro Egípcio dos Mortos, abordando o uso de compostos a base de enxofre por parte dos sumérios no controle de ácaros e insetos (MAGDALENA et al., 2010). Posteriormente,

o primeiro instrumento construído para a aplicação de produtos para controle de pragas e doenças foi uma ponta, conhecida como Ponta de Riley, datada do ano de 1888 (MAGDALENA et al., 2010). Já no Brasil, Kissmann (2001) relata que o primeiro instrumento de aplicação pode ter sido uma “máquina de matar formigas”, onde a principal composição química era arsênica ou enxofre aquecidos por brasas, que eram insuflados para dentro de formigueiros na forma de gases tóxicos.

A partir disso, a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários passou a ser definida por diversos autores como resultado de todos os conhecimentos científicos para que seja feita a colocação do produto biologicamente ativo em um alvo, na quantidade necessária e de forma economicamente viável, com o mínimo possível de contaminação ambiental (DURIGAN, 1989; MATUO, 1990).

A pulverização foi definida por Christofolletti (1999a) como um processo mecânico de formação de gotas a partir de uma determinada calda, que pode ser uma suspensão, uma mistura de diferentes soluções ou uma diluição. O mesmo autor definiu aplicação como um processo onde o produto fitossanitário é pulverizado em um alvo. Já os parâmetros a serem seguidos para que se tenha o objetivo a ser alcançado por uma aplicação foi descrito por Antunias (2012) como a realização do correto ajuste da taxa de aplicação e a correta seleção das pontas de pulverização, respeitando as condições de temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e o momento correto da aplicação.

Segundo Balan et al. (2006); Gazziero et al. (2006) a pulverização ainda fica dependente da influência de fatores biológicos; fatores relacionados ao alvo, como a forma, tamanho e posição; e fatores relacionados às gotas, como a densidade, diâmetro e velocidade. Devendo sempre ser levado em consideração às recomendações agronômicas de cada produto (ANTUNIASSI; BAIO, 2008).

Carvalho (2013) ainda completa relatando que alguns fatores e tecnologias têm sido mais pesquisados com a intenção de melhorar as aplicações, como as relações entre taxas de aplicação e a cobertura dos alvos, os adjuvantes de calda, pontas de pulverização, equipamentos para pulverização, entre outros, que quando corretamente utilizados em associação uns com os outros, constituem o conceito de tecnologia de aplicação.

Dentre essas tecnologias, as pontas de pulverização são os elementos responsáveis pela formação das gotas, determinando entre vários fatores o

tamanho de gotas, que é fundamental para a qualidade do processo de aplicação, haja vista que existe uma variação do tipo de alvo e das condições climáticas (CHECHETTO et al., 2013). Alvos localizados no interior do dossel das culturas, que apresentem dificuldades para penetração das gotas, necessitam da escolha de pontas que produzam gotas menores, pois penetram com maior facilidade, no dossel da cultura, em relação a gotas maiores (ANTUNIASSI, 2012).

Na maioria das vezes, muita importância é dada ao produto fitossanitário a ser aplicado e pouca à tecnologia de aplicação. Portanto, passa a ser fundamental o conhecimento dos fatores ligados a uma boa forma de aplicação, que garantam que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas (CUNHA et al., 2003). Confirmando estudos anteriores, Costa et al. (2007) afirmaram que, apesar da exigência cada vez maior em relação ao produtor rural, para a utilização correta e criteriosa de produtos fitossanitários, o que se observa na prática do campo é a falta de informações a respeito da tecnologia de aplicação. Porém, as aplicações desses produtos fitossanitários podem exercer um efeito desejado, mas devido à falta de informação que gera a incorreta utilização da tecnologia e de equipamentos, essas operações passam a ser realizadas de forma ineficiente (CUNHA et al., 2004).

Dentre os vários equipamentos nacionais e importados existentes no País que realizam as aplicações de produtos fitossanitários, a aviação agrícola é uma das técnicas mais crescente. Autores como Camargo (2006); Bueno (2011) caracterizam a pulverização aérea como uma importante ramificação da tecnologia de aplicação, que permite o uso de baixas taxas de aplicação, principalmente em médias e grandes propriedades, e tem sido usado para aumentar o rendimento operacional nas propriedades.

2.4 Aviação agrícola

A aviação agrícola é mundialmente conhecida por meio da aplicação de produtos fitossanitários em culturas, nas aplicações de domissanitários, no controle de incêndios em áreas florestais, na aplicação de adubos sólidos e semeadura, no povoamento de rios com alevinos em programas governamentais e atualmente com mapeamentos de áreas, coleta de imagens, entre outros.

Dentre essas práticas, existem programas de aplicação de domissanitários nos EUA, no controle de adultos e larvas do mosquito tsé-tsé em grande escala (CHILDS, 2011) e o Programa de Controle da Oncocercose (cegueira dos rios) na África onde utilizam-se helicópteros na aplicação de inseticidas para o controle da larva do mosquito que transmite essa doença (GRATZ, 1985). No ano de 2015, o programa africano contra a doença pretende abranger 90 milhões de pessoas em 19 países (MATTHEWS; BATERMAN; MILLER, 2014). Porém, na contramão das referências citadas, o uso de aeronaves para aplicação de produtos fitossanitários ou de domissanitários na Europa é proibida, a não ser com derrogação governamental para o controle de algum surto urbano como o ocorrido na Grécia no ano de 2010 (MATTHEWS; BATERMAN; MILLER, 2014).

Para a prática da aviação agrícola nas diversas atividades citadas é muito importante que se tenha certificação das aeronaves e das empresas aeroagrícolas, assim como a capacitação de pilotos e técnicos envolvidos nas atividades. Nos EUA existem em torno de 2400 companhias certificadas pela FAA “Federal Aviation Administration” com 5000 aeronaves para a realização de atividades na aviação agrícola (IAAA, 2015) e 2700 pilotos registrados para tal (NAAA, 2015), enquanto no Brasil, esse número está em torno de 232 companhias com 2007 aeronaves registradas e 1516 pilotos registrados (AGRONAUTAS, 2015).

Woods (2003); Matthews; Bateman; Miller, (2014) enfatizaram a aplicação aérea de produtos fitossanitários como uma importante atividade dentro do setor da aviação agrícola, sendo fundamental em setores como o florestal, em áreas agrícolas extensas, que necessitam de um rápido tratamento, e onde o acesso de equipamentos terrestres é impossibilitado, como áreas irrigadas.

2.4.1 Aplicação aérea de produtos fitossanitários

Como breve histórico, a primeira aplicação aérea de produtos fitossanitários foi realizada com arseniato de chumbo sobre uma floresta no estado de Ohio (EUA), utilizando-se um avião biplano “Curtis JN 6” no ano de 1921 e a primeira aplicação com inseticida foi realizada no ano seguinte na cultura do algodão em Louisiana (EUA) utilizando o mesmo modelo de aeronave (OZEKI, 2006). Depois da Segunda Guerra Mundial houve um excedente de aeronaves como o Tiger Moth, na

Europa, Stearman e DC3 nos Estados Unidos, esses foram modificados para aplicação de produtos fitossanitários sólidos e líquidos na agricultura (WOODS, 2003).

Já no Brasil, o primeiro voo agrícola para a aplicação de produtos fitossanitários foi datado de 1947 na região de Pelotas – RS, para controle de um surto de gafanhotos, utilizando uma aeronave de fabricação nacional, o “Muniz M-7”, mais tarde, no ano de 1950 a aplicação de BHC em pó químico seco sobre a cultura do café, foi incentivada pelo governo, no controle da broca do café (*Hypotenemus hampei*), utilizando aviões adaptados como o “Piper Super Cub PA-18” e helicópteros “bell 47 G2” (OZEKI, 2006).

O setor aeroagrícola se apresenta como uma alternativa viável por permitir soluções rápidas e em pequenos intervalos de tempo (BAYER et al., 2011). Os autores afirmam sobre a possibilidade de se alcançar resultados satisfatórios com o custo econômico acessível, a partir da utilização da tecnologia adequada.

Segundo Carvalho; Boller; Antuniassi (2011), estima-se que aproximadamente 20 milhões de hectares são aplicados por aeronaves nos processos de pulverização de produtos fitossanitários, adubações e semeaduras no Brasil. Os autores descrevem algumas vantagens para a aplicação aérea comparada a equipamentos terrestres, como alto desempenho operacional, ausência de danos por amassamentos da cultura, operação por condutores especializados, o não propágulo de doenças e pragas para outras áreas não contaminadas, baixas taxas de aplicação e a não compactação do solo.

Hewitt et al. (2002) descrevem as taxas de aplicação, utilizadas em aeronaves, a partir de resultados de pesquisa conduzidos pela SDTF (Spray Drift Task Force) e da National Agricultural Aviation Association (NAAA), variando de $\leq 0,8$ L ha⁻¹ para ultra baixo volume, $>0,8-3,0$ L ha⁻¹ para baixo volume, $>3,0-7,7$ L ha⁻¹ para médio volume e $>7,7-38,0$ L ha⁻¹ para alto volume. Os mesmos autores ainda completam que para a escolha da taxa de aplicação muito se deve observar quanto a fatores da especificidade do produto fitossanitário e também das condições climáticas ideais para a aplicação.

Na maioria dos dias, o momento ideal para a aplicação de produtos fitossanitários quando se utiliza aeronaves é mais curto comparado à aplicação terrestre, principalmente em regiões mais quentes do país (CAMARGO, 2006; CUNHA et al., 2011), isso se dá devido ao espectro de gotas geralmente definido nessas

operações variar de fino a médio. Essa limitação referente ao tamanho do espectro de gotas na aplicação aérea ocorre devido à utilização de um menor volume por hectare comparado à aplicação terrestre, porém, no método de aplicação terrestre as variáveis podem ser alteradas com maior facilidade em relação à aplicação aérea, como a velocidade de deslocamento do pulverizador, taxa de aplicação e pressão de trabalho. Mokeba et al. (1998) afirmaram que o espectro de gotas e as condições climáticas, como a velocidade do vento, são as principais causas de perdas em pulverizações aéreas. Sendo a pulverização aérea a que obteve maior risco de deriva quando comparada a pulverizações terrestres e aplicações via água de irrigação (CUNHA, 2008).

2.5 Deriva: Potencial de impacto ao ambiente

A definição de deriva é estabelecida por diversos pesquisadores de maneira similar. Christofolletti (1999b) afirma que deriva é tudo àquilo que é aplicado e não atinge o alvo. Miller (1993) define esta como sendo a parte de uma aplicação que é carregada para fora da área alvo pela ação do vento. Himel (1974) cita que o termo deriva foi dividido em dois tipos principais, a exoderiva e a endoderiva, sendo a perda na própria área aplicada, como exemplo, na forma de escorrimento, caracterizando-se endoderiva, e perdas em locais fora da área aplicada, que caracteriza-se exoderiva, como exemplo, gotas levadas através das correntes de ar ou pelo vento.

Os principais fatores que direcionam os níveis de deriva são citados por Hofman; Solseng (2001) como sendo: equipamentos inadequados; características físico-químicas da calda; escolha das técnicas de aplicação; condições climáticas; tomada de decisão pelo técnico e operador. Em relação às características físico-químicas, como tensão superficial, densidade, condutividade elétrica e viscosidade da calda, Oliveira (2011) relata que os adjuvantes são responsáveis diretamente pela alteração dessas e com isso modificam o espectro de gotas e resultam na variação do potencial risco de deriva.

Para aplicações aéreas, Huang et al. (2012) relataram que o aplicador pode optar por diversos parâmetros operacionais, como exemplo as pontas, modelo de aeronave, tipo e orientação de pontas, pressão de trabalho, largura da faixa de trabalho, velocidade e altura de voo, e outros fatores como condições climáticas. Alguns desses parâmetros também se encaixam para a aplicação terrestre, e a correta

caracterização, utilizando esses parâmetros, pode determinar o aumento ou a diminuição da deriva.

Segundo Ozkan (1998) um dos mais importantes agravantes da deriva são as condições climáticas, que muitas vezes limitam o sucesso de uma aplicação, sendo descritas como ideais quando a umidade relativa do ar se encontra acima de 55%, temperatura ambiente menor que 30° C e velocidade do vento entre 3 e 10 km h⁻¹. Antuniassi (2005) relata a importância de se evitar a aplicação na ausência de vento, devido ao risco de ocorrência de correntes convectivas e de inversão térmica, o que acarretaria uma interferência negativa na deposição das gotas.

Nuyttens et al. (2006b) realizaram um trabalho avaliando a interferência de fatores climáticos na deriva de produtos fitossanitários. Os autores mediram a temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar em diversos pontos dentro da área onde as análises de deriva foram realizadas, além de criarem equações para essas análises. Os autores observaram que, quando se fazem leituras em um mesmo local, mas em diferentes alturas em relação ao alvo, as condições climáticas são diferentes, o que difere pulverizações aéreas das terrestres. Neste trabalho, quanto mais alto o ponto, maior foi a velocidade do vento e menor a temperatura e a umidade relativa do ar. A velocidade do vento e a umidade do ar foram os fatores que mais interferiram na deriva, sendo que estes fatores devem ser levados em consideração para a escolha da tecnologia a ser empregada nas aplicações.

Como meio de redução da deriva temos, dentro da tecnologia de aplicação, as pontas de pulverização de baixa deriva (NUYTTENS et al., 2006a). Os tamanhos das gotas gerados por essas pontas são estudados por meio do espectro de gotas, que é quantificado por um conjunto de parâmetros como a Amplitude Relativa, o diâmetro mediano numérico (DMN) e o diâmetro mediano volumétrico (DMV) (MUGELE; EVANS, 1951; TATE; JANSEN, 1966; GOERING; SMITH, 1978), e, quando composto por gotas de menores tamanhos torna a aplicação mais propensa a deriva. Hilz; Vermeer (2013) afirmam que uma das formas mais eficientes de reduzir a deriva nas aplicações é a escolha correta de pontas de pulverização e pressão de trabalho, além da escolha correta de equipamentos de aplicação e adjuvantes de calda.

A altura da barra também tem grande influência na deriva de produtos fitossanitários. Balsari et al., (2006) realizaram trabalhos onde foi avaliada a deriva em função da altura da barra de pulverização. Utilizou-se uma ponta de jato

plano convencional, modelo XR 11003, e uma de jato plano com indução de ar, modelo AI 11003, nas alturas de 0,5, 0,8 e 1,0 m, sempre na mesma velocidade e pressão de trabalho. A maior deriva resultou da ponta de jato plano convencional (XR 11003) na maior altura. Tomando este tratamento como padrão, houve uma redução da deriva de 66% nas aplicações com a mesma ponta na altura de 0,5 m e de 96% com a ponta de jato plano com indução de ar, também na menor altura.

Ainda sobre fatores que reduzam a perda por deriva, Bauer; Raetano (2000) avaliaram o efeito da assistência de ar e comprovaram a redução da deriva em relação à aplicação com equipamento de pulverização convencional na cultura da soja. Porém, Cooke et al., (1990) comparando equipamentos semelhantes demonstraram que o equipamento com assistência de ar pode diminuir ou aumentar a deriva, quando comparado ao equipamento convencional, dependendo do tipo de cultura alvo e da idade dessas plantas, e também da configuração operacional, incluindo nesse fator a velocidade do ar na barra de pulverização, e do tipo de ponta utilizado.

As maiores relações com deriva relatadas por agricultores são na aplicação com o herbicida 2,4-D, devido aos efeitos de tal produto quando atinge plantas, fora da área alvo e suscetível ao seu efeito (KISSMANN, 2001). O mesmo autor completa que a deriva gerada por esse herbicida é compatível com a deriva gerada por outros produtos fitossanitários presentes no mercado.

Baio et al., (2010) em trabalho para a obtenção de um mapa da distribuição espacial da deriva, concluíram que a deriva foi coletada na direção do vento a uma distância de até 2 quilômetros da área onde foi realizada a aplicação com aeronave. Com isso, diversos autores descreveram o temor com o crescente uso de produtos fitossanitários durante as últimas décadas, em particular a preocupação da saúde humana e a contaminação ambiental, tanto em áreas rurais quanto em urbanas, e o principal meio de contaminação se dá pelo ar (GIL; SINFORT, 2005; BUTLER ELLIS; MILLER, 2010).

Antuniassi (2006) descreveu o início de uma crescente procura para pesquisas relacionadas aos impactos ambientais do uso de produtos fitossanitários utilizados em culturas de larga escala como soja, milho e algodão. O autor ainda citou pesquisas que avaliam o impacto de vários itens como a aplicação de produtos fitossanitários, manejo da fauna e da flora, fatores sociais e econômicos que afetam populações nativas entre outros e descreveu que essas pesquisas também abordam a

deriva para aplicações aéreas e terrestres. Dessa forma, muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de se quantificar a deriva e principalmente saber o real alcance desta, como a utilização de uma modelagem, gerada por diversos dados de pesquisa que abrangem vários equipamentos de pulverização.

2.5.1 Modelagem de deriva

Muita importância tem se dado tardiamente ao estudo de deriva no Brasil, principalmente em pesquisas abordando o entendimento em relação ao alcance da deriva e os eventuais fatores que vêm a afetar tal fenômeno. Antuniassi (2006) citou o Reino Unido como um exemplo da utilização de zonas de proteção (buffer zones), onde essas podem ser diminuídas com a utilização de estratégias definidas pelos cenários oferecidos pelo LERAP.

Pesquisas estão sendo realizadas para o estudo da deriva em busca da sua redução, Lebeau et al. (2011) descreveu que variados modelos numéricos vêm sendo desenvolvidos para prever a deriva das pulverizações agrícolas. Esses modelos são divididos em categorias, sendo uma delas a empírica. Os modelos empíricos são baseados em coletas de campo, como é o caso do banco de dados do “spray drift task force” (SDTD) (HEWITT, 2000; HEWITT et al., 2002) utilizado no estudo de aplicações aéreas. Esses modelos são compostos pelas variáveis de diversos fatores, como condições climáticas, características das aeronaves, tipos de pontas, tamanho das gotas, métodos de coleta de deriva, entre vários outros. Nesse contexto, Smith et al. (2000) apresentam que o logaritmo da distância da deriva na direção do vento predominante foi a mais importante variável para se estimar a deriva, baseado em regressões múltiplas.

Gil; Sinfort (2005) destacam que a modelagem de deriva vem sendo um importante ponto de estudo devido testes de campo terem alta dificuldade de execução e alto custo financeiro. Os autores completam que o uso de modelos computacionais e simulações matemáticas podem ser um importante complemento para testes complexos de coleta de deriva, pois muitas variáveis e condições técnicas e climáticas estão em constante mudança.

Discutindo sobre as várias formas de avaliação que a modelagem de deriva pode ser aplicada, Butler Ellis et al., (2010) desenvolveram e

validaram um modelo, que apresentou novos dados de contaminação para seres humanos em aplicações com pontas de pulverização comumente utilizados no Reino Unido. Os autores avaliaram a distância entre o observador (trabalhador) e o pulverizador convencional em três trabalhos, com velocidades de deslocamento do pulverizador de 12 a 16 km h⁻¹, altura de barra de 0,5 a 1,1 m acima da cultura e taxa de aplicação de 75 – 120 L ha⁻¹. Encontraram diversos resultados com uma única linha de pulverização, concluindo que os dados coletados propõem uma relação empírica e que podem ser utilizados para o mapeamento da deriva. Os autores ainda completam que trabalhos futuros servirão para esclarecer incertezas relacionadas a vasta gama de depósitos.

Butler Ellis; Miller (2010) também destacam diversos modelos para quantificação de deriva, entre eles, modelos que são baseados em uma distribuição Gaussiana das concentrações recuperadas das pulverizações. Essas concentrações são transportadas pelo fluxo de ar na direção predominante do vento, onde são capturadas por coletores. Os autores ainda descrevem que a principal vantagem desse modelo é a sua eficiência computacional e a principal desvantagem é a dificuldade de incluir detalhes específicos, como por exemplo, os tipos de pontas de pulverização.

Outro modelo conhecido é o da Dinâmica de Flúidos Computacional (CFD), tendo como vantagem incluir diretamente sistemas relativamente complexos, como as pontas de pulverização, podem ser incluídos diretamente (BUTLER ELLIS; MILLER, 2010).

O modelo de monitoramento de gotas (Droplet tracking models) foi proposto primeiramente por Thompson; Ley (1983) para a deriva em pulverizações e posteriormente, Miller; Hadfield (1989) inseriram um componente balístico para medir os movimentos das gotas após sua formação, realizado em duas fases, uma próxima a ponta de pulverização, sendo a velocidade inicial de formação das gotas e as condições de vento as principais variáveis monitoradas nessa fase, e a segunda fase realizando a previsão da turbulência atmosférica utilizando uma abordagem “random-walk” (Figura 1). Mais adiante, o modelo foi sofisticado por Holterman et al., (1997), com o modelo IDEFICS (“IMAG program for drift evaluation from field sprayers by computer simulation”). Atualmente, com o avanço da computação, o modelo IDEFICS é usado rotineiramente no processo de regulamentação na Holanda (BUTLER ELLIS; MILLER, 2010).

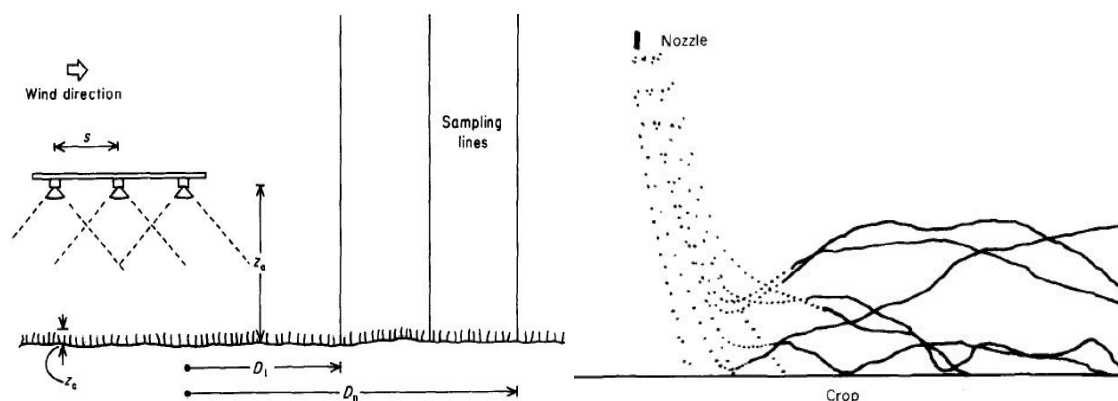


Figura 1. Detalhes da simulação das condições de aplicação (á esquerda) e da simulação das trajetórias das gotas pulverizadas, próximas à ponta de pulverização. Modelo da trajetória balística das gotas (- - - - -); Modelo “Random-walk” (————) (à direita); Adaptado de Miller; Hadfield (1989).

Uma abordagem ligeiramente diferente foi realizada por Teske et al. (2002), no desenvolvimento do modelo AgDrift para aplicação aérea, e Teske et al., (2009) para aplicações terrestres, que em vez de analisar uma gota individualmente, como em modelos anteriores, analisaram um conjunto de gotas de forma acumulativa.

Também houve algumas tentativas de modelar a deriva de pulverização com base em dados empíricos (BUTLER ELLIS; MILLER, 2010) que são os conhecidos modelos de regressão múltipla. Os exemplos incluem as versões do AgDrift utilizados para pulverizações terrestres e para pomares (BIRCHFIELD, 2004) e o modelo de Kaul et al., (2004). A desvantagem desta abordagem é a quantidade de dados necessários, devido ao grande número de variáveis que influenciam a deriva (BUTLER ELLIS; MILLER, 2010). Uma variação deste tipo de modelagem foi o desenvolvido por Zhu et al., (1995), que utilizou dados gerados pelo modelo desenvolvido por CFD (Computational Fluid Dynamics).

Estes numerosos e variados modelos de previsão de deriva foram produzidos com uma grande variedade de propósitos, como para ajudar a compreensão dos processos envolvidos, para avaliar o potencial de redução de deriva através de mudanças nos equipamentos de aplicação ou a utilização de boas práticas e condições meteorológicas ideais (BUTLER ELLIS; MILLER, 2010).

No entanto, afirmam Gil; Sinfort, (2005) que os modelos de deriva não consideram efeitos de estabilidade atmosféricos no deslocamento das gotas.

Os autores afirmam que esses modelos subestimam as gotas finas e o deslocamento dessa nuvem de gotas. Com isso, Tristle (2000) indica a necessidade de métodos e de modelagens para avaliar os efeitos de estabilidade atmosférica e sua influência sobre o transporte das gotas pulverizadas.

Em um cenário nacional, Cunha (2008) determinou por meio de cálculos a distância horizontal teórica das gotas de tamanho conhecido, que foram submetidas a diferentes alturas de lançamento e a diferentes velocidades do vento. O autor utilizou equações que determinaram a distância que as gotas podem ser arrastadas quando liberadas em alturas pré-determinadas, relacionadas ao seu tamanho, velocidade horizontal e densidade do líquido pulverizado. No trabalho, calculou-se a distância teórica percorrida por uma gota na faixa de diâmetro entre 40 e 600 μm e condições de velocidade de vento entre 3,6 a 18,0 km h^{-1} . Essa distância percorrida permite encontrar o risco potencial de deriva das diversas aplicações de produtos fitossanitários, sendo a altura de queda utilizada de 0,3; 0,5 e 0,8 m.

Em trabalho de Carvalho et al. (2011), para a avaliação do potencial de deriva de diferentes técnicas de aplicação, foram realizados ensaios em túnel de vento com velocidade do fluxo de ar de 2 m s^{-1} . As pontas utilizadas foram de jato plano Teejet modelos XR 8003 e AI 8003, operando na pressão de 200 e 400 kPa, respectivamente. Os resultados serviram para uma classificação do índice de deriva coletado em túnel de vento, conhecido como TRD (Técnica de Redução de Deriva), em que é possível identificar o potencial de deriva pela associação de técnicas de aplicação, como adjuvantes e pontas de pulverização.

Hewitt et al., (2002) descrevem que, como as condições meteorológicas mudam continuamente, o ideal para um experimento seria a aplicação dos tratamentos de forma simultânea, mas completam que essa forma de composição não é prática. Os autores ainda afirmam que os estudos de campo são importantes para quantificar a resposta das variáveis meteorológicas para a deriva, resolvendo discrepâncias em estudos históricos e explicar confusões na relação meteorológica com os parâmetros de aplicação. Corroborando, Gil; Sinfort (2005) afirmam que os modelos de deriva não podem ser considerados como um substituto para os estudos de campo, mas sim como um poderoso complemento no entendimento desse fenômeno.

2.5.2 Metodologia para determinação da deriva

A eficiência e a qualidade na coleta das gotas de uma pulverização, dentro ou fora da área alvo, permitem-nos quantificar os depósitos das aplicações e através desses quantificar a deriva. Zhu et al., (1996) relataram a importância da eficiência de coletores artificiais, já que são usados em várias localidades, dentro e fora da área aplicada, permitindo determinar a quantidade depositada.

Coletores artificiais posicionados na vertical, com formatos alongados e estreitos, montados ao longo de um eixo fora da área aplicada, tem o intuito de coletar a aplicação carregada horizontalmente pelas correntes de ar e pelo vento (ZHU et al., 1996). Outros autores também realizaram coletas de pulverização fora da área alvo, como Parkin; Merrit (1988); Fox et al., (1990); Salyani; Cromwell (1992); Samu et al., (1992); Womac et al., (1994) e mais recentemente Wolters et al., (2008); Buttler Ellis et al., (2010); Buttler Ellis; Miller (2010).

Existe outro grande número de pesquisas que tem entrelaçado as coletas da deriva fora da área alvo, com o depósito dentro da área alvo, realizado por vários tipos de coletores como os naturais, as folhas, e como os artificiais, cartão Mylar, papéis hidrossensíveis, placas de vidro, entre outros (HUITINK et al., 1990; PICOT et al., 1993; HEWITT et al., 2002; FRITZ et al., 2011; THOMSON et al., 2013; CARVALHO et al., 2013).

Na descrição de coletores artificiais utilizados nas pesquisas para a deposição de gotas, Maski (2004) avaliou a deposição com um conjunto de plantas de algodão artificiais utilizando marcador fluorescente, sendo necessária a utilização de papéis filtro para a captura e posterior remoção do traçador. Outro coletor artificial foi utilizado por Fox et al., (2004), que mediram a eficiência de coleta de gotas aerotransportadas em telas de Nylon, e analisaram que a eficiência variou de 50 a 70%.

Tomazela et al., (2006) avaliaram a quantidade de calda depositada no solo e nas folhas de *Brachiaria plantaginea* utilizando placas de fórmica. Essas, por serem lisas, planas e de material inerte, foram utilizadas para captura da aplicação que não atingiu o alvo e, conseqüentemente, estaria atingindo o solo. Bauer; Raetano (2000), visando estimar as possíveis perdas durante a aplicação de produtos fitossanitários com equipamentos tratorizados convencional e com assistência de ar junto à barra de pulverização, avaliaram a deriva também utilizando placas de fórmica.

Todas essas descrições auxiliam na tomada de decisão para as escolhas dos coletores e da metodologia para a coleta das gotas pulverizadas, assim sendo importante na análise da eficiência e da funcionalidade de cada material a ser utilizado. Desta forma, Cunha et al., (2005) avaliaram a deriva de um fungicida aplicado em pequenas distâncias em feijoeiro utilizando coletores artificiais com etiquetas de papel sensível à água, que permitiam quantificar a porcentagem de cobertura, do mesmo modo que foi realizado por Sumner; Sumner (1999); Wolf; Frohberg (2002) e Wolf et al., (2003).

Vários autores utilizaram, para a medição da deposição de gotas e da deriva, lâminas de vidro com dimensões de 10 x 20 cm e 0,03 cm de espessura, utilizadas na altura do terço superior da cultura da soja ou na altura de 1,5 metros para avaliações em pastagem (VELINI et al., 2011; SALVADOR, 2011; CARVALHO, 2013).

Em trabalho de Baio et al., (2010) foram utilizados coletores compostos por fios de poliamida (nylon) posicionados verticalmente, com o auxílio de um tubo de PVC, que o manteve estirado até a uma altura de 4 m acima do solo. O posicionamento dos coletores se fez de forma concêntrica ao redor do talhão onde a aplicação aérea foi realizada, nas diferentes direções cartesianas e em seis distâncias pré-definidas a partir da bordadura do talhão (10,0; 50,0; 200,0; 500,0; 1200,0 e 2000,0 m).

Resumidamente, os coletores artificiais são bastante utilizados, tanto para simular a coleta de depósitos em alvos naturais, quanto para avaliar a perda da aplicação dos produtos fitossanitários dentro e fora das áreas de estudo. A escolha de cada material que compõe o coletor artificial varia conforme os autores, devido às metodologias, o custo, a rapidez no processamento das amostras, entre outros fatores, o que ganha muito destaque e remete a decisão da escolha desses materiais é a facilidade de extração dos traçadores utilizados nas caldas pulverizadas (HEWITT et al., 2002).

2.5.3 Traçadores para avaliações de deposição e de deriva

Existem diversas denominações para as substâncias utilizadas nas avaliações de deposição e de deriva, como por exemplo, traçadores, corantes, marcadores, entre outras. Rezende (2011) utiliza o termo substância marcadora para

aquela usada com intuito de marcar ou monitorar o andamento ou o comportamento de um processo, podendo ser o ingrediente ativo da formulação ou qualquer substância química usada para reproduzir o efeito do mesmo. Ainda o mesmo autor, afirma que o processo mais empregado para se pesquisar a dinâmica das pulverizações no Brasil tem sido a análise da deposição das gotas, utilizando-se de tais substâncias marcadoras, com a qual tem se tomado as decisões na escolha de técnicas de aplicação e equipamentos de pulverização.

Com a função de traçadores alguns corantes alimentícios têm sido utilizados para a quantificação do depósito em aplicações de produtos fitossanitários. A análise da deposição desses produtos baseia-se na recuperação e detecção das substâncias presentes no próprio alvo amostrado, através de técnicas e equipamentos específicos, o que se torna mais fácil quando se utiliza traçadores com fácil visualização e fácil remoção em água (REZENDE, 2011).

Diversas pesquisas descrevem vários tipos de traçadores para algumas formas de avaliações, como o caso da utilização de NaCl (ABI SAAB, 1996; TOMAZELA et al., 2006; GANDOLFO et al., 2014), $MnSO_4$, NaCl, ZnCl, MgCl, CaCl, KCl (COSTA et al., 2014), produtos fitossanitários (BRIAND et al., 2002), corantes fluorescentes (FOX et al., 1990; SALYANI; CROMWELL, 1992; FERRACINI et al., 2004; HOFFMANN; KIRK, 2005; FRITZ, 2006; SERRA et al., 2008; FRITZ et al., 2011), corante de alimentos em associação com corante fluorescente (PALLADINI, 2000; SOUZA et al., 2007), corantes de alimentos (PALLADINI et al., 2005; MOREIRA JUNIOR, 2009; OLIVEIRA et al., 2013; CHECHETTO et al., 2013; CARVALHO, 2013) e produtos fitossanitários, corante fluorescente e corante alimentício (REZENDE et al., 2012).

Para a escolha dos traçadores, os mesmos devem apresentar algumas características para a utilização em tais pesquisas, como: estabilidade em exposições a raios solares até que seja realizada a coleta dos materiais e o processamento das amostras, passando assim pela extração, onde pode ocorrer degradação ou retenção dos marcadores nos coletores, portanto, não representando o real depósito (CARVALHO, 2013).

2.5.3.1 Traçador azul brilhante e estudos de degradação

O corante alimentício Azul Brilhante é catalogado internacionalmente pela “International Numbering System for Food Additives” FCF – INS 133 e pela identificação americana através da “Food, Drug & Cosmetic” (FD&C) como FD&C Blue n.1. No Brasil a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) utiliza o Sistema Internacional de Numeração (INS) para a citação desse corante. Esse apresenta características desejáveis para um traçador, como: ser estável; atóxico; de baixo custo para compra e para detecção em espectrofotômetro; com análise quantitativa rápida; e ter efeitos físicos mínimos na aplicação (MARCHI et al., 2005).

Os estudos com esse corante, no Brasil, foram iniciados por Palladini (2000). A partir desta data, a quase totalidade dos pesquisadores no país tem se utilizado desta técnica para estudar a quantidade dos depósitos e da deriva nas aplicações em coletores naturais ou artificiais (SOUZA et al., 2000; TOFOLI, 2001; NEGRISOLI et al., 2002; COSTA et al., 2004; SILVA et al., 2004; TERRA et al., 2004; MOREIRA JUNIOR, 2009; OLIVEIRA, 2011; CHECHETTO et al., 2013; CARVALHO, 2013).

Palladini et al., (2005) analisaram que esse traçador não interferiu em algumas avaliações de características físico-químicas de caldas de aplicação e também não observaram degradação do traçador quando exposto a radiação solar, em alvos naturais, por um período de até 8 horas.

Valores de degradação do corante Azul Brilhante, foram mencionados por Pinto et al., (2007) em deposições sobre lâminas de vidro colocadas no solo, mais precisamente nas entrelinhas da cultura da soja. Os resultados apresentaram que entre o período de 0,5 e 5 horas de exposição solar, o percentual de degradação foi de 4,63 e 11,10%, respectivamente e de até 4,03% em alvos naturais (folhas de soja) no período de 0,5 horas de exposição solar.

Rezende (2011) aplicou uma quantidade conhecida desse traçador em alvos naturais de feijão (*Phaseolus vulgaris*) e em alvos artificiais (lâminas de vidro). Após 20 minutos da aplicação, foi feita a extração do Azul Brilhante e realizada a leitura em espectrofotômetro. A extração foi de 93% para as plantas de feijão e de 100% para as lâminas de vidro.

Marchi et al. (2005) avaliaram a degradação do Azul Brilhante quando exposto à luz solar, em relação a degradação da calda (acondicionada em tubos

de quartzo), degradação em alvos artificiais (placas de Petri destampadas) e em alvos naturais (folhas de *Eichhornia crassipes*). Até um período de 10 horas, não houve degradações nos tubos e nas placas. Porém, em alvos naturais a degradação ocorreu após 6 horas de exposição das gotas sobre as folhas, tanto para as folhas mantidas no escuro, quanto para as mantidas expostas à radiação solar (7,8 e 18,6%, respectivamente).

A mesma conclusão de Marchi et al. (2005) para maior degradação e retenção, para o traçador Azul Brilhante em alvos naturais em comparação com alvos artificiais foi observada por Carvalho (2013). O autor identificou que houve degradação e ou retenção do corante nos alvos avaliados, no período entre a aplicação dos tratamentos até as leituras das amostras, visto que a concentração do corante recuperado foi menor que a concentração inicial. Este mesmo autor ainda criou um fator de correção a partir da porcentagem de perda encontrada para cada tratamento, obtendo assim a quantidade depositada corrigida.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

A aplicação da pesquisa em campo foi realizada na Fazenda Savana, no município de Chapadão do Céu - GO em um talhão de 234,4 hectares, com coordenadas de 18° 39.581' S 052° 44.816' W e altitude de 833 m, com os tratamentos realizados na localidade entre 21 a 30 de Julho de 2014. Essa área continha a cultura do milheto, com 15 cm de altura, implantado para cobertura de solo em preparo convencional. As direções predominantes do vento na localidade foram: Norte (N), Nordeste (NE) e Leste/Nordeste (ENE) em todas as aplicações. E as direções do voo da aeronave foram sempre de través as direções do vento.

3.2 Tratamentos e condições operacionais

Foram avaliados dois tratamentos com quatro repetições cada. A área pulverizada para cada repetição foi de 600 x 330 m (as faixas aplicadas pela aeronave foram no sentido do maior comprimento), totalizando 19,8 hectares em cada aplicação. A área tratada foi confirmada após cada aplicação através do GPS da aeronave.

As aplicações foram realizadas com uma aeronave modelo Ipanema EMB-201A fabricado pela Embraer e equipada com barra dotada de 28 pontas de pulverização modelo CP-03 do fabricante CP Products, Inc. USA (Figura 2a).

Para o tratamento 1, denominado GM (gotas médias, de acordo com a norma ASAE/ASABE S572 e com DMV de 321 μm de acordo com CP products), o ajuste do orifício foi utilizado na medida 0,125 polegada, com anteparo ajustado para o ângulo de 30 graus. Para o tratamento 2, denominado GF (gotas finas, de acordo com a norma ASAE/ASABE S572 e com DMV de 288 μm de acordo com CP products), o ajuste do orifício foi utilizado na mesma medida (0,125 polegada), com anteparo ajustado para o ângulo de 90 graus. A pressão de pulverização utilizada em ambos os tratamentos foi de 206,84 kPa (30 psi). A altura de voo foi de 3 a 4 m, com faixa de trabalho de 15 m e velocidade de 185 km h^{-1} (115 mph), que resultou em uma taxa de aplicação de 30 L ha^{-1} .



Figura 2. Pontas CP-03 utilizadas no ensaio, detalhe para a asa esquerda da aeronave com 14 pontas, em um total de 28 (a) e detalhe da ponta CP-03 com as regulagens das alavancas (b).

A calda aplicada foi composta pelo inseticida tiametoxam + lambda-cialotrina (Engeo Pleno[®]) na dose de 0,25 L p.c. ha^{-1} diluído em água. Em adição ao inseticida utilizou-se como traçador o corante alimentício Azul Brilhante (FCF – INS 133) na concentração de 6 g L^{-1} . Para cada repetição foram formulados 600 L de calda, utilizando 3,6 kg de corante. Esse corante era incorporado em 100 litros de água mais o produto fitossanitário, em um misturador (Figura 3), para que o mesmo fosse diluído inteiramente sem que houvesse a formação de grumos, e posteriormente era completado o volume desejado.



Figura 3. Etapa de mistura da calda utilizada em cada repetição.

As condições climáticas foram monitoradas e registradas a cada faixa aplicada pela aeronave, com três registros da velocidade e direção do vento e um para umidade relativa do ar e temperatura ambiente. Os equipamentos utilizados para as medições foram um termo-higrômetro da marca Minipa, modelo MTH-1362W e um termo anemômetro da marca Minipa, modelo MDA-11.

3.3 Avaliação da deriva utilizando coletores artificiais

3.3.1 Coletores

Para a avaliação da deriva foram utilizados coletores artificiais (lâminas de vidro), com dimensões de 10 x 20 cm e 0,03 cm de espessura, conforme metodologia descrita por Velini et al. (2011); Antuniassi et al. (2012). As lâminas foram alocadas horizontalmente e fixadas, com ajuda de uma fita adesiva dupla face, em uma placa de madeira (MDF cru) com dimensões de 25 x 15 cm e 0,03 cm de espessura, que recebiam a identificação da repetição e evitavam que as gotas pulverizadas e perdidas por deriva atingissem a parte de baixo da lâmina. Essas placas de madeira eram encaixadas em suportes confeccionados de tubos de PVC rígido (3/4 de polegada) formando um “cotovelo” através de uma conexão também em PVC rígido. Uma extremidade desse “cotovelo” era cortada para o encaixe da placa de madeira, e a outra extremidade era presa a um vergalhão, com altura de 1,5 m determinando a altura da lâmina de vidro em relação ao solo, por meio de abraçadeiras plásticas (Figura 4).

As aplicações (repetições) foram realizadas sempre na mesma parcela e os coletores foram alocados externamente a partir da lateral da área aplicada, posicionados na direção predominante do vento. As lâminas de vidro foram alocadas de 20 em 20 m até totalizar 500 m em relação à borda final da parcela aplicada pela aeronave (Figura 6).

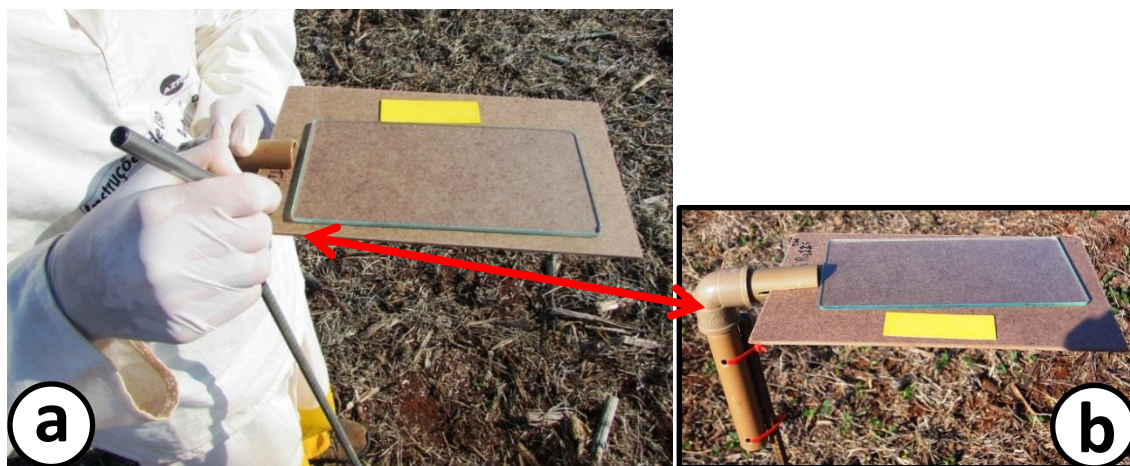


Figura 4. Coletor de deriva montado no ensaio e o método de identificação (a) e detalhe da posição e fixação no suporte (b).

Para a coleta vertical da deriva foram utilizados fios de nylon e os suportes para esses coletores foram confeccionados com base de tubos de ferro, na altura de 1,5 metros, com bitola $\frac{1}{2}$ ". Esses serviam para a fixação de tubos de PVC rígido, com bitola de $\frac{3}{4}$ ", totalizando, após encaixe das duas partes, a altura máxima de 4 m. A parte superior do coletor, confeccionada em PVC rígido, continha fios de nylon (o mesmo utilizado em roçadoras) com 2 mm de diâmetro, fixados em parafusos estabelecidos nas alturas de 2 m até 4 m. Os fios foram presos aos parafusos no sentido "ida e volta", resultando em 4 m de fios por amostra (Figura 5) (ANTUNIASSI et al., 2012; ANTUNIASSI et al., 2014).

Os coletores de deriva verticais foram posicionados em cinco pontos a partir do lado externo da área aplicada e no sentido predominante do vento, e em cada um desses cinco pontos foram dispostos três coletores com fios, no sentido perpendicular a linha de coleta, espaçados em 20 m uns dos outros (Figura 6). Os fios já fixados nos coletores foram posicionados de través com o vento, evitando com que os mesmos ficassem encobertos pelo tubo de PVC rígido (Figura 5).

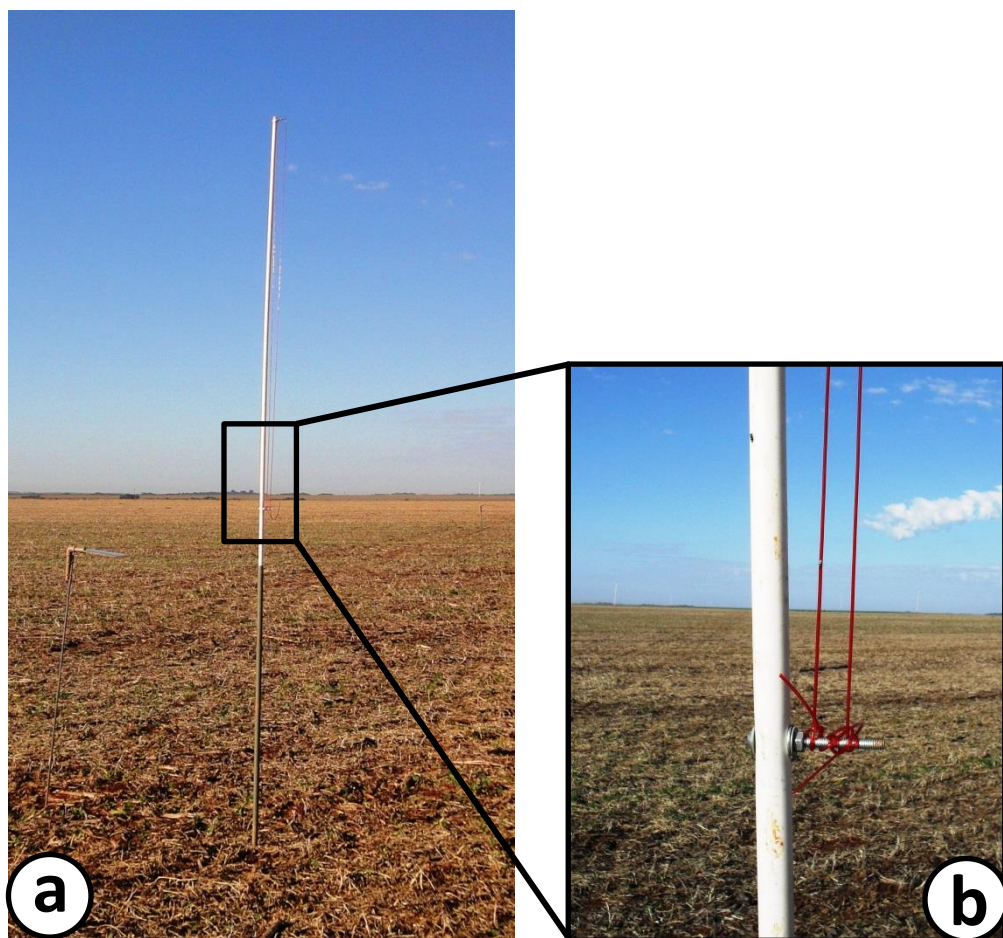


Figura 5. Coletores utilizados no ensaio para a coleta vertical de deriva (a) e detalhe para a disposição dos fios de nylon (b).

A disposição dos coletores na área aplicada foi baseada na norma ASAE/ASABE S561.1 (2009) e estão apresentadas na Figura 6.

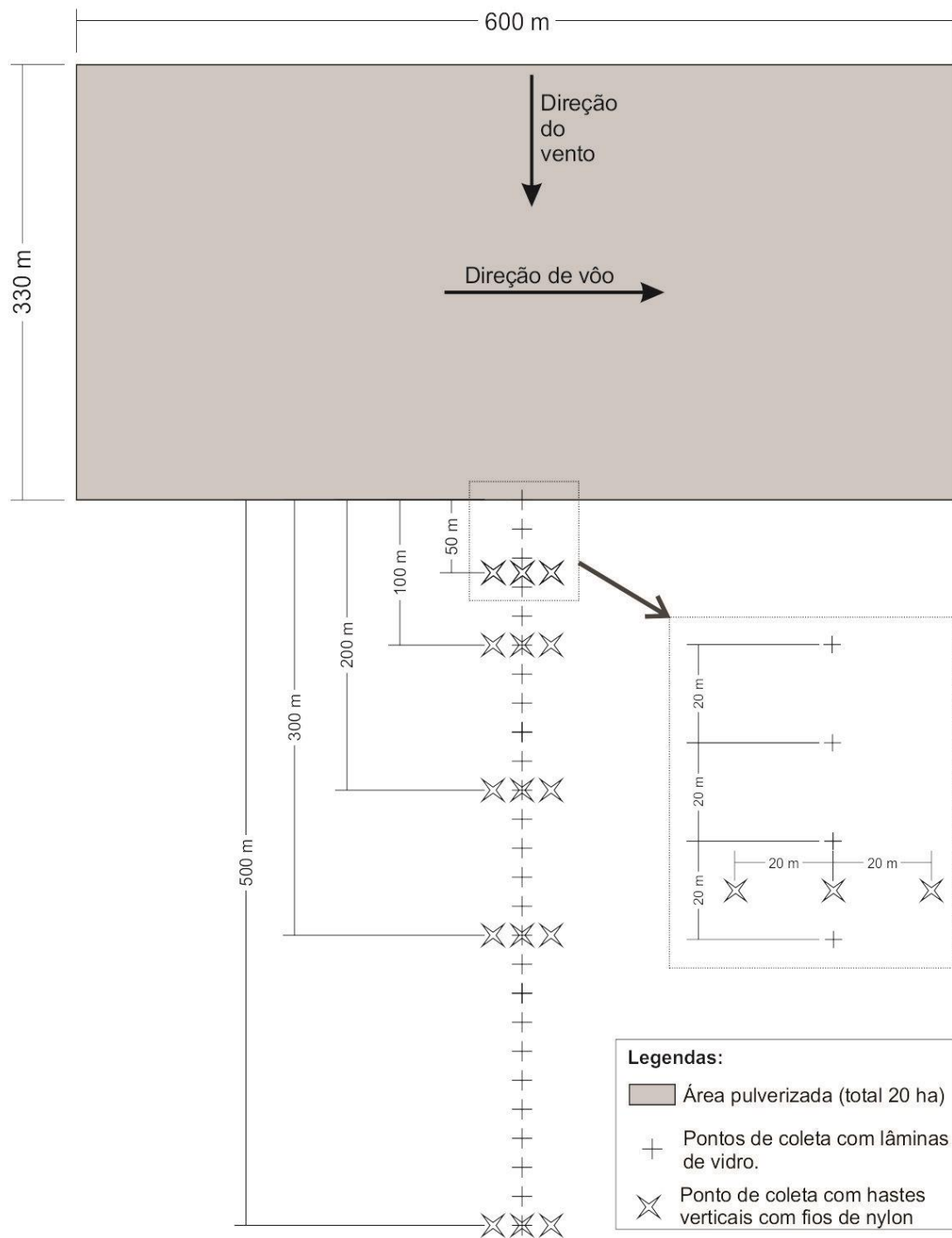


Figura 6. Croqui da área trabalhada com detalhe para a disposição dos coletores.

3.3.2 Coleta das amostras

Após 15 minutos do término de cada repetição era iniciada a coleta dos fios e a substituição dos coletores com novos fios. Para a coleta das amostras dos fios de nylon foram utilizados sacos plásticos, assim como as placas de madeira, recebendo a identificação de cada ponto amostrado. Os fios foram recolhidos inteiros para que não furassem os sacos plásticos no momento da lavagem (Figura 7). Em cada repetição foram utilizados suportes novos, a fim de se evitar qualquer tipo de contaminação.



Figura 7. Retirada dos fios de nylon dos suportes plásticos.

A lavagem dos fios para a extração do corante foi realizada adicionando-se 45 mL de água deionizada nos sacos plásticos e a seguir inflava-os com ar, com ajuda de um secador de cabelos e agitava-os manualmente durante 60 segundos. As lavagens desses coletores foram realizadas no mesmo dia da coleta, 3 a 4 horas após a aplicação de acordo a ensaios prévios, para que não houvesse o risco do corante ficar aderido ao fio de nylon após a lavagem, devido ao longo período de armazenamento.

Após esse processo, o líquido resultante da lavagem dos fios foi acondicionado em recipientes plásticos de 60 mL com tampas, e em cada recipiente plástico foi identificada a repetição e tratamento conforme numeração pré-estabelecida nos suportes em cada ponto amostrado. Após esse processo os recipientes foram armazenados em embalagens plásticas de cor preta e levados imediatamente até câmaras

frias ($5 \pm 2^\circ \text{C}$), a fim de evitar qualquer degradação do corante presente nas amostras por exposição à luz solar e ao calor.

Para a retirada das lâminas de vidro da área de coleta após 15 minutos do término de cada repetição, foram utilizados recipientes plásticos com tampa, e também cada recipiente plástico recebeu a referida identificação pré-estabelecida nos suportes de madeira em cada ponto amostrado. Para cada repetição, foram utilizadas lâminas de vidro e suportes de madeira novos, evitando-se qualquer contaminação. Após a acomodação do coletor, estes recipientes foram devidamente tampados e colocados em sacos plásticos de cor preta, para evitar exposição das lâminas à luz solar, e mantidas secas até o momento da lavagem, para minimizar possível degradação do corante.

Após as lâminas serem retiradas do campo, estas foram levadas para laboratório para então submete-las ao processo de extração das gotas depositadas por lavagem, 20 dias após as aplicações, esse tempo foi determinado devido ao transporte e processamento das amostras em laboratório. O corante presente nas amostras de lâmina de vidro foi mantido seco até o processamento das amostras e possíveis degradações e retenções foram quantificadas pelos testes de degradação e retenção. A lavagem foi realizada colocando-se 40 mL de água deionizada em cada um dos recipientes plásticos contendo as lâminas, os quais foram agitados manualmente por 60 segundos.

Após a lavagem das lâminas de vidro, o líquido resultante foi colocado individualmente em tubos de ensaio e imediatamente submetido à análise por um espectrofotômetro (Figura 8). O mesmo processo de leitura, em espectrofotômetro, aconteceu para as amostras resultantes da lavagem dos fios de nylon.

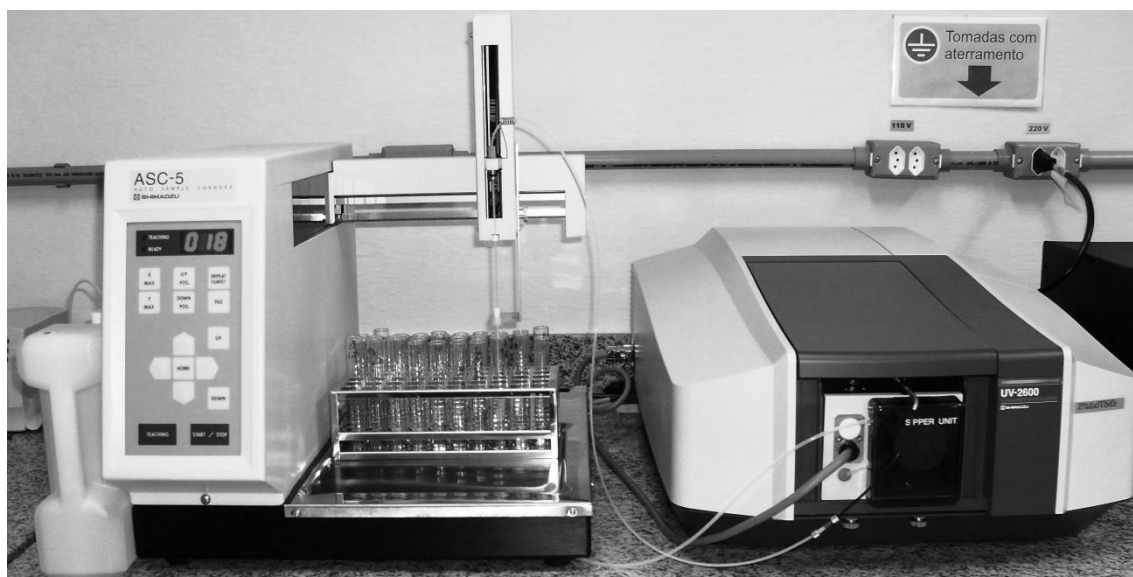


Figura 8. Espectrofotômetro utilizado para as leituras das amostras.

O espectrofotômetro utilizado foi da marca Shimadzu modelo UV-2600, que lê as faixas de comprimento de onda entre 185 nm a 900 nm e faixa de absorvância entre -5 abs a 5 abs. O equipamento foi ajustado para ler o comprimento de onda de 630 nm que corresponde à faixa espectral do corante Azul Brilhante (FCF – INS 133). Com os resultados de absorvância de cada leitura, foram calculadas as quantidades de corante em ppm, por meio da confecção de curvas padrão a partir de concentrações conhecidas que eram obtidas por meio da diluição das caldas utilizadas para cada tratamento. As concentrações usadas para as curvas padrão foram de 0,01456; 0,0293; 0,05859; 0,11719; 0,23438; 0,46875; 0,9375; 1,875; 3,75; 7,5; 15 mg L⁻¹. Com os valores de absorvância de cada concentração e a curva padrão o equipamento calculou a concentração de corante presente em cada amostra por meio da Equação 1.

$$Cc = \frac{abs - K0}{K1} \dots\dots\dots (1)$$

Em que:

Cc = Concentração de corante na amostra (mg L⁻¹);

abs = Absorvância da amostra;

$K0$ = Coeficiente linear da reta (curva padrão); e

$K1$ = Coeficiente angular da reta.

Com estes valores, foi estimado o percentual de deriva para cada fio de nylon e o percentual total da deriva coletada, que foi a soma da deriva de todos os fios, conforme Moreira Júnior (2009); Oliveira (2011) e Chechetto et al., (2013).

Para as lâminas de vidro a deriva foi estimada por balanço de massas, baseando-se na relação entre a dose de corante aplicada (180 g ha^{-1}) e a quantidade recuperada na superfície de amostragem em cada repetição (REZENDE, 2011; CARVALHO, 2013).

Depois de concluídas todas as leituras das amostras, foram avaliadas 20 amostras de lâminas de vidro e 20 amostras de fios de nylon limpos, para a certificação de que não houve qualquer interferência dos materiais de confecção dos coletores nas leituras do equipamento, como qualquer resíduo dos sacos plásticos, lâminas de vidro, fios de nylon, recipientes plásticos para as lâminas e para a água resultante das lavagens dos fios. Essas amostras tiveram o mesmo processamento em relação às amostras de campo.

3.4 Degradação e retenção do corante

Juntamente a pesquisa de deriva, foram realizadas coletas de amostras para avaliar se houve degradação e retenção do corante nos coletores artificiais utilizados. Uma amostra das caldas aplicadas no ensaio foi recolhida e utilizada para essas amostragens. Os mesmos tipos de lâminas de vidro e fios de nylon foram utilizados nessa etapa.

Os tempos de exposição dos fios e lâminas de vidro às condições climáticas foram os mesmos em relação aos coletores no ensaio principal. Esse cuidado foi tomado para quantificar qualquer tipo de degradação (por exemplo, por luminosidade) ou retenção do corante no intervalo de tempo entre a aplicação da calda e as leituras das amostras em espectrofotômetro.

Para que fosse possível determinar a degradação e retenção, a metodologia reproduzida foi à utilizada por Carvalho (2013), onde foram depositadas gotas de volume conhecido nos coletores com auxílio de uma micropipeta, marca Eppendorf, modelo Research Plus, com precisão de $0,5 - 10,0 \mu\text{L}$, previamente aferida para depositar $2,0 \mu\text{L}$ de calda por gota. Esta aferição foi realizada através da pesagem de 10 gotas da calda em uma balança, marca BEL, modelo 210A, com precisão de

0,0001 g, com três repetições, sendo este peso relacionado à densidade da calda, avaliada através da pesagem de 100,0 mL da calda em balão volumétrico e utilizando-se a mesma balança, também com três repetições.

Para as amostragens foram utilizadas 10 lâminas de vidro e depositadas 10 gotas da calda pulverizada, em cada lâmina (Figura 9a). A coleta das lâminas foi feita 15 minutos após a aplicação das caldas, onde todos os processos, incluindo identificação, armazenagem, transporte e lavagem das lâminas foram os mesmos descritos anteriormente, incluindo o tempo entre aplicação e lavagem para extração do corante (CARVALHO, 2013). Para a degradação em fios de nylon foram utilizados 10 fios, com a mesma forma de disposição utilizada para as lâminas de vidro (Figura 9b), e a forma de coleta e armazenamento foram às mesmas para os fios de nylon utilizados no ensaio principal.



Figura 9. Imagens da avaliação da degradação e retenção em lâmina de vidro (a) e em fios de nylon (b).

Considerou-se degradação e retenção a quantidade de corante que não foi observada na forma de recuperação após as leituras por espectrofotometria, já que a quantidade inicial de corante depositado com micropipeta nos coletores era conhecida. Essa porcentagem não recuperada de corante foi acrescida em cada tratamento como um fator de correção devido à retenção do corante nos coletores ou degradação do mesmo durante o processo de armazenamento e extração. O fator de correção foi calculado por meio da Equação 2.

$$Fc = (100 - ((\frac{Abs}{K_0}) \cdot Qa) / Cc)) + 1 \dots \dots \dots (2)$$

Em que:

Fc = Fator de correção;

Abs = Absorbância da amostra;

$K0$ = Coeficiente linear da reta (curva padrão);

Qa = Quantidade de água utilizada para lavagem de cada amostra (mL); e

Cc = Concentração de corante depositada nos coletores (μL).

3.5 Cálculos do índice de deriva

Os dados de deriva nas lâminas (coletores horizontais) foram convertidos em percentuais da dose originalmente aplicada na área pulverizada, criando um índice de deriva no plano horizontal (Equação 3). Este índice correspondia a um percentual da dose aplicada na área tratada.

$$IDh = \left(\frac{Dc}{Dt} \right) 100 \dots \dots \dots (3)$$

Em que:

IDh = Índice de deriva horizontal (% da dose aplicada na área tratada);

Dc = Dose recuperada em cada coletor horizontal de deriva (quantidade por unidade de área); e

Dt = Dose pulverizada no talhão (quantidade por unidade de área).

No caso dos coletores verticais, o índice de deriva foi calculado num processo similar ao dos coletores horizontais. Os dados de deposição em cada fio foram transformados em quantidade de corante coletada por unidade de área no plano vertical correspondente à faixa de coleta usada no ensaio (de 2 a 4 m de altura, disposição dos fios de nylon, com relação à superfície). Estes valores foram, então, transformados em percentuais da dose aplicada no talhão criando-se o índice de deriva no plano vertical. Neste caso, o índice representa o fluxo de deriva coletado que passava pelo plano vertical imaginário no ponto de coleta (Equação 4).

$$IDv = \left(\frac{Df}{Dt} \right) 100 \dots \dots \dots (4)$$

Em que:

ID_v = Índice de deriva vertical (% da dose aplicada na área tratada);

D_f = Quantidade de deriva por unidade de área na vertical (quantidade por unidade de área no plano vertical); e

D_t = Dose pulverizada no talhão (quantidade por unidade de área).

3.6 Análises estatísticas

As médias da deriva coletada para os coletores verticais e horizontais foram correlacionadas a partir do coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade através do software Statistica.

Os dados de deriva foram agrupados e ajustados para uma curva matemática (modelo) através das médias, que permite estimar os índices de deriva horizontal e vertical para qualquer distância dentro do intervalo entre 20 e 500 m de distância da área tratada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros climáticos

A Tabela 1 apresenta os valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros climáticos durante a realização das aplicações para os tratamentos GM e GF. Observa-se na Tabela 1 que as condições foram similares em termos de médias dos parâmetros climáticos, se comparadas as condições de aplicação para os tratamentos. Considerando-se as médias, as condições estavam próximas aos limites recomendados para a aplicação. Os valores médios, máximos e mínimos das condições climáticas para cada repetição se encontram no Apêndice I.

Tabela 1. Médias gerais das condições climáticas considerando todas as repetições.

Tratamentos		Velocidade (km h ⁻¹)	Umidade (%)	Temperatura (° C)
GM	Média	11,02	60,70	23,44
	Máximo	22,70	86,30	27,70
	Mínimo	5,43	37,80	18,10
GF	Média	11,74	58,97	23,24
	Máximo	24,00	69,10	24,90
	Mínimo	5,97	43,00	18,00

4.2 Índices de degradação e retenção

A densidade da calda utilizada no ensaio foi de $0,9897 \text{ g mL}^{-1}$ e a quantidade total média depositada com auxílio de uma micropipeta em cada coletor na soma das 10 gotas foi de $20,1884 \text{ }\mu\text{L}$. A média recupera da calda depositada nos coletores e o fator de correção estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Média recuperada e fator de correção para cada tipo de coletor.

	Média recuperada (μL)	Fator de correção
Coletores horizontais	18,2119	1,0979
Coletores verticais	20,1350	1,0026

Carvalho (2013) utilizando o mesmo coletor horizontal e o mesmo tempo de exposição dos coletores as condições climáticas utilizados na presente pesquisa, apresentou um fator de correção médio de 1,0577 pulverizando tratamentos para comparação entre aplicação aérea e terrestre. No entanto, esse fator variou de 1,0021 até 1,0798 conforme alterado os produtos fitossanitários que faziam a composição da calda. Quando o autor avaliou somente a aplicação aérea o valor médio do fator de correção foi de 1,0931, próximo ao 1,0979 encontrados nessa pesquisa. Já para coletores naturais o valor médio do fator de correção foi de 1,2185.

Pinto et al., (2007) avaliando a degradação de traçadores pulverizados na cultura na soja, avaliou o corante Azul Brilhante em placas de vidro posicionadas nas entrelinhas da cultura e apresentou valores de degradação de 4,63; 4,41; 11,98; 2,07 e 11,10% nos períodos de 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 e 5 horas, respectivamente.

4.3 Índices de deriva horizontal

O índice de deriva horizontal indica a quantidade de deriva em cada distância analisada, sendo representado por um percentual da dose aplicada no talhão por unidade de área efetivamente pulverizada. Os valores encontrados para o índice de deriva horizontal no estudo estão apresentados na Tabela 3, onde observa-se que para os valores gerais de deriva o tratamento realizado com gotas finas gerou 2,2 vezes mais deriva em relação ao tratamento com gotas médias. Observando ainda na

Tabela 3 na distância de 200 m a deriva indicada é de 0,2859% e 0,7823% da dose aplicada no talhão para os tratamentos GM e GF, respectivamente, redução de 63,5% da deriva considerando-se a substituição das gotas finas pelas gotas médias.

Para a diferença da deriva, em porcentagem, em relação ao tratamento GM para o GF observa-se que a adoção de gotas médias se configurou como uma Técnica de Redução de Deriva (TRD) eficiente em todas as distâncias avaliadas entre 20 e 360 m. Nessas distâncias o tratamento GM propiciou índices de deriva 56,8% menores na comparação direta com o GF. A partir do ponto a 380 metros até a distância de 500 metros temos uma inflexão, onde a deriva capturada nos coletores horizontais passa a ser maior para o tratamento com gotas médias.

Tabela 3. Índice de deriva para as distâncias avaliadas com coletores horizontais e o percentual de redução da deriva.

Tratamentos		Médias (%)	
GF		3,3525	
GM		1,5356	
Distâncias (m)	Índice de deriva (% da dose aplicada)		Redução da deriva (%)
	GM	GF	
20	24,0877	51,0487	52,8
40	4,3719	12,9171	66,2
60	2,1794	5,1336	57,5
80	1,4822	3,0327	51,1
100	1,0970	2,6181	58,1
120	0,7488	1,4453	48,2
140	0,5362	1,0241	47,6
160	0,3876	0,8215	52,8
180	0,3595	0,7350	51,1
200	0,2859	0,7823	63,5
220	0,1509	0,7145	78,9
240	0,2160	0,6071	64,4
260	0,2398	0,6046	60,3
280	0,1115	0,4292	74,0
300	0,1796	0,3894	53,9
320	0,2348	0,4294	45,3
340	0,2005	0,4219	52,5
360	0,0863	0,1528	43,5
380	0,3196	0,0313	-
400	0,4064	0,0715	-
420	0,2576	0,1214	-
440	0,0790	0,0512	-
460	0,1597	0,0274	-
480	0,1099	0,1097	-
500	0,1061	0,0919	-

*Média de todas as distâncias coletadas para cada tratamento. **O percentual de redução da deriva se refere à hipótese da adoção do tratamento GM em substituição ao GF.

Mokeba et al. (1998) estabeleceram que quando as gotas de pulverização cessam a aceleração, ou seja, no momento que as gotas começam a viajar na mesma velocidade da corrente de ar, sua dispersão passa a ser controlada pela atmosfera randomizada ou por efeitos de correntes de ar. Esse fator pode explicar os maiores índices de deriva coletados em distâncias mais longas do que em distâncias

mais curtas em relação à área aplicada, já que as correntes de ar podem ascender ou declinar a porção de gotas que está sendo carregada.

Fritz et al., (2011) pulverizando adjuvante SilGuard 309 (0,25% v v⁻¹) com um corante fluorescente (24,7 g ha⁻¹) testando uma configuração padrão de pontas de pulverização (jato plano 11003 – Spraying Systems, Inc., Wheaton, IL) formando gotas finas/médias, comparada a uma TRD (ponta CP11TT 4008 CP Products, Inc., Tempe, AZ) formando gotas médias, avaliou que a deriva a favor do vento predominante foi 2,87 vezes maior para o tratamento padrão comparado ao tratamento composto por TRD. Valor este maior do que os 2,2 encontrados nesse trabalho, porém, as distâncias avaliadas no presente estudo foram maiores em comparação a Fritz et al., (2011). Entretanto, ambas as pesquisas mostram uma redução do índice de deriva a favor dos tratamentos compostos por TRD.

Em estudo de Woods et al., (2001), foram avaliadas aplicações aéreas com um avião Air Tractor 502B, com altura de voo de 3 metros, utilizando duas configurações de barras de pulverização, uma com Micronair AU5000, pás ajustadas com 55°, taxa de aplicação de 3 L ha⁻¹ (UBV) e outra com pontas CP-03 com ângulo defletor de 30°, aplicando 30 L ha⁻¹, ambos usando o inseticida endosulfan e 15 g ha⁻¹ de corante fluorescente (Uvitex OB). Os autores avaliaram a deriva utilizando papéis para cromatografia fixados em suportes horizontais a 1 metro acima do solo. A deriva encontrada na distância de 500 metros em relação à área tratada foi de 1,0 e 2,0% da taxa aplicada para os tratamentos utilizando a ponta CP-03 e Micronair, respectivamente.

Em estudo de Lan et al., (2008) utilizaram a ponta CP-11TT (CP Products Company, Tempe, AZ) com orifício número 15 e ângulo de deflexão de 75°, para avaliar cinco tratamentos com diferentes adjuvantes aplicados por uma aeronave AirTractor AT-402B (AirTractor, Inc., Olney, Tex.) operando a 217,3 km h⁻¹, altura de voo de 3 metros, largura de faixa de 19,8 metros e com taxa de aplicação de 9,4 L ha⁻¹, onde as gotas variaram conforme os tratamentos de 197 até 305 µm. Os autores observaram que não houve deriva depositada nos coletores horizontais (cartão Mylar) além de 25 metros da área aplicada para todos os tratamentos testados, com condições climáticas similares as observadas no presente estudo.

Hoffmann; Kirk (2005) utilizaram o produto Triton X-100 (0,1% v v⁻¹) com 25 g ha⁻¹ de corante fluorescente para avaliar deposição e deriva em

pulverização aérea utilizando uma aeronave AirTractor 402B, com uma taxa de aplicação de 28 L ha^{-1} e altura de voo de 1,8 metros. Os autores utilizaram dois tratamentos, um com ponta CP-03, com orifício de 0,125 polegadas e ângulo defletor de 30° , pressão de 220 kPa e velocidade de voo de 193 km h^{-1} , pulverizando assim gotas com DMV de $307 \mu\text{m}$ e outro tratamento utilizando uma ponta cone com orifício 08, pressão de 276 kPa e velocidade de voo de 209 km h^{-1} , pulverizando gotas com DMV de $413 \mu\text{m}$. Os dois tratamentos foram classificados com gotas médias segundo a norma ASAE/ASABE S572.1 (2009). Os autores descreveram que em todas as distâncias avaliadas a deriva capturada em cartões Mylar (100 cm^2), foi maior para o tratamento com gotas menores. Na distância de 50 metros da área aplicada, a deriva depositada para as gotas menores foi de 1,73% da taxa aplicada e de 0,6% para as gotas maiores, sendo a deriva coletada nesse ponto três vezes menor para as gotas maiores.

Em pesquisa de Wolf et al., (2003) avaliando 21 adjuvantes aplicados com uma aeronave Cessna 188 equipado com pontas CP-03, com ângulo defletor de 30° e uma combinação de orifícios de 0,078 e 0,125 polegada (gotas médias) com velocidade de voo de 185 km h^{-1} e um AirTractor 502A equipado com pontas CP-09, com ângulo defletor de 5° , com a mesma combinação de orifícios citada anteriormente (gotas finas) com velocidade de voo de 241 km h^{-1} . As aeronaves tiveram altura de voo entre 3,0 – 3,7 m. Os autores avaliaram os resultados para a deriva horizontal nas distâncias de 15,25; 30,50; 45,75; 61,00; 76,25; 91,50; e 106,75 m. Analisando a distância de 106,75 m da área aplicada foram encontrados 0,09% e 0,38% de cobertura nos papéis hidrossensíveis para aplicação com o adjuvante Border EG 250 no tratamento com gotas médias e finas, respectivamente, para velocidade do vento de $11,3 \text{ km h}^{-1}$. Com isso houve uma redução de 4 vezes na cobertura dos papéis hidrossensíveis para as gotas médias em relação as gotas finas, fazendo-se uma comparação com o presente estudo onde a deriva no ponto de 100 metros da área aplicada foi 2,4 vezes maior para as gotas finas quando comparada com a deriva gerada pelas gotas médias no mesmo ponto amostrado.

Hewitt et al., (2002) utilizaram o banco de dados do modelo de deriva AgDRIFT[®] através dos dados gerados pelo SDTF que avaliou 41 cenários de aplicações utilizando três aeronaves, dois deles de asa fixa, Cessna (velocidade de voo de $169,2 - 187,2 \text{ km h}^{-1}$) e Air Tractor (velocidade de voo de $237,6 - 255,6 \text{ km h}^{-1}$) e um helicóptero Wasp (velocidade de voo de $76,2 - 104,4 \text{ km h}^{-1}$). Esses tratamentos

resultaram em DMVs de 107 até 811 μm gerados por diversos tipos e angulações de pontas, pressões de trabalho e misturas em tanque, em que foram utilizadas distâncias de coleta de deriva similares as avaliadas no presente estudo. Os autores constataram que a 300 m da área aplicada, nas simulações com aeronave de média velocidade (Cessna 169,2 – 187,2 km h^{-1}), a deriva encontrada foi ao redor de 0,07% da taxa pulverizada.

A Figura 10 apresenta modelos matemáticos ajustados aos dados analisados nos coletores horizontais (Tabela 3), os quais podem ser utilizados para estimar os índices de deriva horizontal para qualquer distância dentro do intervalo entre 20 e 500 m da área aplicada, na direção do vento predominante.

O comportamento da deriva analisado na Figura 10 foi descrito por Hewitt et al., (2002), onde fora da área aplicada e a favor do vento predominante, as taxas de deposições da deriva são altas em curtas distâncias em relação a borda da área aplicada e decrescem rapidamente com o aumento das distâncias avaliadas. Herbst (2001), em pesquisas sobre deriva em campo e em túnel de vento explicou que esse comportamento é baseado na tendência das gotas apresentarem movimento descendente devido à energia cinética e gravitacional.

Na Figura 11 estão apresentados, em detalhes, os pontos nas distâncias entre 200 e 500 m, evidenciando o ponto de inflexão das curvas onde o modelo passa a mostrar maior coleta de deriva na aplicação com o tratamento GM.

Em análise a outras pesquisas para o entendimento dos dados apresentados na Figura 11, Teske; Thistle (2003) descrevem uma comparação de dados reais com modelos computacionais de deriva e enumeram os limites e as necessidades de se dominar fatores como velocidade e direção do vento, temperatura ambiente, umidade relativa do ar e estabilidade atmosférica. Os autores demonstraram em seus dados uma variação da deposição de deriva coletada entre 30 e 70% na distância de 795 m da área aplicada. Os mesmos descrevem que além das variáveis meteorológicas, algumas especulações para tal variabilidade devem ser levadas em consideração, como variáveis da mistura em tanque, transporte das gotas na atmosfera e eficiência da coleta das gotas, especialmente quando temos gotas pequenas que permanecem no ar por até longas distâncias.

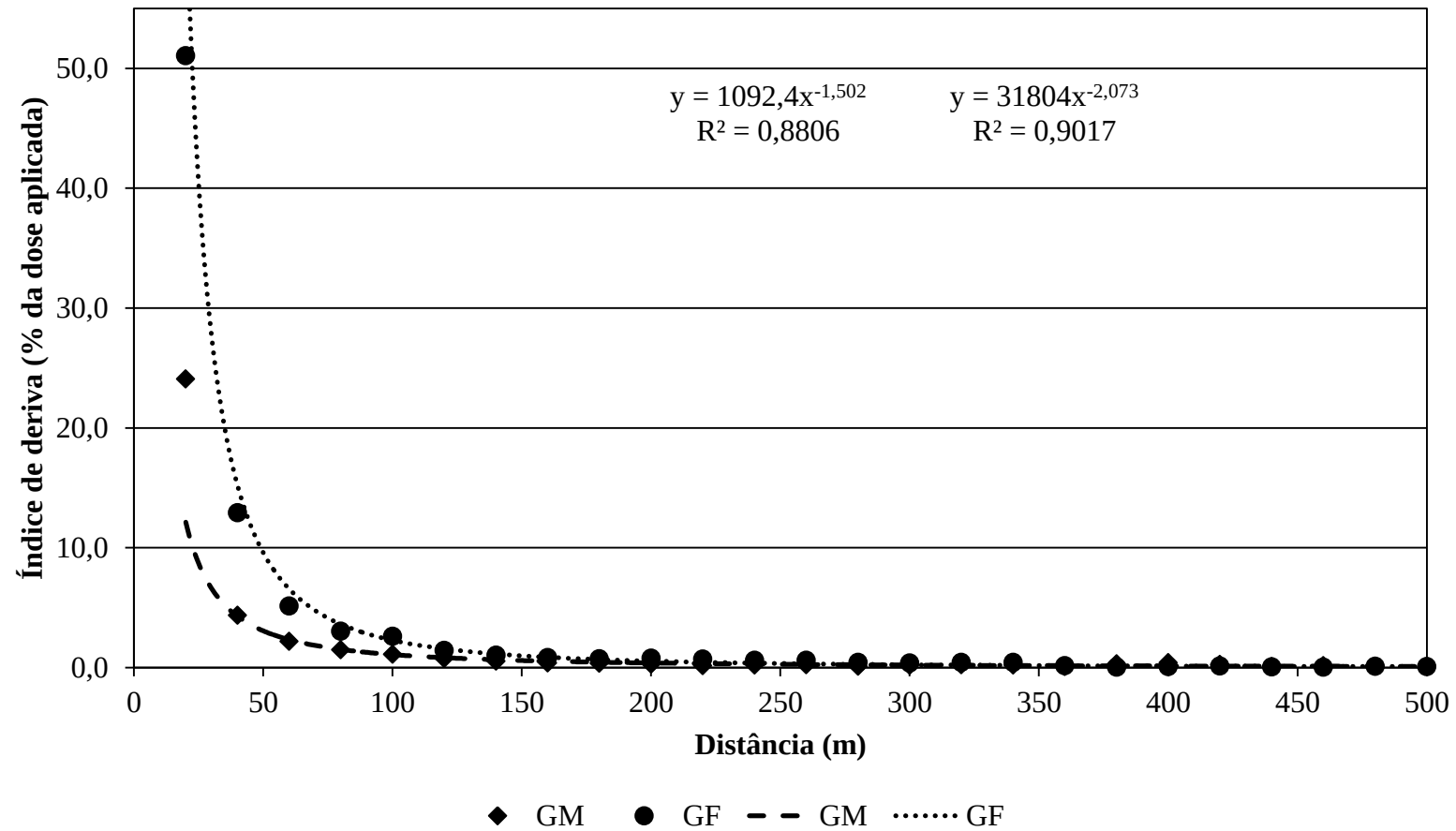


Figura 10. Modelos de estimativa da deriva nos coletores horizontais na média de todas as repetições em cada tratamento (GM e GF).

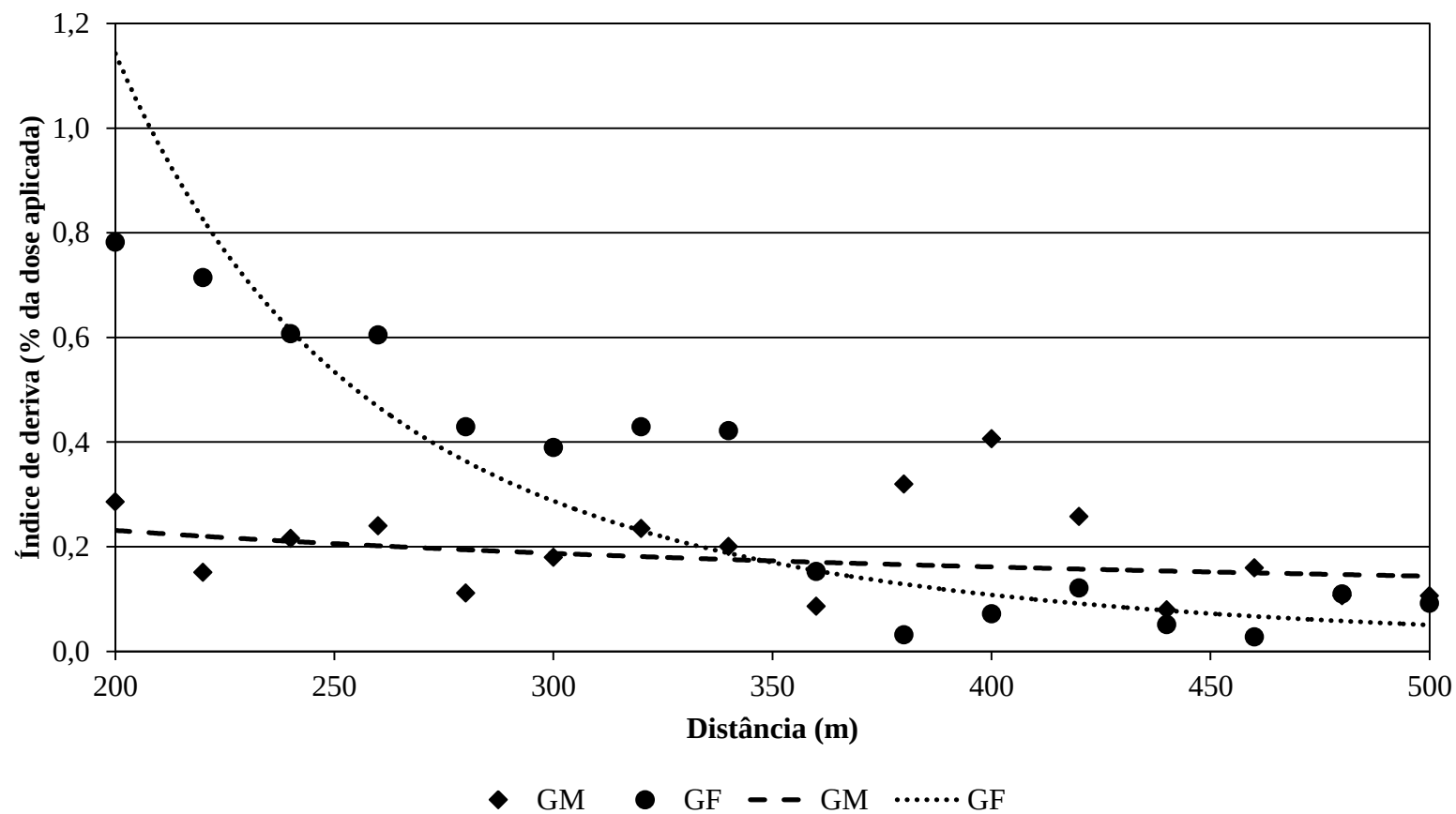


Figura 11. Detalhamento dos pontos para as distâncias entre 200 e 500 m para os modelos de estimativa da deriva nos coletores horizontais na média de todas as repetições em cada tratamento (GM e GF).

Hewitt et al., (2002) descreveram em seu estudo que a coleta da deriva depositada em distâncias maiores que 200 m não ofereceram quantidade suficiente para a quantificação da deriva, indicando uma deposição extremamente baixa em longas distâncias. O mesmo autor apresentou outro importante ponto sobre a coleta de gotas, que se dá por sedimentação e por impactação. A coleta por impacto acontece em superfícies verticais, enquanto a coleta por sedimentação ocorre principalmente em superfícies horizontais. Os autores ainda completam que as gotas finas tem maior chance de alcançarem maiores distâncias em relação a gotas maiores, sendo todo esse trajeto realizado pelas gotas no plano vertical, sendo a coleta por impacto a melhor recomendada, o que é comprovado pela inflexão observada no presente estudo.

Sobre os tipos de coleta de deriva, a norma ASAE/ASABE S561.1 (2009) orienta e embasa a maioria dos estudos de deriva, principalmente na formação da composição da área de coleta. Porém, essa norma que estabelece o procedimento dos testes e quantificações de depósitos em faixas dentro e fora da área alvo, não menciona a coleta de deriva no plano vertical e sim somente no plano horizontal, sendo assim na antemão do conceito destacado por Hewitt et al., (2002), que a coleta de deriva se dá de duas formas, por sedimentação e por impactação.

Em outra importante discussão dos resultados apresentados para coletores horizontais, Hewitt et al. (2002) descrevem como definição, que os tratamentos padrões em sua pesquisa foram aplicados sem haver variações de fatores mecânicos, sendo a única variável a meteorologia, e assim, sistematicamente, houve variabilidade dos dados obtidos. Seguindo nessa discussão, Teske; Thistle, (2003) descrevem que essa variação pode ser explicada partindo do pressuposto fenômeno da evaporação das gotas, que começa logo após a sua formação a partir da ponta de pulverização. Os autores alertam que os modelos de evaporação analisam uma gota que é isolada imediatamente após sua formação, quando em fato, nenhuma gota é imediatamente isolada após sua formação a partir da ponta de pulverização.

Os resultados apresentados nas Figuras 10 e 11 ainda podem ser interpretados quando observamos o estudo de Teske et al. (2003), onde os autores mostram que o tempo necessário para a evaporação poderia substancialmente aumentar o depósito perto da área aplicada e diminuir o depósito a favor do vento predominante. O que seria ainda mais agravado para gotas finas, onde o tempo necessário para sua

evaporação é menor do que em relação a gotas médias, o que poderia acarretar na inflexão observada para os coletores horizontais do presente estudo.

Porém, esses dados podem ser explicados por diversos fatores e não somente pelo fenômeno da evaporação. Um fator muito importante para a análise e entendimento do comportamento e coleta da deriva é o tamanho de gotas. Esse fator influencia a deposição, distância da deposição, evaporação, deslocamento na corrente de ar, entre outros. Hewitt (2000); Hewitt et al., (2002) descreveram que muitos parâmetros na pulverização afetam o tamanho de gotas, como tipos de pontas, orientação das pontas, pressão de trabalho, velocidade de voo e formulação da mistura em tanque. O tamanho de gotas é de fundamental importância para a escolha do método de coleta de dados para a quantificação de deriva. Os autores ainda descreveram que o grande objetivo das pesquisas que envolvem deriva é a quantificação desta a favor do vento, sendo as condições climáticas, como velocidade e direção do vento, estabilidade atmosférica e umidade relativa do ar os fatores mais impactantes no movimento e na deposição da pulverização para áreas não alvo, o que é ainda mais agravado para gotas finas.

Muitos autores apresentaram em suas pesquisas importantes dados de deriva por meio de estudos com coletores horizontais e verticais, como Woods et al., (2001); Hewitt et al., (2002); Wolf et al., (2003); Hoffmann; Kirk (2005); Fritz (2006); Lan et al., (2008) e Fritz et al., (2011). A presente pesquisa corrobora com a utilização dos dois métodos, assim como citado pelos demais autores, onde se pode observar que o método de coleta horizontal apresenta resultados coerentes somente até a distância de 360 m, após essa distância esse método apresenta uma marcante inflexão nos valores de deriva coletados para gotas finas e médias.

4.4 Índices de deriva vertical

Os valores listados na Tabela 4 indicam a quantidade de deriva coletada no plano vertical, em cada repetição dentro de cada distância, a qual é representada por um percentual da dose aplicada no talhão. A diferença entre as coletas horizontais é que, neste caso, o índice indica um fluxo de deriva que atravessa um plano vertical no determinado ponto amostrado, representando uma faixa de coleta entre as alturas de 2,0 e 4,0 m acima do nível do solo. Nessas análises o tratamento com gotas

finas (GF) gerou valor próximo ao dobro de deriva em relação ao tratamento com gotas médias (GM).

Fritz (2006) utilizando uma calda composta por Triton X-100 a 0,1% v v⁻¹ e 25 g ha⁻¹ de corante fluorescente aplicada por uma aeronave AirTractor AT-402B operando a 280 km h⁻¹, altura de voo de 1,8 m, largura de faixa de 19,8 m e com taxa de aplicação de 28 L ha⁻¹, equipada com pontas CP-03 (CP Products Company, Tempe, AZ) trabalhando com orifício 0,125 polegada e ângulo defletor de 90° (tratamento 1) e de 30° (tratamento 2), com gotas finas e médias, respectivamente, analisou a deriva deslocada na massa de ar através de linhas de pesca (monofilament line) posicionadas a 1,8 m de altura suspensas por duas torres espaçadas 10 m umas das outras nas distâncias de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 e 100 m em relação a área pulverizada e encontrou que a deriva para o tratamento com gotas finas é aproximadamente 2 vezes maior em relação ao tratamento com gotas médias, o que corrobora com a presente pesquisa.

Em pesquisa de Wolf et al., (2003) para os coletores verticais utilizando papéis hidrossensíveis, alocados na distância de 106,75 m da área aplicada, nas alturas de 2,7 e 4,0 m foram observados, respectivamente, 0,14% e 0,15% de cobertura nos papéis para velocidade do vento de 11,3 km h⁻¹ no tratamento aplicado pela aeronave Cessna com o adjuvante Control e pontas CP-03, com ângulo defletor de 30° e uma combinação de orifícios de 0,078 e 0,125 polegada, formando gotas médias. E para o tratamento com gotas finas, aplicado com uma aeronave AirTractor 502A equipado com pontas CP-09, com ângulo defletor de 5° e uma combinação de orifícios de 0,078 e 0,125 polegada e com o mesmo adjuvante e a mesma velocidade do vento, foram encontrados 0,21% e 0,23% de cobertura nos papéis hidrossensíveis. Observa-se que os resultados corroboram com o presente trabalho, onde a aplicação com gotas médias gerou menos deriva em relação ao tratamento com gotas finas para a distância de 100 m em relação à área tratada.

Analisando-se os percentuais de redução de deriva vertical apresentados na Tabela 4, foi observado que, assim como para os coletores horizontais, a adoção de gotas médias se configurou como uma TRD eficiente para este tipo de coleta, pois nas médias dos valores entre 50 e 500 m o tratamento GM propiciou índices de deriva 50,0% menores na comparação direta com o GF.

Tabela 4. Índice de deriva nos coletores verticais considerando a média dos três pontos de coleta em cada distância, na média os Tratamentos GM e GF.

Tratamentos		Médias (%)*	
GM		1,9293	
GF		3,8596	
Distâncias (m)	Índice de deriva (% da dose aplicada)		Redução da deriva (%)
	GM	GF	
50	8,3061	14,3568	42,15
100	1,1639	3,4443	66,21
200	0,1106	0,8740	87,35
300	0,0657	0,5168	87,29
500	0,0000	0,1058	100,00

Em estudo de Woods et al., (2001), utilizando duas configurações de barras de pulverização, uma com Micronair AU5000 (DMV 180 μ m) e outra com pontas CP-03 (DMV 250 μ m), foi avaliada a deriva vertical transportada pelo ar a uma distância de 100 m da área aplicada, utilizando torres retráteis com fios de algodão até uma altura de 20 m. Os resultados obtidos mostram redução de 2 a 3 vezes nos valores da deriva para o tratamento com a ponta CP-03 com ângulo defletor em relação à configuração de barra utilizando o atomizador Micronair. Ainda no estudo de Woods et al., (2001) onde foram avaliados também os ângulos defletores para a ponta CP-03 na distância de 100 m da área aplicada, a deriva foi em torno de duas vezes maior para o ângulo de 90° comparada a deriva encontrada para o tratamento com o ângulo de 30°. Já na presente pesquisa a redução da deriva foi em torno de 2,96 vezes para o tratamento com o ângulo de 30° comparado ao ângulo de 90° na distância de 100 m em relação a área aplicada.

Hoffmann; Kirk (2005) avaliaram a deriva que se deslocava na corrente de ar na distância de 50 m em relação à área aplicada e obtiveram valores de deriva maiores para os coletores a 10 m de altura do que para os coletores a 7,5 m de altura em relação ao solo. Os autores relacionaram os resultados obtidos a um possível vórtice criado pela ponta de asa da aeronave que elevou as gotas menores a tal altura. Quando os autores compararam os dois tratamentos testados na pesquisa, observaram que o tratamento formado por gotas menores gerou duas vezes mais deriva comparado ao tratamento com gotas maiores para os coletores verticais, o que refletiu o resultado encontrado para os coletores horizontais naquele estudo. Corroborando com a presente

pesquisa, onde na distância de 50 m da área aplicada o tratamento com gotas médias reduziu em torno de 1,7 vezes a deriva em relação o tratamento com gotas finas nos coletores verticais, refletindo o mesmo resultado encontrado para os coletores horizontais.

Outro fator importante ligado a altura de coleta da deriva e condições climáticas foi relatado por Nuyttens et al. (2006b), onde quanto mais alto o ponto de coleta de deriva, maior foi a velocidade do vento e menor foi a temperatura e a umidade relativa do ar. Os autores definiram então que quando são realizadas leituras em um mesmo local, mas em diferentes alturas em relação ao alvo, as condições climáticas são diferentes, e concluíram que a velocidade do vento e a umidade do ar foram os fatores que mais interferiram na deriva.

Na Figura 12 estão apresentados os modelos matemáticos ajustados aos dados coletados da deriva vertical (Tabela 4) que podem ser utilizados para estimar o índice de deriva para qualquer distância dentro do intervalo entre 50 e 500 m em relação à área aplicada, na direção do vento predominante. Na Figura 13, é possível observar, que em toda a extensão da coleta a deriva foi substancialmente maior para o tratamento GF. Resultado que contraria os dados apresentados nessa pesquisa para coletores horizontais e confirma a hipótese de Teske; Thistle (2003), onde descrevem que as gotas finas permanecem na corrente de ar por maiores distâncias.

Na pesquisa de Teske; Thistle, (2003) foram descritos modelos de deriva gerados para a análise vertical dos fluxos de gotas a 500 m da área aplicada. Os autores descrevem que nessa distância ainda existe uma fração maior que 2% da taxa aplicada, isso pode ser possível, porque segundo os autores, o vórtice criado pela aeronave pode criar um fluxo de material de até 40 metros de altura. As gotas encontradas por Teske; Thistle (2003) na distância citada são gotas muito pequenas, em torno de 19,8 μm . Essas gotas não são capturadas com sucesso pelos coletores horizontais, que captam a deriva depositada, e sim pelos coletores verticais, que captam o fluxo de gotas que passa pelo ponto amostrado, isso explica a inflexão avaliada no presente estudo para os coletores horizontais e a ausência de inflexão para os coletores verticais.

Hewitt et al., (2002) descrevendo sobre o modelo AgDRIFT explicou a importância do modelo conter um cálculo para o vórtice criado pelo movimento da aeronave, onde se por hipótese as gotas forem arrastadas para esse

vórtice, elas serão deslocadas verticalmente e lateralmente e geralmente aumentando o potencial de deriva da aplicação.

Woods et al., (2001) fizeram comparações com os dados coletados no campo para deriva em coletores horizontais e verticais com os modelos computacionais Gaussiano e AgDRIFT e obtiveram sucesso nessa comparação, concluindo que os modelos podem auxiliar nas recomendações de zonas de segurança conforme a técnica escolhida para as pulverizações. E finalizam afirmando que as diferenças encontradas entre os dados reais e os modelos podem ser relacionadas às condições de inversão atmosférica, já que os dois modelos trabalham em condições neutras.

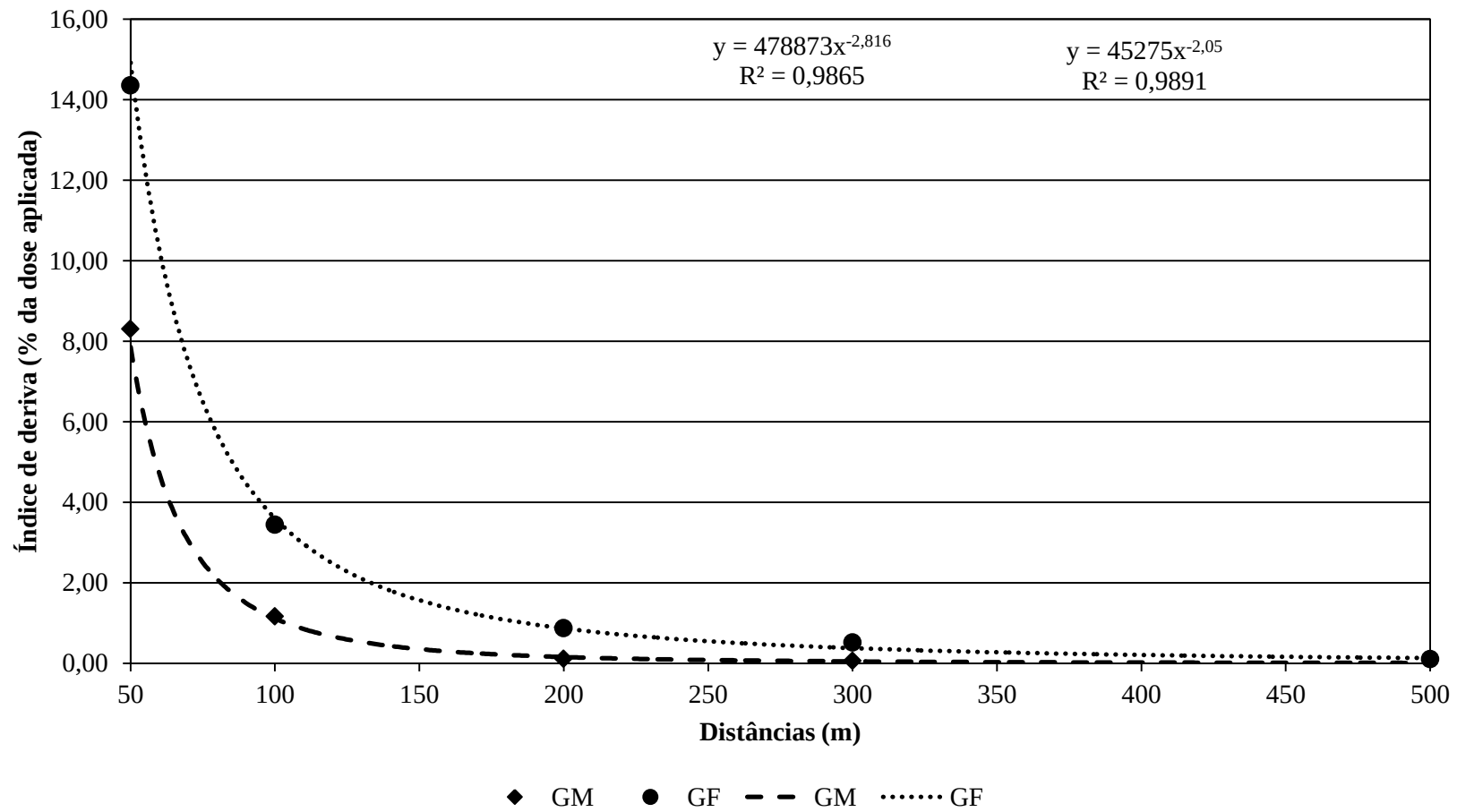


Figura 12. Modelo de estimativa da deriva nos coletores verticais considerando a média dos três pontos de coleta em cada distância para os tratamentos GM e GF.

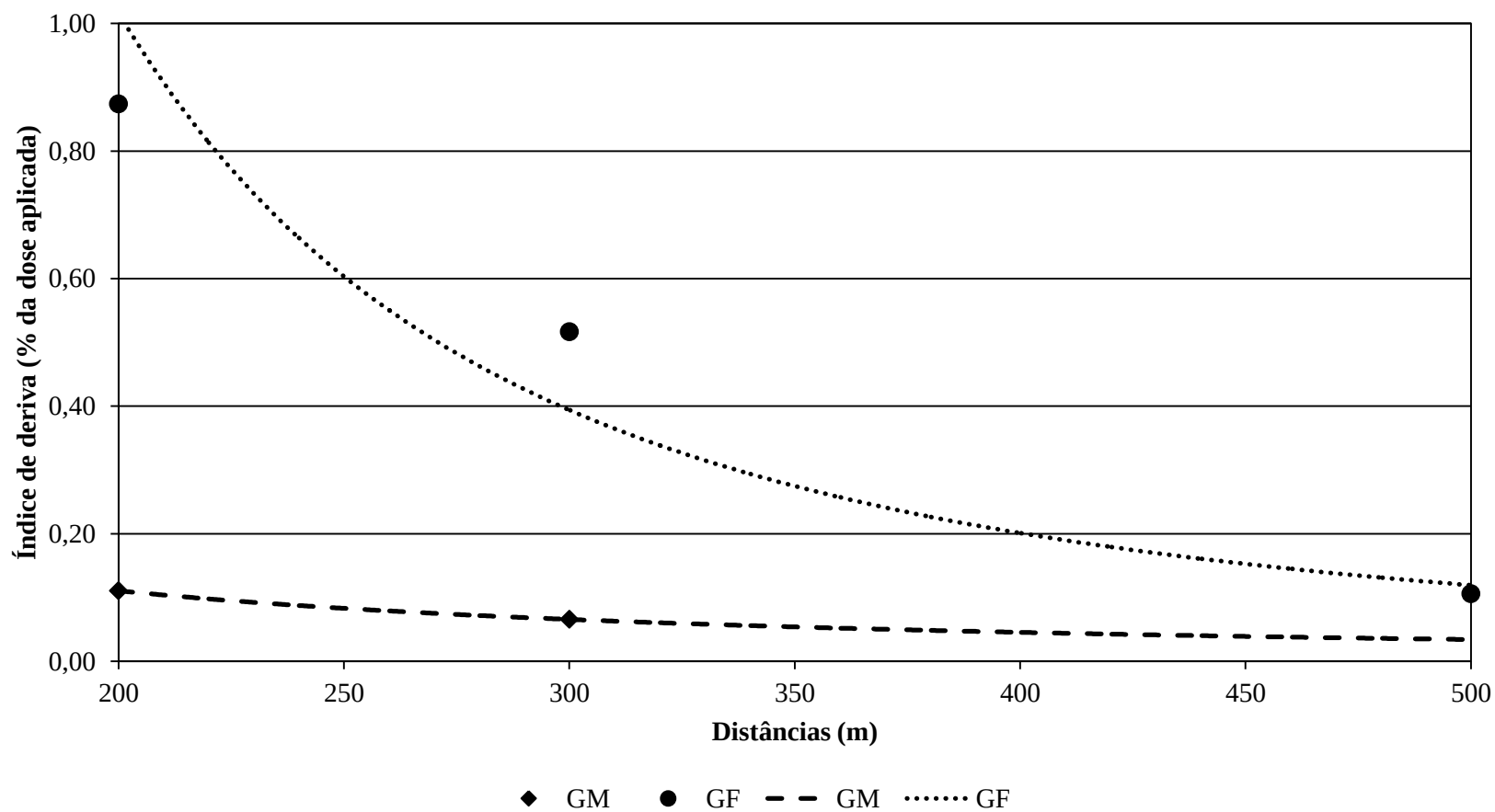


Figura 13. Detalhamento dos pontos nas distâncias de 200 a 500 m no modelo de estimativa da deriva nos coletores verticais, considerando a média dos três pontos de coleta em cada distância para os tratamentos GM e GF.

4.5 Correlações entre os coletores utilizados

Foram realizadas correlações para avaliar o comportamento dos diferentes coletores para os tratamentos (Tabela 5) e foi possível observar que para o tratamento GM a correlação entre os coletores foi significativa e positiva, ou seja, quando a deriva aumenta nos coletores horizontais, essa também aumenta nos coletores verticais. Já para o tratamento GF a correlação entre os coletores não foi significativa.

Os valores das correlações reforçam os resultados apresentados para a porcentagem de deriva coletada, onde o tratamento com gotas finas apresentou inflexão com o tratamento com gotas médias para os coletores horizontais, porém, os mesmos resultados não foram observados para os coletores verticais. A correlação não significativa para as gotas finas demonstra com clareza, que os coletores são muito importantes na coleta de deriva.

Tabela 5. Correlação entre os métodos de coleta vertical e horizontal.

	Desvio Padrão	GM Vertical	GF Vertical
GM Horizontal	0,72	0,89*	
GF Horizontal	1,77		0,47

* Correlação de Pearson significativa ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

A correlação significativa e positiva para o tratamento GM está apresentada na Figura 14.

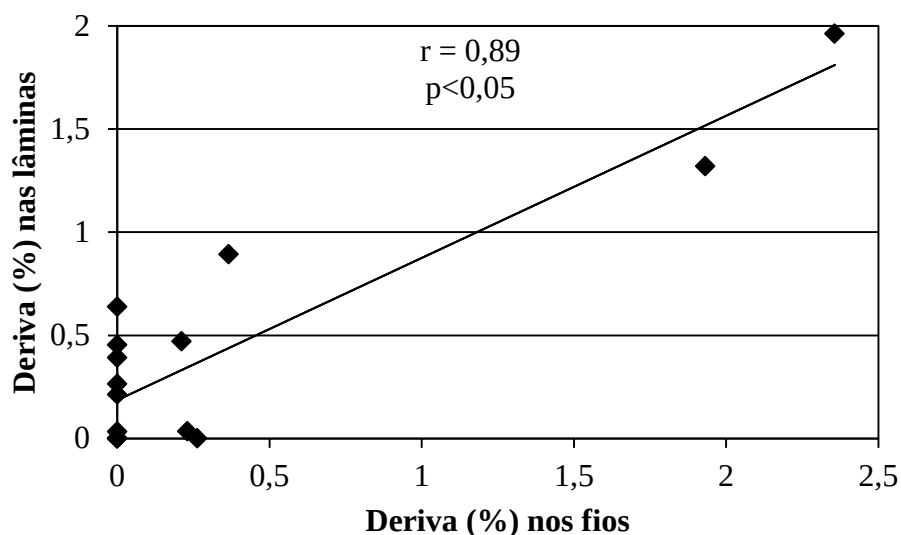


Figura 14. Correlação dos valores para coletores horizontais em função dos valores de deriva para os coletores verticais para o tratamento com gotas médias (GM).

Fica evidente que as diferenças de valores de deriva encontrados nos dois métodos de coleta, apesar da correlação encontrada ser significativa e positiva para o tamanho de gotas médio nos dois coletores, determinam a importância de se escolher o método ideal para cada tipo de aplicação. Os coletores horizontais apresentaram melhor eficiência em distâncias menores que 360 metros a favor do vento predominante, tanto que são utilizados nas menores distâncias e com menores espaçamentos entre coletores por Hewitt et al., (2002); Wolf et al., (2003); Hoffmann; Kirk (2005); Fritz (2006); Lan et al., (2008) e Fritz et al., (2011) em relação aos coletores de impacto que são usados para coletar as gotas que passam com a corrente de vento na camada vertical e são utilizados, pelos mesmos autores, em distâncias maiores em relação a área aplicada, geralmente iniciando-se a 50 metros.

Essa dificuldade de encontrar um método ideal para a coleta de deriva em pulverização aérea já havia sido relatada por Hewitt (2000); Teske et al. (2002); Hewitt et al. (2002) sendo destacado os inúmeros fatores que influenciam, diretamente e indiretamente na coleta de deriva, assim é muito clara a importância da escolha do coletor ideal para a coleta da deriva. Hewitt et al., (2002) ainda descreveram o alto custo para se realizar uma pesquisa dessa magnitude, principalmente em pulverização aérea, e o alto valor investido para a realização do SDTF e consolidação do AgDRIFT. De acordo com os embasamentos cedidos pelas pesquisas citadas, o

presente estudo ajuda a melhor indicar os coletores horizontais para um tipo de coleta de deriva depositada, como por exemplo, aplicações de herbicida no solo ou onde se necessita um estudo mais detalhado em distâncias mais próximas da área aplicada ou a indicação dos coletores verticais para um tipo de coleta da deriva transportada, como por exemplo, a que atingirá alguns insetos voadores, como as abelhas, ou para a quantificação da deriva que se estende por áreas mais distantes da área aplicada, ou até mesmo os dois métodos sendo utilizados conjuntamente, como em Teske et al. (2002); Hewitt et al. (2002) no consolidado SDTF e no modelo AgDRIFT.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muito se tem encontrado na literatura nacional e internacional sobre a dificuldade de se coletar deriva em aplicações aéreas, sendo enumerados diversos fatores negativos como, o alto custo para as leituras das amostras em laboratório quando se utiliza principalmente as leituras por cromatografia e a dificuldade de se instalar os coletores em campo. Porém, os coletores verticais e horizontais avaliados nessa pesquisa são de baixo custo, fácil confecção, instalação em campo e manuseio na extração do traçador e as análises analíticas para esse estudo também apresentaram um baixo custo para as leituras em espectrofotômetro.

O traçador azul brilhante utilizado na pesquisa não apresentou dificuldade em sua extração dos coletores artificiais e nas análises das amostras em espectrofotômetro.

A partir dessa pesquisa, outros estudos podem ser embasados em complemento para se avaliar a eficiência dos produtos fitossanitários juntamente com as técnicas de redução da deriva. Essas duas variáveis de estudo são fundamentais para o sucesso de uma aplicação, podendo melhorar a precisão das análises em tecnologia de aplicação e colaborar com a sustentabilidade da agricultura na aplicação de produtos fitossanitários.

Analisando a literatura e os dados da pesquisa de maneira geral, é possível observar que mais estudos serão necessários para se investigar até qual altura a deriva no plano vertical pode atingir, principalmente a camada vertical acima de 4 metros de altura. Quanto maior a altura que as gotas atingirem na corrente de ar, maior será a velocidade de deslocamento, apresentando maior potencial para as gotas atingirem longas distâncias.

São necessárias mais pesquisas para mensurarmos o espectro de gotas para a aplicação aérea nos parâmetros brasileiros, visto que hoje a norma ASAE/ASABE S572.1 é uma das mais utilizadas para a classificação do tamanho de gotas de pulverização.

A norma ASAE/ASABE S561.1 (2009) não deve ser utilizada como única ferramenta para o dimensionamento da área de coleta e para a escolha dos coletores a ser utilizado na pesquisa. A norma não faz menção a coleta vertical de deriva, o que foi demonstrado de extrema importância na presente pesquisa, visto que

esse tipo de coletor permite mensurar a deriva que passa no plano vertical através da corrente de vento.

Fica claro a melhor indicação dos coletores horizontais para a coleta de deriva em distância menores e os coletores verticais para distâncias maiores em relação a área aplicada. Com isso pode-se realizar a escolha de um dos métodos, levando-se em conta o que se deseja avaliar, o tipo de aplicação, a distância da avaliação em relação a área aplicada e com isso orientar a pesquisa para o melhor coletor a ser utilizado, reduzindo assim o número de amostras que eventualmente podem vir a ser perdidas pela não coleta (resultado zero) e com isso reduzindo o custo da instalação da pesquisa em campo e do custo das leituras em laboratório.

Nada foi constatado na presente pesquisa que aponte algum resultado que restrinja a utilização de ambos os métodos na mesma pesquisa, pelo contrário, esses métodos podem se complementar e ainda apresentar maior segurança nos dados gerados pelas pesquisas que trabalharemos com ambos.

6 CONCLUSÕES

A utilização de uma técnica indicada para a redução de deriva para aplicação aérea (TRD) se mostrou eficiente em comparação a técnicas convencionais, nesse caso a comparação entre gotas médias e gotas finas, apresentando redução da deriva em ambos coletores estudados.

As gotas finas permanecem na corrente de ar por maiores distâncias e os coletores horizontais são ineficientes na coleta dessas gotas, assim esses coletores não são a melhor indicação para a coleta de deriva em estudo de pulverização aérea, quando se necessita coletar gotas finas em longas distâncias em relação a área aplicada.

A partir dos dados de correlação, pode-se concluir que para o tratamento com gotas médias (GM) os dois tipos de coletores estudados correspondem de maneira significativa e positiva a variação do índice de deriva.

7. REFERÊNCIAS

ABI SAAB, O. J. G. **Avaliação de um sistema de aplicação de defensivos utilizado em videiras no Município de Londrina - PR.** 1996. 65 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

AGRONAUTAS. **Estatísticas.** Brasília: Agronautas, 2015. Disponível em: <<http://www.agronautas.com/estatisticas.html>> Acesso em 18 mai. 2015.

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas.** Passo Fundo: Embrapa trigo, 2008. p. 174-175.

ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B., CHECHETTO, R. G.; CARVALHO, F. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. Spray drift from aerial application. **Aspects of Applied Biology.** Warwick/UK, v.122, p.279 - 284, 2014.

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

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação: Conceitos básicos, inovações e tendências. In: TOMQUELSKI, G. V. et al. (Eds.). **Publicações Fundação Chapadão: Soja e Milho 2011/2012.** 5 ed. Chapadão do Sul: Fundação Chapadão. 2012. cap. 16, p. 113-139.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem da soja. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. **Coletânea...** Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 193-219.

ANTUNIASSI, U. R.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C.; CARVALHO, W. P. A.; OLIVEIRA, R. B.; OLIVEIRA, M. A. P. Spray drift from aerial application on sugarcane In: **International Conference on Agricultural Engineering CIGR-AgEng**, 2012, 2012, Valência. Agriculture and engineering for a healthier life. , 2012. v.1. p.1 - 6

ASAE/ASABE S561.1. Procedure for measuring drift deposits from ground, orchard, and aerial sprayers. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, MI. 2009.

ASAE/ASABE S572.1. Spray nozzle classification by droplet spectra. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, MI. 2009.

BAIO, F. H. R.; ANTUNIASSI, U. R.; CASTILHO, B. R. Mapa de deriva relacionada à aplicação aérea de pesticidas em baixo volume. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. XXXIX. Vitória, 2010. **Anais...**, Vitória, ES, 2010. Paginação irregular.

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SASAKI, E. H. Distribuição da calda na cultura da videira por turboatomizador com diferentes configurações de pontas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 731-738, 2006.

BAYER, T.; COSTA, I. F. D.; LENZ, G.; ZEMOLIN, C.; MARQUES, L. N.; STEFANELO, M. S. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 192–198, 2011.

BALSARI, P. et al. A test bench for the classification of boom sprayers according to drift risk. In: Alexander, A. et al (Orgs). **Aspects of applied Biology**: Internantional advances in pesticides application. 77 ed. Wellesbourn: Association of Applied Biologists, 2006, v. 2, p. 313-319.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Assistência de ar e perdas na deposição de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 271-276, 2000.

BIRCHFIELD, N. Pesticide spray drift and ecological risk assessment in the U.S. EPA: a comparison between current default spray drift deposition levels and AgDRIFT predictions in screening-level risk assessments. **Aspects of Applied Biology** Wellesbourn, v. 71, p. 125 – 131, 2004.

BRIAND, O. et al. Comparison of different sampling techniques for the evaluation of pesticide spray drift in apple orchards. **The Science of the Total Environment**, Paris, v. 288, p. 199-213, 2002.

BUENO, M. R. **Tecnologia de aplicação aérea e terrestre na cultura da batata**. 2011, 72f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Ciências Agrárias, Uberlândia, 2011.

BUTLER ELLIS, M. C.; LANE, A. G.; O’SULLIVAN, C. M.; MILLER, P. C. H.; GLASS, C. R. Bystander exposure to pesticide spray drift: New data for model development and validation. **Biosystems engineering**, Amsterdam, v. 107, p. 162-168, 2010.

BUTLER ELLIS, M. C.; MILLER, P. C. H. The Silsoe Spray Drift Model: A model of spray drift for the assessment of non-target exposures to pesticides. **Biosystems engineering**, Amsterdam, v. 107, p. 169-177, 2010.

CAMARGO, T. V. Airbone and tractorized fungicide spraying for soybean asian rust control. In: JULIATTI, F. C. **Soybean Asian rust: etyology, epidemiology and management**. Uberlândia: UDUFU, 2006, p.263-274.

CARVALHO, F. K.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G.; GANDOLFO, U. D. Adjuvantes na deposição de aplicações aéreas e terrestres. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n.4, p. 215-221, 2013.

CARVALHO, F. K.; CHECHETO, R. G.; VILELA, C.; SILVA, A. C.; MOTA, A. A. B.; OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R. Aplicação planejada. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 112, p. 24-26. 2011.

CARVALHO, F. K. **Influência de adjuvantes de calda no depósito e deriva em aplicações aéreas e terrestres.** 72 f., 2013. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2013.

CARVALHO, W. P. A.; BOLLER, W.; ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação por via aérea. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais.** Aldeia Norte, Botucatu-SP, 2011. p. 143-157.

CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CARVALHO, F. K.; SILVA, A. C. A.; VILELA, C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no potencial de redução de deriva em túnel de vento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 37-46, jan./fev. 2013.

CHILDS, S. J. Theoretical levels of control as a function of mean temperature and spray efficacy in aerial spraying of tsetse fly. **Acta Tropica**, Amsterdam, v. 117, p. 171–182, 2011.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle.** São Paulo: Teejet South América, 1999b. p. 15.

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

COOKE, B. K.; HISLOP, E. C.; HERRINGTON, P. J.; WESTERN, N. M.; HUMPHERSON-JONES, F. Air-assisted spraying of arable crops, in relation to deposition, drift and pesticide performance. **Crop Protection**, Guildford, v. 9, p. 303-311, 1990.

COSTA, N. V. et al. Deposição de gotas de pulverização e pH foliar em plantas daninhas aquáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: SBCPD, 2004. 1 CD-ROM.

COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 203-210, jan./mar. 2007.

COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; ROSSI, C. V. S.; CORRÊA, M. R.; NEGRISOLI, E.; FIORINI, M. V.; SIONO, L. M. Adjuvantes na deriva de 2,4-D + glyphosate em condições de campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 387-392, mar, 2014.

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.

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

CUNHA, J. P. A. R. et al. Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 133-138, 2005.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39 n.10 out. 2004.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

DURIGAN, J. C. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBS/ABRACAV/SIF, 1989. (paginação irregular).

ELBERT, A.; HAAS, M.; SPRINGER, B.; THIELERT, W.; NAUEN, R.; Mini-review, Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection, **Pest Management Science**, Weinheim, 2008, v. 64, p. 1099–1105.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides**, 2014. 2 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/015/i2763e/i2763e17.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2014.

FERRACINI, V. L.; CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y. Utilização da Rodamina B como traçador na avaliação de deposição de agrotóxicos. In: CONGRESO VIRTUAL IBEROAMERICANO SOBRE GESTIÓN DE CALIDAD EN LABORATORIOS, 2., Valladolid, 2004. **Libro de comunicaciones...** Valladolid: Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, 2004. p. 467-472.

FOX, R. D. et al. Airborne spray collection efficiency of nylon screens. **Applied Engeneering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 20, n. 2, p. 147-152, 2004.

FOX, R. D. et al. Downwind residue from air spraying of a dwarf apple orchard. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 33, n. 4, p. 1104-1108, 1990.

FREDONIAGROUP. The Fredonia Group. **World Pesticides: Industry Study with Forecasts for 2014 & 2019**, ago. 2010. Cleveland: Fredonia Group, 2010. 8 p. Disponível em:<<http://www.fredoniagroup.com/brochure/26xx/2664smwe.pdf>>. Acesso em 09 jul. 2014.

FRITZ, B. K.; HOFFMANN W. C.; BAGLEY, W. E.; HEWITT, A. Field Scale Evaluation of Spray Drift Reduction Technologies from Ground and Aerial Application Systems. **Journal of ASTM International**, West Conshohocken, v. 8, n. 5. 2011.

FRITZ, B. K. Meteorological effects on deposition and drift of aerially applied sprays. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 49, n. 5, p. 1295–1301, 2006.

GANDOLFO, M. A.; CARVALHO, F. K.; CHECHETTO, R. G.; GANDOLFO, U. D.; MORAES, E. D. Effect of working pressure at different spray nozzles on drift quantification in wind tunnel. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 80-87, jan./fev. 2014.

GAZZIERO, D. L. P. et al. Deposição de glyphosate aplicado para controle de plantas daninhas em soja transgênica. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 173-181, 2006.

GIL, Y.; SINFORT, C. Emission of pesticides to the air during sprayer application: A bibliographic review. **Atmospheric Environment**, Amsterdam, v. 39, p. 5183–5193, 2005.

GOERING, C. E.; SMITH, D. B. Equations for droplet size distributions in sprays. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 21, n. 2, p. 209-216, 1978.

GRATZ, N. Control of dipteran vectors. In: HASKELL, P. T. **Pesticide Application: Principles and Practice**, Oxford University Press, Oxford, 1985. p. 273–300.

HEWITT, A. J.; JOHNSON, D. R.; FISH, J. D.; HERMANSKY, C. G.; VALCORE, D. L. Development of the spray drift task force database for aerial applications. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 21, n. 3, p. 648–658, 2002.

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

HERBST, A. **A Method to Determine Spray Drift Potential from Nozzles and its Link to Buffer Zone Restrictions**. Paper number: 01-1047, an ASAE Meeting presentation, 2001.

HILZ, E.; VERMEER, A. W. P. Spray drift review: The extent to which a formulation can contribute to spray drift reduction. **Crop Protection**, Guildford, v.44, p. 75-83, Feb. 2013.

HIMEL, C. M. Analytical methodology in ULV. In: Pesticide application by ULV Methods. **British Crop Protection Council Monograph**, v. 11, p. 112–119, 1974.

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

HOFMAN, V.; SOLSENG, E. Reducing Spray Drift. North Dakota State University. Jun. 2001. Disponível em: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ageng/machine/ae1210w.htm#parameters>. Acesso em: 12 jun. 2012.

HOLTERMAN, H. J.; VAN DE ZANDE, J. C.; PORSKAMP, H. A. J.; HUIJSMANS, J. F. M. Modelling spray drift from boom sprayers. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 19, p. 1-22, 1997.

HUANG, Y.; ZHAN, W.; FRITZ, B. K.; THOMSON, S. J. Optimizing selection of controllable variables to minimize downwind drift from aerially applied sprays. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 28, n. 3, p. 307-314, 2012.

HUITINK, G.; WALKER, J. T.; LAVY, T. L. Downwind deposition of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid herbicide (2,4-D) in invert emulsion. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 33, n. 4, p. 1051-1056, 1990.

IAAA. Illinois Agricultural Aviation Association. **Aerial Application: Pilots**, Illinois: IAAA, 2015. Disponível em: <<http://www.agaviation.com/faq.htm>>. Acesso em 19 mai. 2015.

KAGABU, S. Discovery of imidacloprid and further developments from strategic molecular designs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 59, p. 2887–2896, 2011.

KATSUDA, Y.; Cultivation and Utilization of Pyrethrum. In: KATSUDA, Y. **Progress and Future of Pyrethroids**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012a. p. 3-6.

KATSUDA, Y.; Development of Synthetic Pyrethroids. In: KATSUDA, Y. **Progress and Future of Pyrethroids**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012b. p. 8-14.

KAUL, P.; GEBAUER, S.; MOLL, E.; NEUKAMPF, R. German regulation e drift modelling. **Proceedings of the international conference on pesticide application for drift management**, 2004, Waikoloa, Hawaii, p. 85 - 96, 2004.

KISSMANN, K. G. Rumos e tendências da pesquisa em tecnologia de aplicação de agrotóxicos: A visão da indústria química. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001. Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: Instituto Agrônômico de Campinas, 2001.

LAL, R. Introduction. In. LAL, R. **Insecticide Microbiology**. Spring Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984. p. 1-2.

LAN, Y.; HOFFMANN, W. C.; FRITZ, B. K.; MARTIN, D. E.; LOPEZ, J. D. Spray drift mitigation with spray mix adjuvants. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 24, n. 1, p. 5-10, 2008.

LEBEAU, F.; VERSTRAETE, A.; STAINIER, C.; DESTAIN, M. F. RTDrift: a real time model for estimating spray drift from ground applications. **Computers and electronics in agriculture**, Amsterdam, v. 77, n. 2, p. 161-174, 2011.

MAGDALENA, J. C. et al. Pasado y presente de la aplicación de agroquímicos em agricultura. In: MAGDALENA, J. C. et al. **Tecnología de aplicación de agroquímicos**. Rio Negro: CYTED, 2010. p. 17-26.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrotóxicos: Informações Técnicas**, Brasília: MAPA, 2014 Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/agrotoxicos/informacoes-tecnicas>>. Acesso em 09 jul. 2014.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrotóxicos: Informações Técnicas**, Brasília: MAPA, 2015 Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/agrotoxicos/informacoes-tecnicas>>. Acesso em 18 mai. 2015.

MARCHI, S. R. et al. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes azul brilhante FDC-1 e amarelo tartrasina FDC-5 utilizados como marcadores em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2005.

MARRS, T. C. Toxicology of Insecticides – Introductory Considerations. In: Marrs, T. C. **Mammalian Toxicology of Insecticides**. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2012. p. 1-13.

MASKI, D. Influence of system, operational and target parameters on charged spray deposition. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2004, Ottawa. **Papers...** Ottawa: ASAE; CSAE, 2004. p. 1-13. Paper number 041004.

MATTHEWS, G. A.; BATEMAN, R.; MILLER, P. Pesticide Application Methods. In. MATTHEWS, G. A.; BATEMAN, R.; MILLER, P. **Aerial Application**. John Wiley & Sons, Oxford-UK, 2014. p. 299-335.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990.139 p.

MILLER, P. C. H.; HADFIELD, D. J. A. Simulation model of the spray drift from hydraulic nozzles. **Journal of Agricultural Engineering**, Pavia, v. 42, p. 135–147, 1989.

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

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Agrotóxicos**. Brasília: MMA, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>>. Acesso em 07 jun. 2015.

MOKEBA, M. L.; SALT, D. W.; LEE, B. E.; FORD, M. G. Computer modeling of the meteorological and spraying parameters that influence the aerial dispersion of agrochemical sprays. **International Journal Biometeorology**, v. 41, n. 4, p. 194–199, 1998.

MOREIRA JUNIOR, O. **Construção e validação de um túnel de vento para ensaios de estimativa da deriva em pulverizações agrícolas**. Tese de Doutorado, UNESP – Campus Botucatu. 2009.

MUGELE, R. A.; EVANS, H. D. Droplet size distribution in sprays. **Industrial and engineering chemistry**, v. 43, n. 6, p. 1317-1324. 1951.

NAAA. National Agricultural Aviation Association. **Industry History**. Virginia: NAAA, 2015. Disponível em: <<http://www.agaviation.org/industryhistory>>. Acesso em 19 mai. 2015.

NEGRISOLI, E. et al. Depósitos unitários de calda de pulverização com e sem surfatante em plantas de *Salvinia molesta*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, p. 51-56, 2002. Edição especial.

NUYTENS, D. et al. Experimental study of factors influencing the risk of drift from Field sprayers, Part 1: Meteorological conditions. In: ALEXANDER, A. et al (Orgs). **Aspects of applied Biology**: International advances in pesticides application. 77 ed. Wellesbourn: Association of Applied Biologists, 2006b, v. 2, p. 321-329.

NUYTTENS, D. et al. Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part 1: Meteorological conditions. **Aspects Applied Biology**, Wellesbourne, v. 77, p. 321-329, 2006a.

OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011, 134 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. Potential of adjuvants to reduce drift in agricultural spraying. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 986-992, set./out. 2013.

OZKAN, H. E. Effects of major variables on drift distances of spray droplets. **Food, Agricultural and Biological Engineering**. AEX 525-98, 1998.

OZEKI, Y. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo: Ed. do Autor, 2006.

PALLADINI, L. A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 111 f., 2000. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2000.

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 440-445, out. 2005.

PARKIN, C. S.; MERRITT, C. R. The measurement and prediction of spray drift. **Aspects of Applied Biology**, Oxford, v. 17, p. 351-361, 1988.

PICOT, J. J. C. et al. Measurements of folial and ground deposits in forestry aerial spraying. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph v. 36, n. 4, p. 1013-1024, 1993.

PINTO, J. R. et al. Estabilidade à exposição solar dos traçantes azul brilhante e amarelo tartrasina utilizados em estudos de deposição de pulverização. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.1, p. 105-107, jan./mar., 2007.

RAETANO, C. G.; Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Aldeia Norte, Botucatu-SP, 2011. p. 15-26.

REZENDE, D. T. **Análise comparativa de métodos para quantificação dos depósitos da pulverização em diferentes alvos**. 67 f., 2011. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista , Botucatu, 2011.

REZENDE, D. T.; RAETANO, C. G.; M. DAL POGETTO, H. F. A.; PRADO, E. P.; CHRISTOVAM, R. S.; SERRA, M. E.; COSTA, S. I. A. Agricultural spray deposit quantification methods. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 28, n. 6, p. 825-831, 2012.

ROSE, P. H. Nicotine and the Neonicotinoids. In: Marrs, T. C. **Mammalian Toxicology of Insecticides**. The Royal Society of Chemistry, Cambridge-UK, 2012. p. 184-220.

SALYANI, M.; CROMWELL, R. P. Spray drift from ground and aerial applications. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 35, n. 4, p. 1113-1129, 1992.

SALVADOR, J. F. **Análise da deposição em aplicações aéreas de defensivos em função de diferentes alturas de voo e volumes de calda**. 61 f, 2011,. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2011.

SAMU, F. et al. Spider webs are efficient collectors of agrochemical spray. **Pesticide**, Oxford, v. 36, p. 47-51, 1992.

SERRA, M. E.; CHAIM, A.; RAETANO, C. G. Pontas de pulverização e eletrificação das gotas na deposição da calda em plantas de crisântemo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 4, p.479-485, 2008.

SINDIVEG - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal. **Estatísticas de vendas de defensivos agrícolas**. 2015

SILVA, J. R. V.; MARTINS, D.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em dois estágios de desenvolvimento de plantas de *Typha subulata*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: SBCPD, 2004. 1 CD-ROM.

SMITH D. B.; BODE L. E.; GERARD P. D. Predicting ground boom spray drift. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 43, n. 3, p. 547-553, 2000.

SOUZA, R. T. et al. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 195-202, 2007.

SOUZA, R. T.; MACIEL, C. D. G.; VELINI, E. D. Avaliação dos depósitos unitários de calda de pulverização em plantas daninhas da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p. 473.

SUMNER, P. E.; SUMNER, S. A. Comparison of new drift reduction nozzles. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, p. 17, 1999. (Paper n. 99-1156).

TATE, R. W.; JANSSEN, L. F. Droplet size data for agricultural spray nozzles. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v. 9, p. 303-308, 1966.

TERRA, M. A. et al. Efeito de diferentes concentrações de Aterbane na deposição de calda em plantas de alface d'água (*Pistia stratiotes*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: SBCPD, 2004. 1 CD-ROM.

TESKE, M. E.; BIRD, S. L.; ESTERLY, D. M.; CURBISHLEY, T. B.; RAY, S. L.; PERRY, S. G. AgDRIFT_: a model for estimating near-field spray drift from aerial applications. **Environmental Toxicology**, v. 21, p. 659 – 671, 2002.

TESKE, M. E.; KAUFMAN, A. E.; THISTLE, H. W.; HEWITT, A. J.; VALCORE, D. L. Droplet evaporation corrections for aerial spray drift modeling I: theoretical considerations. **Atomization and Sprays**, v. 13, n. 2, 2003.

TESKE, M. E.; MILLER, P. C. H.; THISTLE, H. W.; BIRCHFIELD, N. B. Initial development and validation of a mechanistic spray drift model for ground boom sprayers. **Transactions of the ASABE**, Saint Joseph, v. 52, n. 4, p. 1089–1097, 2009.

TESKE, M. E.; THISTLE, H. W. Release height and far-field limits of lagrangian aerial spray models. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v. 46, n. 4, p. 977–983, 2003.

THISTLE, H. The role of stability in fine pesticide droplet dispersion in the atmosphere: a review of physical concepts. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v. 46, p. 1409–1413, 2000.

THOMPSON, N.; LEY, A. J. Estimating spray drift using a random-walk model of evaporating drops. **Journal of Agricultural Engineering**, Pavia, v. 28, p. 419-435. 1983.

THOMSON, S. J.; WOMAC, A. R.; MULROONEY, J. E. Reducing pesticide drift by considering propeller rotation effects from aerial application near buffer zones. **Sustainable Agriculture Research**, v. 2, n. 3, p. 41-51. 2013.

TOFOLI, G. R. **Efeito do tamanho do alvo e condições operacionais sobre a uniformidade de deposição de pulverizações em pré-emergência**. 2001. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

TOMAZELA, M. S. et al. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da densidade populacional de *Brachiaria plantaginea*, do volume e do ângulo de aplicação. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 183-189, 2006.

TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Molecular recognition of neonicotinoid insecticides: the determinants of life or death, **Accounts of Chemical Research**, Washington, v. 42, n. 2, p. 260–269, 2009.

UJVÁRY, I. Nicotine and other insecticidal alkaloids. In: YAMAMOTO, I.; CASIDA, J. E. **Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor**. Springer-Verlag, Tokyo, 1999, p. 29–69.

VELINI, E. D.; ANTUNIASSI, U. R.; CARBONARI, C. A.; CORRÊA, M. R.; NEGRISOLI, E.; CARVALHO, W. P. A.; OLIVEIRA, R. B.; OLIVEIRA, M. A. P. Avaliação da Deriva de Aplicações Aéreas em Cana-de-açúcar. In: V SINTAG - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 2011, Cuiabá-MT. **Resumos...** Cuiabá-MT, 2011. v. 1.

WOLF, R. E.; GARDISSER, D. R.; MINIHAN, C. Comparing drift reducing tank mixes for aerial applications. **Agricultural Aviation**, v. 30, n. 2, p. 14-21, 2003.

WOLF, R. E.; FROHBERG, D. D. **Comparison of drift for four drift reducing flat-fan nozzle types measured in a wind tunnel and evaluated using droplet scan software.** Saint Joseph: ASAE, 2002. 7 p.

WOLTERS, A.; LINNEMANN, V.; VAN DE ZANDE, J. C.; VEREECKEN, HARRY. Field experiment on spray drift: Deposition and airborne drift during application to a winter wheat crop. **Science of the total environment**, Paris, v. 405, n. 269, p. 269-277. 2008.

WOMAC, A. R. et al. **Sampling airborne pesticide residues by phase partition.** Saint Joseph: ASAE, 1994. Paper n. 94-1504.

WOODS, N.; CRAIG, I. P.; DORR, G.; YOUNG, B. Spray Drift of Pesticides Arising from Aerial Application in Cotton. **Journal Environmental Quality**. v. 30, p. 697–701. 2001.

WOODS, N. The Aerial Application of Pesticides. In: WILSON, M. F. **Optimising Pesticide Use.** John Wiley & Sons, Oxford-UK, 2003, p. 97-114.

YAMAMOTO, I. Nicotine to nicotinoids. In: YAMAMOTO, I.; CASIDA, J. E. **Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor.** Springer-Verlag, Tokyo, 1999, p. 3–27.

ZHU, H. et al. Collection efficiency of spray droplets on vertical targets. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 39, n. 2, p. 415-422 1996.

ZHU, H. D. L.; REICHARD, R. D.; FOX, H. E.; OZKAN, E.; BRAZEE, R. D. DRIFTSIM, a program to estimate drift distances of spray droplets. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 11, n. 3, p. 365 – 369, 1995.

8. APÊNDICE

Tabela I. Condições climáticas no momento da aplicação para o Tratamento GM Repetição 1.

	Velocidade (km h⁻¹)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Média	15,03	38,67	27,11
Máximo	22,70	39,30	27,70
Mínimo	10,83	37,80	26,10

Tabela II. Condições climáticas no momento da aplicação para o Tratamento GM Repetição 2.

	Velocidade (km h⁻¹)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Média	10,17	64,73	22,83
Máximo	14,73	65,90	25,50
Mínimo	6,70	63,20	22,30

Tabela III. Condições climáticas no momento da aplicação para o Tratamento GM Repetição 3.

	Velocidade (km h⁻¹)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Média	6,63	81,40	18,73
Máximo	7,43	86,30	20,90
Mínimo	5,43	72,00	18,10

Tabela VI. Condições climáticas no momento da aplicação para o Tratamento GM Repetição 4.

	Velocidade (km h⁻¹)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Média	12,25	58,02	25,10
Máximo	17,40	61,70	26,50
Mínimo	8,27	51,50	24,50

Tabela V. Condições climáticas no momento da aplicação para o Tratamento GF Repetição 1.

	Velocidade (km h⁻¹)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Média	16,47	44,66	24,54
Máximo	24,00	45,60	24,90
Mínimo	11,63	43,00	24,30

Tabela VI. Condições climáticas no momento da aplicação para o Tratamento GF Repetição 2.

	Velocidade (km h⁻¹)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Média	12,95	65,73	19,86
Máximo	18,63	68,30	20,70
Mínimo	10,03	63,10	18,00

Tabela VII. Condições climáticas no momento da aplicação para o Tratamento GF Repetição 3.

	Velocidade (km h⁻¹)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Média	10,55	58,89	26,33
Máximo	15,47	62,20	28,00
Mínimo	6,70	53,90	25,50

Tabela VIII. Condições climáticas no momento da aplicação para o Tratamento GF Repetição 4.

	Velocidade (km h⁻¹)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Média	7,01	66,59	22,23
Máximo	8,67	69,10	23,40
Mínimo	5,97	60,50	21,50