



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ

CAMPUS LUIZ MENEGHEL

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

LAÍS MARIA BONADIO PRECIPITO

TEST BENCH PARA COLETA DE DERIVA EM CONDIÇÕES DE CLIMA SUBTROPICAL

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2019**

LAÍS MARIA BONADIO PRECIPITO

TEST BENCH PARA COLETA DE DERIVA EM CONDIÇÕES DE CLIMA SUBTROPICAL

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

Orientador: Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira

BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2019

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

PP923t Precipito, Laís Maria Bonadio
TEST BENCH PARA COLETA DE DERIVA EM CONDIÇÕES DE
CLIMA SUBTROPICAL / Laís Maria Bonadio Precipito;
orientador Rone Batista de Oliveira - Bandeirantes,
2019.
42 p.
Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do
Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, 2019.
1. Altura de barra. 2. Condições
agrometeorológicas. 3. Pontas de pulverização. 4.
Tecnologia de aplicação. I. Oliveira, Rone Batista de
, orient. II. Título.

LAÍS MARIA BONADIO PRECIPITO

TEST BENCH PARA COLETA DE DERIVA EM CONDIÇÕES DE CLIMA SUBTROPICAL

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

Aprovada em:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira	UENP
Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo	UENP
Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima	UFES
Prof. Dr. Jethro Barros Osipe	UENP
Prof. Dr. Otavio Jorge Grigoli Abi-Saab	UEL

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira
Orientador
Universidade Estadual do Norte do
Paraná, *Campus* Luiz Meneghel

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, José Antonio e Maria Alice, sem vocês nada seria possível. Obrigada!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela vida, por me abençoar e capacitar para viver cada etapa dela. Agradeço à Virgem Maria, por passar na frente nos meus caminhos e ao meu Santo Anjo, pela proteção e amparo de todos os momentos. Graças e louvores sejam dadas a todo momento, ao Santíssimo e Diviníssimo Sacramento.

Agradeço aos meus pais, José Antonio e Maria Alice, por todo apoio, amor carinho e pelo grande exemplo de vida, humildade, trabalho, resiliência e amor ao próximo que vocês me deram. Obrigada por sempre “segurarem as pontas” e nunca medirem esforços para os sonhos dos filhos. Essa conquista também é de vocês!

Agradeço ao meu namorado Lucas por ser paciente, amoroso e um grande companheiro que nunca mediu distância para ficar comigo e sempre me apoiou profissionalmente.

Aos meus irmãos Lis Maria e José Rodolfo (Quinho) pela parceria, apoio e cumplicidade. Tenho muito orgulho de vocês! Agradeço também ao meu cunhado Rodrigo, que junto com a Lis nos deu a maior preciosidade: Maria Luísa. A madrinha aqui fica toda boba com um sorrisinho dela. Amo vocês!

Agradeço à minha mãe de Bandeirantes: Dona Sueli, que me alegrava todas as manhãs com seu cafézinho doce e forte – assim como a vida deve ser. Suuu, obrigada por tudo, você é muito especial! Agradeço à Tamires, pelo tempo que moramos juntas aqui com a Sueli, obrigada por todo apoio, você é muito especial.

Aos meus amigos de mestrado: Izabela Milo e Luiz Augusto (Guto). Iza, uma pena só termos nos encontrado no mestrado kkkk, nos últimos meses você virou minha parceira de casa, e com seu jeitinho todo relax me trouxe paz. Guto, você foi meu grande parceiro nessa jornada de mestrado, valeu parceirinho!!! Quero levar esses dois para a vida toda!!!

Agradeço aos amigos do laboratório NITEC!!! Foi uma grande honra trabalhar nesse lugar tão querido e com pessoas tão especiais, que fazem qualquer trabalho no sol de raxar mamona virar um trabalho gostoso! Vocês são demais e se tornaram uma família. Agradeço a cada um. Vou sentir saudade de tudo, só do Potência que vai demorar um pouco mais.

Agradeço ao Professor e orientador Rone pelos 6 anos e meio de caminhada. Obrigada pela amizade, respeito, confiança, ajuda e parceria. É tão bom saber que podemos contar com pessoas especiais. Sempre imaginei que quando a gasolina do meu

carro acabasse eu teria que ligar para o senhor me socorrer, mas o contrário também foi verdade kkkk. Missão dada é missão cumprida! Obrigada por tudo!!! Tenho grande admiração pelo senhor. Agradeço também à sua esposa Alessandra pela amizade, doçura e por me incluírem um momento tão especial: o nascimento do Benício. Foi acontecimento muito especial para mim. Não deixo de incluir a Anna nos agradecimentos, que me apresentou ao *baby shark*. Vocês são muito especiais e tenho um grande carinho por vocês! Que Deus continue a abençoar vocês sempre!

Ao Professor Julião, que conquistou todos com seu jeitinho e vocabulário mineiro, por toda ajuda, parceria e amizade, tenho grande carinho e respeito por você. Foi um prazer conhecê-lo, ter trabalhado e aprendido com o senhor.

Ao Professor Gandolfo, pela amizade, parceria, e ajuda, afinal, você participou de todas as minhas bancas durante a minha jornada na UENP. Obrigada!

Ao grande Sakamoto, nosso engenheiro mecânico, que virou do time NITEC, e me socorreu muito! Obrigada.

Às secretárias Soninha, Ivi por toda paciência e assistência. Ao estagiário Christopher e à funcionária Neide.

À todos os Professores que fizeram parte da minha caminhada.

À Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Vou sentir saudades!!!

Obrigada, obrigada e obrigada!

PRECIPITO, Laís Maria Bonadio. **Test bench para coleta de deriva em condições de clima subtropical**. 2019. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2019.

RESUMO

Um método alternativo ao método da ISO 22866, para medir deriva em campo foi desenvolvido pela Universidade de Turin (Department of Agricultural, Forestry and Environmental Economics and Engineering (DEIAFA)) denominado de *test bench* ou ensaio da bancada. Essa metodologia, se apresenta mais rápida e simples de reproduzir os ensaios para avaliação da deriva em campo e pode ser feita em condições instáveis de vento, quando comparada a ISO 22866. Objetivou-se com esta pesquisa quantificar a deriva coletada por meio da metodologia de *test bench* em condição de clima subtropical, com três pontas de pulverização em duas pressões de trabalho e duas alturas da barra de pulverização. O trabalho foi feito em delineamento inteiramente casualizado com 12 tratamentos, resultados da combinação de 3 pontas de pulverização, 2 pressões e 2 alturas de barra com quatro repetições, totalizando 48 ensaios. As pontas utilizadas foram a XR 11002 (100 e 400 kPa), AIXR 11002 (100 e 600 kPa) e ATR 2.0 cônico vazio (400 e 2000 kPa), com duas alturas de barra: 0,50 m e 1,00 m acima da bancada de ensaios. Durante os ensaios, as condições agrometeorológicas tais como velocidade e direção do vento, temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas continuamente a cada segundo a uma altura de 2,0 m do solo. O *test bench* mostra-se como uma metodologia que possibilita avaliar a deriva em nível de campo nas condições de país subtropical, evidenciando que as alterações nas condições agrometeorológicas, pontas e pressão são decisivas na deriva de pulverizadores de barra. A umidade relativa do ar e a pressão de trabalho foram os fatores mais determinantes na deriva proporcionada pelas pontas de pulverização ATR 2.0, XR11002 e AIXR11002. A mudança da altura da barra de 0,5 para 1,0 m não influencia na quantidade de deriva coletada.

Palavras-chave: Altura de barra. Condições agrometeorológicas. Pontas de pulverização. Tecnologia de aplicação.

PRECIPITO, Laís Maria Bonadio. **Test bench in subtropical climate conditions.** 2019. (Dissertation) Master's degree in Agronomy – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2019.

ABSTRACT

An alternative method to the method of ISO 22866 to measure drift in the field was developed by the University of Turin (DEIAFA) called the bench test. This methodology is quicker and simpler to reproduce the tests to evaluate the drift in the field and can be done in unstable conditions of wind, when compared to ISO 22866. The aim of this research was to quantify the drift potential with test bench methodology in subtropical climate conditions, with three spray nozzles at two working pressures and two spray boom heights. The work was done in a completely randomized design with 12 treatments, results of the combination of 3 spray nozzles, 2 pressures and 2 bar heights with four replications, totaling 48 tests. The nozzles used were XR 11002 (100 and 400 kPa), AIXR 11002 (100 and 600 kPa) and ATR 2.0 hollow cone (400 and 2000 kPa), with two bar heights: 0,50 m and 1,00 m above the test bench. During the tests, agrometeorological conditions such as wind speed and direction, temperature and relative humidity were continuously recorded every three seconds at a height of 2.0 m from the ground. The bench test is a methodology that makes it possible to evaluate the field-level drift in the subtropical country conditions, showing that the changes in the agrometeorological conditions, nozzles and pressure are decisive in the drift potential of rod sprayers. Relative air humidity and working pressure were the most determinant factors in the drift potential of ATR 2.0, XR11002 and AIXR11002 spray nozzles and the height of the bar did not influence the drift potential.

Keywords: application technology. Nozzles. Boom height. Agrometeorological conditions.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	REVISÃO DE LITERATURA	6
	2.1 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	6
	2.2 Deriva na pulverização agrícola	6
	2.3 Pontas de pulverização e deriva	7
	2.4 Condições agrometeorológicas e deriva.....	9
	2.4.1 Vento	11
	2.4.2 Temperatura e umidade relativa do ar	11
	2.5 Métodos para quantificar deriva.....	13
	2.5.1 Método do <i>test bench</i>	14
	2.6 Análise estatística multivariada.....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
	3.1 Ensaio do <i>test bench</i>	16
	3.2 Análise estatística.....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5	CONCLUSÕES.....	35
6	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A necessidade da agricultura se adaptar a sustentabilidade levou ao aprimoramento das técnicas de cultivo, e a tecnologia de aplicação surge como uma ciência eficiente e sustentável. A deriva é a principal causa de perdas de produto durante a pulverização, podendo atingir áreas em que não se deseja aplicar o produto e com isto causar injúrias às culturas afetadas, perda na produção e, conseqüentemente, prejuízos econômicos, ambientais e sociais.

A adoção de boas práticas na aplicação de produtos fitossanitários como a escolha correta das pontas de pulverização visando formar um espectro de gotas mais uniforme e o momento mais propício para a aplicação, são aspectos chave para diminuir o risco de deriva, e proporcionar uma aplicação eficiente, sustentável e economicamente viável.

Metodologias foram desenvolvidas para quantificar deriva em ensaios de laboratório e em campo. Em condições de laboratório, é permitido selecionar e isolar fatores com os quais se deseja trabalhar, e são passíveis de repetitividade, seguindo normas e metodologias validadas em todo mundo. Porém, a quantificação de deriva em campo é altamente dependente de fatores externos, o que dificulta a padronização de metodologias passíveis de serem reproduzidas em todo o mundo, pois pode gerar grande variabilidade nos resultados. Até então, as metodologias de ensaios padronizadas tem certas limitações, pois a ISO 22866: 2005 é projetada para medir deriva fora do campo de aplicação e para velocidade e direção do vento definidas (BALSARI et al., 2016).

Para superar estas limitações, pesquisadores da Universidade de Turim (Department of Agricultural, Forestry and Environmental Economics and Engineering (DEIAFA), desenvolveram uma metodologia chamada de “*test bench*” ou ensaio de bancada (BALSARI et al., 2007), que foi adotada oficialmente pela ISO/ FDIS 22369-3 (2011) como referência para medições de deriva em campo.

O *test bench* mostra-se aplicável para quantificação da deriva nas condições climáticas (temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento) do continente europeu e pode ser uma alternativa simples e rápida para determinar e classificar o potencial de deriva dos pulverizadores de barra e merece mais investigação (NUYTTENS et al., 2016), principalmente em campo sob condições de clima subtropical.

Objetivou-se com esta pesquisa quantificar a deriva por meio da metodologia de *test bench* (ensaio de bancada) em condição de clima subtropical, com três pontas de pulverização em duas pressões de trabalho e duas alturas da barra de pulverização em campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

Em termos de Brasil, a definição mais citada pela ciência da tecnologia de aplicação foi feita por Matuo (1990), que define a tecnologia de aplicação como o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas. É também a mais estudada no meio agrônomo pela inter-relação de pragas, plantas e doenças, e ambientalmente em estudos de deriva (BALAN et al., 2005; ALMEIDA, 2014).

Os primeiros relatos de uso de produtos com ação fitossanitária são os de compostos a base de enxofre para proteção dos cultivos agrícolas encontrados no Antigo Testamento, para o controle de ácaros e insetos de forma rudimentar e sem auxílio de qualquer tecnologia, feitos por tração animal ou pelo homem. Com o aumento populacional, houve a necessidade de aumentar a produção agrícola, e com isso, surge o interesse pelo desenvolvimento de tecnologias que auxiliem na aplicação dos produtos fitossanitários alavancada pela Revolução Industrial, que promoveu o crescimento da população nas áreas urbanas e diminuiu a disponibilidade de mão de obra nas áreas rurais (CHAIM, 1999; MAGDALENA et al., 2010).

O modelo agrícola atual é altamente sustentado pela aplicação de produtos fitossanitários e visa à produção com maior eficiência, redução no impacto ambiental e com menores custos para o produtor, usando técnicas avançadas como tipos de pontas, adjuvantes de calda, pressão, altura de barra aliadas à pesquisa aplicada.

2.2 Deriva na pulverização agrícola

Dentro de tecnologia de aplicação, a deriva é conceituada como tudo aquilo que não atinge o alvo (CHRISTOFOLETTI, 1999) e entendida como a parte de uma aplicação agrícola que é carregada para fora da área alvo, pela ação do vento. O produto fitossanitário também pode ser transportado, na forma de deriva, em gotas ou na forma de vapor (MATTHEWS et al., 1993; MILLER et al., 2000). De acordo com a ISO 22866 (2005), deriva

de pulverização é a quantidade do produto fitossanitário que é levada para fora da área em que se quer pulverizar pela ação de correntes de ar durante o processo de aplicação. É o movimento de um produto no ar, durante ou depois da aplicação, para um local diferente do planejado (OZKAN, 1997).

O termo deriva foi dividido em dois tipos principais sendo, exoderiva e endoderiva. Quando a perda se dá para locais fora da área alvo em que a aplicação foi realizada, esta é conhecida como exoderiva, como exemplo, as gotas carregadas pelas correntes de ar ou pelo vento. Quando essa perda se dá na própria área alvo em que ocorreu a aplicação, na forma de escorrimento, por exemplo, essa é caracterizada como endoderiva (SOUZA, et al., 2011).

A deriva é a principal causa de perdas de produto fitossanitário durante a pulverização e se faz um problema na agricultura atual, pois pode atingir áreas que fazem parte do alvo e, conseqüentemente, causar injúrias às culturas afetadas, ocasionando a perda da produção e danos econômicos aos produtores. O uso inadequado dos produtos fitossanitários tem causado preocupação devido à contaminação ambiental, sendo a deriva a principal perda que acarreta esta contaminação (COSTA et al., 2007).

A deriva de produtos fitossanitários pode estar relacionada a fatores como o tipo de pontas, regulagens operacionais, características físicas e químicas da calda e condições climáticas (BALSARI et al., 2016; LESNIK et al., 2015).

Um dos fatores que está muito relacionado com as perdas da aplicação é o tamanho de gotas utilizadas, já que está relacionada à ponta e a pressão utilizada. Gotas menores que 100 μm são facilmente arrastadas pelo vento para fora da área de aplicação e perdas por exoderiva (SUMNER, 1997; WOLF, 2000).

2.3 Pontas de pulverização e deriva

A seleção da ponta de pulverização deve ser uma decisão em conjunto, levando em conta o tipo de produto que está sendo aplicado, o alvo, os parâmetros operacionais (tais como: velocidade da máquina, altura da barra, pressão de trabalho), as condições agrometeorológicas no momento da aplicação e o risco de perdas por deriva e evaporação.

O princípio da pulverização é a quebra do líquido (a calda a ser aplicada) em gotas, que vai gerar uma população de gotas de diferentes tamanhos, denominado de espectro de gotas. O espectro de gotas é quantificado através de um conjunto de parâmetros como a

amplitude relativa, o diâmetro mediano volumétrico (DMV) e o diâmetro mediano numérico (DMN), e o percentual de gotas $< 100 \mu\text{m}$ (MOTA, 2011).

As pontas de pulverização estão relacionadas com a vazão, o tamanho de gotas e o formato do jato de pulverização. O espectro de gotas é dependente da pressão de trabalho e do tipo de ponta. O conjunto de peças colocado no final do circuito hidráulico, por meio do qual a calda é fragmentada em gotas é denominado bico (CHRISTOFOLETTI, 1999), e é composto pela capa, filtro, corpo e a ponta, que é a peça mais importante.

A amplitude relativa indica a homogeneidade do espectro pulverizado e quanto maior esse valor, menos homogêneo será o espectro de gotas (CUNHA et al., 2004). O DMV é o diâmetro das gotas que divide o líquido pulverizado em duas partes iguais, uma parte constituída de gotas menores e outra de gotas maiores. Já o DMN é o diâmetro que separa o número das gotas em duas partes, sendo que metade fica acima e outra metade abaixo, quanto mais próximo os valores de DMN com DMV, mais homogêneo é o espectro de gotas da ponta de pulverização (ANTUNIASSI; BAIIO, 2008).

De acordo com a ASABE S572.1 (2009), existem oito classes de gotas: extremamente finas, muito finas, finas, médias, grossas, muito grossas, extremamente grossas e ultra grossas. Essa classificação é dada com base no DMV gerado, e o espectro de gotas é dependente da pressão de trabalho utilizada na aplicação, sendo a relação pressão de trabalho x espectro de gotas, inversamente proporcional.

As gotas menores conferem melhor cobertura do alvo, e podem ser mais sensíveis à evaporação e deriva e o uso de gotas ultra grossas minimiza perdas por deriva e evaporação, no entanto, proporcionam menor cobertura, por isso atentar-se à relação com o alvo e o produto a ser aplicado (sistêmico ou contato).

Os principais tipos de pontas disponíveis são definidos como: ponta jato plano comum (séries TP, SF, API), são pontas com perfil de tendência mais uniforme de tamanho de gotas em função da pressão; ponta jato plano de uso ampliado (XR, UF, AXI), apresentam maior variabilidade de tamanho de gota em função da variação da pressão; ponta jato plano de baixa deriva (séries DG, LD, ADI), são pontas com perfil de gotas grandes, visando diminuir o risco de deriva; ponta jato plano duplo (série TJ): são pontas de jato plano duplo formadas por duas pontas de jato simples; ponta jato plano descentrado (série OC), usada para tratar faixas laterais sem empregar uma barra; ponta jato cônico vazio apresenta gotas pequenas, e com alto risco de deriva e evaporação; ponta jato com indução de ar (séries AI, BJ): apresenta perfil de gotas grossas e muito grossas, com inclusões de ar (bolhas de ar dentro das gotas), caracterizam-se por baixa deriva (ANTUNIASSI, 2010)

Quanto maior a amplitude relativa, menor a uniformidade do espectro de gotas e, conseqüentemente, menor também é a qualidade da pulverização. Assim, a ponta de jato plano com indução de ar produz espectro de gotas mais uniforme em comparação à ponta de jato plano inclinado (MADUREIRA et al., 2015).

Quanto menor o percentual de gotas menores que 100 μm e maior o DMV, menor será o risco de ocorrer deriva durante a aplicação do agrotóxico na lavoura, pois, diminui-se o percentual de gotas de diâmetro reduzido, que são as mais susceptíveis a serem perdidas por deriva (ARVIDSSON et al., 2011). O DMV, a porcentagem de gotículas menores que 100 μm e a viscosidade tem grande influência no potencial de risco de deriva (OLIVEIRA et al., 2015).

Comparação entre as pontas com indução de ar (AI11002), jato plano de baixa deriva (DG 11002), jato plano de uso ampliado (XR11002) e TXVS-10 em túnel de vento na mistura de herbicidas, concluiu que a ponta AI11002, resultou em pulverizações com gotas de diâmetro maior com a maior redução de deriva entre as tecnologias estudadas. Nesse estudo, o autor ainda variou as pressões de trabalho, e a redução da pressão de 300 kPa para 150 kPa com a ponta XR11002 diminuiu as porcentagens do volume pulverizado com gotas menores que 100 μm (COSTA, 2006),

Na avaliação de deriva de pulverização em lavouras de soja observou-se menor porcentagem de deriva quando utilizada a ponta AIXR 11002 (300 kPa); já a ponta XR 11002 (300 kPa), apresentou a maior porcentagem de deriva à uma distância de 2,5 m da área aplicada (BUENO et al., 2016).

A redução na pressão de pulverização reduz a deriva dependendo do tipo de ponta de pulverização, e a escolha da ponta mais adequada pode reduzir a deriva de maneira mais eficaz do que a simples redução de pressão (COSTA et al., 2007).

2.4 Condições agrometeorológicas e deriva

Alguns parâmetros meteorológicos podem ter influência na deriva, tais como: velocidade e direção do vento, turbulência, estabilidade atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar (NUYTTENS, 2007).

As condições agrometeorológicas adequadas para a aplicação pode variar consideravelmente com as características climáticas de lugar para lugar e durante o ano na mesma área de cultivo (SILVA; OLIVEIRA; GANDOLFO, 2018). As condições consideradas

favoráveis no momento da aplicação têm a temperatura entre 15 e 30° C e umidade relativa acima de 55% (RAETANO et al., 2011).

Estudo avaliando a deriva de dez herbicidas após a aplicação em campo confirma que são as propriedades físicas da calda e as condições agrometeorológicas os fatores determinantes na deriva (CARLSEN et al., 2006).

O início da manhã, o final da tarde e à noite, são momentos relatados na literatura como períodos de maior umidade relativa e temperaturas mais amenas, permitindo o uso de gotas mais finas no momento da aplicação; porém se houver o aumento da temperatura com redução da umidade relativa, o padrão de gotas deve ser mudado (ANTUNIASSI et al., 2018).

Em momentos que o vento é nulo, duas situações podem ocorrer e dificultar a deposição de gotas mais finas: inversão térmica e a ação convectiva. A inversão térmica como típicas de uma manhã muito fria, onde o ar fica parado e a dinâmica da atmosfera pode impedir a deposição das gotas mais finas, de maneira similar, a ação convectiva ocorre nas tardes de temperaturas elevadas, formando corrente de ar quente ascendente, e pode ocorrer nos dois casos deriva a longas distâncias. (ANTUNIASSI et al., 2018).

O monitoramento da temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento é de extrema importância para minimizar as perdas por deriva e evaporação no momento da aplicação. Deve-se levar em consideração também a ocorrência da ação convectiva, que é mais propensa de ocorrer em dias onde o sol aquece o solo, e o solo aquecendo o ar, impede que a pulverização que sai das pontas desça até o alvo, formando uma nuvem suspensa que é facilmente evaporada em condições de vento nulo ou muito baixo ou podem sofrer deriva para outras áreas com a presença de vento.

Resultados de 15 ensaios de campo sob diferentes condições agrometeorológicas com diferentes alturas de barra e velocidade de aplicação, indicam que durante as condições normais de pulverização, os fatores mais decisivos na coleta da deriva total são a altura da barra e a velocidade do vento, seguidas pela temperatura do ar, velocidade de aplicação e o déficit de pressão de vapor (ARVIDSSON et al., 2011).

2.4.1 Vento

As correntes de vento podem arrastar as gotas de pulverização para fora do alvo, causando deriva. Existe uma relação linear entre deriva e velocidade do vento, tanto em estudos em condições experimentais de campo ou em túnel de vento (MILLER, 2004).

O vento é um dos principais fenômenos meteorológicos que interferem na qualidade da aplicação, pois desvia a gota do alvo (CHISTOFOLETTI, 1999). Por outro lado, a ausência total de vento dificulta a deposição de gotas finas, pelo fato de proporcionar inversão térmica, possibilitando o ar frio, por ser mais pesado, descer, e o ar quente então subir, aumentando assim a chance de ocorrer deriva (ANTUNIASSI, 2005).

Além da velocidade do vento, a importância de saber também qual a sua direção tem sido retratada na literatura como um fator determinante na quantidade de deriva potencial coletada em experimentos de campo. É importante considerar a direção do vento no momento da aplicação para evitar danos por deriva, e se possível a aplicação deve ser feita quando a direção do vento está contra áreas com culturas sensíveis e evitando alta velocidade do vento (NUYTTENS, 2007).

De acordo com a ANDEF (Associação Nacional de Defesa Vegetal), a velocidade do vento considerada como propícia para aplicação está entre 3 e 20 km.h⁻¹. Na literatura estrangeira, a velocidade reportada como limite para atuar como uma estratégia anti deriva está entre 3 e 15 km.h⁻¹ (PISC, 2002).

Gil et al. (2015), mostram resultados que o vento frontal à seção de ensaios (sentido SE) tem muito mais efeito na quantidade de deriva potencial coletada que o vento lateral (sentido S-SW) para esse experimento.

Considerando estudos de deriva em campo, deve atentar-se a variação das condições do vento em todas as repetições dos ensaios, podendo ser feito tanto pelo monitoramento das condições atmosféricas durante o experimento, quanto pelo uso de um traçador (NUYTTENS, 2007).

2.4.2 Temperatura e umidade relativa do ar

O território brasileiro possui diferentes climas ao longo de sua extensão geográfica, e o momento ideal para pulverizar varia de acordo com as regiões produtoras, que

possuem suas peculiaridades locais com alta variabilidade de temperatura e umidade relativa do ar, que podem comprometer a eficiência e o risco de perdas nas pulverizações por evaporação das gotas.

Por tanto generalizar que as aplicações devam ser feitas sempre no início da manhã ou final da tarde, não se apresenta como uma regra, porque principalmente no final da tarde, pode ocorrer a inversão térmica ou ação convectiva.

A aplicação pode ser comprometida quando há mudanças bruscas nas condições agrometeorológicas, mas é difícil realizá-la somente quando todas as variáveis estiverem em valores aceitáveis, devido ao curto período de tempo em que essas condições são adequadas à realização da aplicação dos produtos fitossanitários (RUEDELL, 2002; PEREIRA et al., 2002).

A umidade relativa é a relação entre a quantidade de vapor d'água existente em uma amostra de ar úmido e a quantidade máxima que este ar poderia reter a determinada temperatura. A evaporação vai ocorrer quando as moléculas de um líquido vencem a força de atração entre si e escapam de uma lamina d'água, passando para a forma de vapor e nesse instante, o ar está saturado de vapor d'água (ALVARENGA et al., 2014).

Quanto menor a umidade relativa, maior a quantidade de deriva devido ao efeito de evaporação que reduz os tamanhos das gotículas, e para umidade relativa constante, as temperaturas mais baixas resultaram em valores de deriva mais elevados, uma conclusão surpreendente, que pode ser explicada pelo fato de que existe uma forte correlação entre temperatura e umidade relativa para diferentes condições (NUYTTENS et al., 2006).

A temperatura e a umidade relativa do ar exercem grande influência sobre a duração das gotas, estando diretamente relacionada à sua evaporação (COSTA, 2009). Em temperaturas mais quentes, as formulações e misturas a base de água podem ser expostas a maior evaporação, contribuindo na formação de gotas menores que são mais propensas à deriva (PISC, 2002).

Quando se utilizam baixas taxas de aplicação deve-se dar grande importância à evaporação das gotas. Nestas ocasiões, a adição de óleo ou de outros aditivos anti evaporantes à calda pode ser uma alternativa importante para prolongar a duração das gotas e reduzir os riscos de deriva por evaporação (BOLLER et al., 2007).

A temperatura tem influência no movimento do ar e na sua umidade relativa, normalmente quando há o aumento da temperatura, a umidade relativa tende a diminuir (NUYTTENS, 2007).

2.5 Métodos para quantificar deriva

Existem diferentes metodologias para quantificar deriva. Em condições de laboratório, é permitido selecionar e isolar fatores com os quais se deseja trabalhar, e são passíveis de repetitividade, seguindo normas e metodologias validadas em todo mundo. A quantificação de deriva em campo é altamente dependente de fatores externos, o que dificulta a padronização de metodologias passíveis de serem reproduzidas em todo o mundo, pois pode gerar grande variabilidade nos resultados.

A quantificação da deriva indireta é obtida por comparação e repetição das condições, podendo assim selecionar os fatores com que se deseja trabalhar em laboratório, como por exemplo, experimento de túnel de vento, em que usa-se de protocolos para medir a deriva relativa. Experimento em túnel de vento é um eficiente método de suporte e complementação de dados derivados de experimentos de campo (OLIVEIRA, 2011), podendo ser usado para medir e classificar o desempenho de diferentes sistemas de pulverização sem influência de fatores externos, como o caminhamento do trator (MILLER, 1993).

A maior vantagem de experimentos em túnel de vento é a determinação do potencial risco de deriva que pode ser realizado para diferentes sistemas de aplicações e diretamente comparados e repetidos nas mesmas condições o que é impossível em campo (MILLER, 1993).

A deriva potencial é o percentual do volume de pulverização inicial que permanece suspensa no ar após a passagem do pulverizador, e que representa a fração do líquido mais suscetível à deriva, pela ação das correntes de ar durante a pulverização (BALSARI et al., 2016). O autor a diferencia da deriva absoluta porque consiste apenas em uma fração das gotas que permanecem suspensas no ar após a passagem do pulverizador, e essas gotas se depositam depois que a barra se moveu.

Outra medida para quantificar o potencial risco de deriva em laboratório é com a análise do espectro de gotas, sendo que o percentual de gotas $< 100 \mu\text{m}$ são as mais sensíveis e propensas à deriva. Uma das maneiras de se fazer a análise do espectro de gotas é com um analisador de gotas em tempo real, que é baseado na medição da luz difratada com um feixe de raio laser, durante a passagem das gotas pulverizadas pela região de amostragem do aparelho (SCHICK, 1997).

A deriva direta é medida por experimentos, porém é muito dependente de fatores externos, o que gera grande variabilidade nos resultados para padronização de

pulverização, a quantificação da deriva é possível quanto se tem repetições suficientes em condições de campo semelhantes e que seja possível uma comparação dos tratamentos (GIL et al., 2015).

2.5.1 Método do *test bench*

Um método alternativo para medir deriva em campo foi desenvolvido pela Universidade de Turin (Department of Agricultural, Forestry and Environmental Economics and Engineering (DEIAFA)), chamado de “*test bench*” ou traduzido no presente trabalho como ensaio de bancada. Foi criado com o intuito de encontrar uma alternativa para classificar e simplificar a avaliação do risco de deriva sem condições estáveis de vento (BALSARI et al., 2007).

O *test bench* foi oficialmente adotado pela ISO como complemento para medições de deriva (ISO TC23 / SC6 / WG 16) de pulverizadores de barra horizontal (ISO 22401, 2015). Gil et al., (2014), concluíram que o teste de bancada pode fornecer informações objetivas sobre o risco de deriva durante a pulverização de uma forma mais rápida, mais barata e mais fácil quando comparada com o procedimento padrão da ISO (ISO 22866) para medição de deriva em campo.

É baseado no princípio de que a deriva de pulverização potencial está diretamente relacionada com a nuvem de pulverização que permanece suspensa no ar após o pulverizador ter passado (GIL et al., 2014), que difere da deriva absoluta porque consiste somente numa fração das gotas que permaneceram suspensas no ar e essas gotículas depositam-se sobre um ponto definido, a lâmina de vidro (BALSARI et al., 2016).

A finalidade do banco de ensaios é coletar e quantificar, na ausência de vento, a fração de deriva potencial, definida como a fração de pulverização que permanece suspensa sobre o banco imediatamente após o pulverizador passar e que pode ser carregada para fora da zona alvo por correntes atmosféricas (BALSARI et al., 2007).

O *test bench* desenvolvido na DEIAFA para medir o potencial de deriva gerado pelos pulverizadores terrestres foi concebido como uma alternativa eficiente para avaliação de deriva quando não há um túnel de vento disponível (BALSARI et al., 2007). Ensaios indoor feitos utilizando a bancada, apresentaram uma boa correlação na redução do potencial de deriva entre o *test bench* e o túnel de vento (NUYTTENS et al., 2014).

O ensaio de bancada consiste em uma estrutura de aço de 12 m de comprimento por 0,5 m de largura, com fendas para apoio dos coletores (placas de vidro) espaçados 0,5 m entre um coletor e outro, e cada fenda é equipada com uma tampa deslizante, que descobrirá as placas para a coleta da deriva (BALSARI et al., 2007).

Balsari et al. (2007), concluíram que o *test bench* é uma maneira mais rápida e simples para medir a deriva em campo que a metodologia ISO 22866, sendo quinze minutos suficiente para fazer uma repetição já que ISO 22866, requer em torno de uma hora e condições de vento estáveis.

Estudo de determinação do potencial de deriva em diferentes pontas de jato plano usando o *test bench*, relata que o uso dessa metodologia permite demonstrar a influência das pontas na redução da deriva, e sugere que mais estudos sejam feitos para validar se a classificação do risco de deriva das pontas obtidos usando o *test bench* pode ser comparável com aqueles obtidos com a ISO 22866 (GIL et al., 2014).

2.6 Análise estatística multivariada

Análise multivariada se refere a todas às técnicas estatísticas que simultaneamente analisam múltiplas medidas sobre indivíduos ou objetos em investigação, e auxiliam na tomada de decisão (HAIR et al., 2009).

Quando um grande número de atributos ou variáveis é analisado, a estatística multivariada possibilita novas interpretações e elucidações de problemas que não seriam percebidos pela estatística univariada (CRUZ; REGAZZI, 2001).

As técnicas de análise multivariada possibilitam explicar as correlações entre os atributos físicos de um mesmo tipo de solo, mesma forma do relevo e mostrar quais atributos contribuem para a caracterização de dois ambientes com uso e ocupação distinta (LIMA et al., 2017).

Aplicando estatística multivariada para avaliar a deriva em túnel de vento com diferentes adjuvantes e concentrações, Oliveira et al. (2015), concluíram que o diâmetro mediano volumétrico, o percentual de gotas menores que 100 μm e a viscosidade causam maior influência no potencial risco de deriva. As características avaliadas e suas respectivas metodologias de determinação por meio de análises de componentes principais e multivariada apresentam aplicabilidade na avaliação de adjuvantes quanto ao potencial risco de deriva nas pulverizações.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Ensaio do *test bench*

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Norte do Paraná-UENP, *campus* Luiz Meneghel, na cidade de Bandeirantes, Paraná. As análises laboratoriais foram realizadas no Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação e Máquinas agrícolas – NITEC-UENP.

A área escolhida dentro da fazenda escola para a realização dos ensaios em campo tem como coordenadas geográfica 23°06'35.8"S 50°21'40.1"W. O local foi previamente demarcado para a instalação da bancada e para a passagem do pulverizador acoplado a um trator, de acordo com a metodologia descrita por GIL et al. (2015).

O clima da cidade de Bandeirantes- PR, pela classificação de Köeppen e Geiger (1928), é Cfa, subtropical úmido, mesotérmico com verão quente, estiagem no inverno, média de 30 mm no mês mais seco e geadas menos frequentes. A precipitação média anual é de 1300 mm (REIS, 2003).

Os tratamentos foram realizados em delineamento constituído de 12 tratamentos, resultados da combinação de três pontas de pulverização, duas pressões e duas alturas da barra de pulverização, com quatro repetições, totalizando 48 ensaios. As pontas utilizadas foram a XR11002 (100 e 400 kPa), AIXR 11002 (100 e 600 kPa) e ATR 2.0 cônico vazio (400 e 2000 kPa), com duas alturas de barra: 0,50 m e 1,00 m acima da bancada de ensaios (Tabela 1).

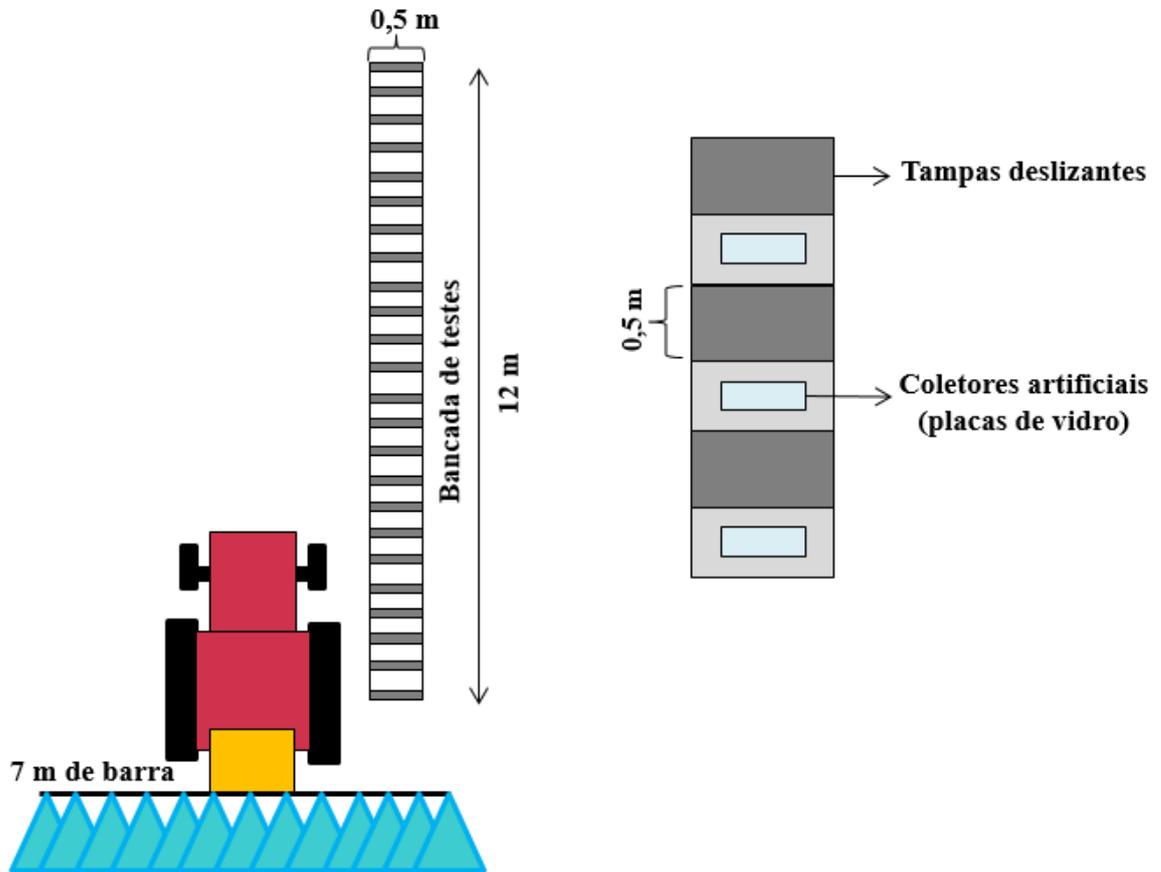
Tabela 1. Descrição dos tratamentos obtidos da combinação de pontas de pulverização, pressão de trabalho e altura da barra de pulverização.

Trat.	Ponta	Modelo	Vazão (L min ⁻¹)	Pressão (kPa)	Altura de barra (m)	Taxa (L ha ⁻¹)
1	XR 11002	Jato plano simples de uso ampliado	0,46	100	0,5	100
2	XR 11002		0,91	400	0,5	189
3	XR 11002		0,91	100	1,0	100
4	XR 11002		0,46	400	1,0	189
5	AIXR 11002	Jato plano com indução de ar	0,46	100	0,5	100
6	AIXR 11002		1,12	600	0,5	225
7	AIXR 11002		0,46	100	1,0	100
8	AIXR 11002		1,12	600	1,0	225
9	ATR 2.0	Jato cônico vazio	0,65	400	0,5	130
10	ATR 2.0		1,44	2000	0,5	300
11	ATR 2.0		0,65	400	1,0	130
12	ATR 2.0		1,44	2000	1,0	300

Para a realização dos ensaios, foi utilizado um pulverizador de parcela acoplado ao trator Agrale 4100 com adaptações, tais como: depósito de 50 litros, comando de pulverização CJ 42 A com alívio rápido, bomba JP42, manômetro, 13 bicos com antigotejos e com barra de 7 metros de comprimento. Antes da realização dos ensaios, foi realizado a Inspeção Periódica do Pulverizador, conforme Gandolfo (2001).

Para os ensaios, foi usado uma bancada de 12 m x 0,5 m de ferro inoxidável com espaços (tipo fendas) para os coletores (lâminas de vidro 10 cm x 20 cm), colocadas em intervalos de 0,5 metros (Figura 1). A bancada foi colocada no centro do braço de pulverização do lado direito do pulverizador a 1,5 m do eixo central do trator em coincidência com o ponto médio do lado direito do braço, mantendo uma posição NW-SE (GIL et al., 2014). A posição dos coletores foi de 0,30 m acima do solo, conforme recomendado pela ISO (2014). O ajuste da altura da barra do pulverizador de parcela foi feito antes de cada tratamento.

Figura 1. Esquema da posição do trator de parcelas e da bancada de ensaios. Detalhes dos coletores na bancada.



Cada fenda foi equipada com uma tampa deslizante para cobrir e descobrir o coletor quando necessário. Colocou-se na bancada um coletor em cima da primeira tampa deslizante e outro na última, ficando descobertos o tempo todo, visando coletar a quantidade real de pulverização que ocorreu em cada pulverização, totalizando 26 placas (Figura 2A e 2B).

Figura 2. Bancada de ensaios com os coletores cobertos, ficando apenas dois descobertos o tempo todo (A). Bancada de ensaios aberta para a coleta da nuvem de deriva (B).

(A)



(B)



Fonte: NITEC - UENP

A pulverização foi realizada somente no lado direito da barra sobre a bancada (Figura 3), pulverizando uma solução contendo o marcador Azul Brilhante (FCF – INS 133, 11%, Fabricante Duas Rodas®) na concentração de 6 g L^{-1} .

Figura 3. Pulverização utilizando apenas o lado direito da barra do pulverizador de parcela.



Fonte: NITEC - UENP

A pulverização foi acionada 20 metros antes de chegar à bancada e prosseguiu por mais 20 m depois do final da bancada de ensaio, para um comprimento total de pulverização de 52 m. Depois que o pulverizador passou sobre a extremidade da bancada e ao atingir um ponto exatamente 2 m para além do último coletor coberto, descobriram-se as placas de vidro para capturar as gotas que ficaram suspensas pelo ar na bancada. As gotas foram recolhidas durante 60 s após a abertura do sistema.

Para a quantificação do depósito, as placas foram colocadas em potes plásticos secos com tampa, lavadas com 70 mL de água destilada e agitadas de modo a remover todo o marcador. O líquido resultante foi colocado em um recipiente plástico com capacidade de 100 mL e realizado a leitura de absorvância por espectrofotômetro (630 nm), marca Femto®, modelo 600 S.

Por meio da confecção de uma curva padrão (com 18 concentrações da calda conhecidas e os seus respectivos valores de absorvância) foi calculada uma equação linear ($y = a + bx$) para possibilitar a determinação da concentração do corante, em mg L^{-1} , em função da absorvância mensurada em cada amostra. De posse dos valores de concentração foi calculado o volume de calda capturado no alvo, em μL , pela equação (1), de acordo com Dario (2018)

De posse dos valores de concentração foram determinados os valores capturados pelo alvo em μL , pela equação:

$$V_i = \frac{C_f \cdot V_f}{C_i} \cdot 1000 \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

C_i = concentração do corante na calda (6 g L^{-1});

V_i = volume capturado pelo alvo (μL);

C_f = concentração do corante detectada em espectrofotômetro o qual foi fornecido pela equação linear (mg L^{-1});

V_f = volume utilizado na lavagem do alvo (70 mL).

O volume capturado no alvo foi dividido por sua respectiva área do alvo (cm^2) para determinação do depósito em volume/área ($\mu\text{L cm}^{-2}$), sendo este denominado como depósito efetivo e/ou absoluto.

Com o depósito individual dos coletores, a deriva coletada (DC) foi calculado pela seguinte equação, conforme descrita por Gil et al. (2015).

$$DC (\%) = \sum_{n=0}^{24} \frac{D_i}{RDP} \times 100 \quad \text{Eq. 2}$$

Em que:

DC (%) = deriva coletada;

D_i = depósito individual de cada coletor (μL);

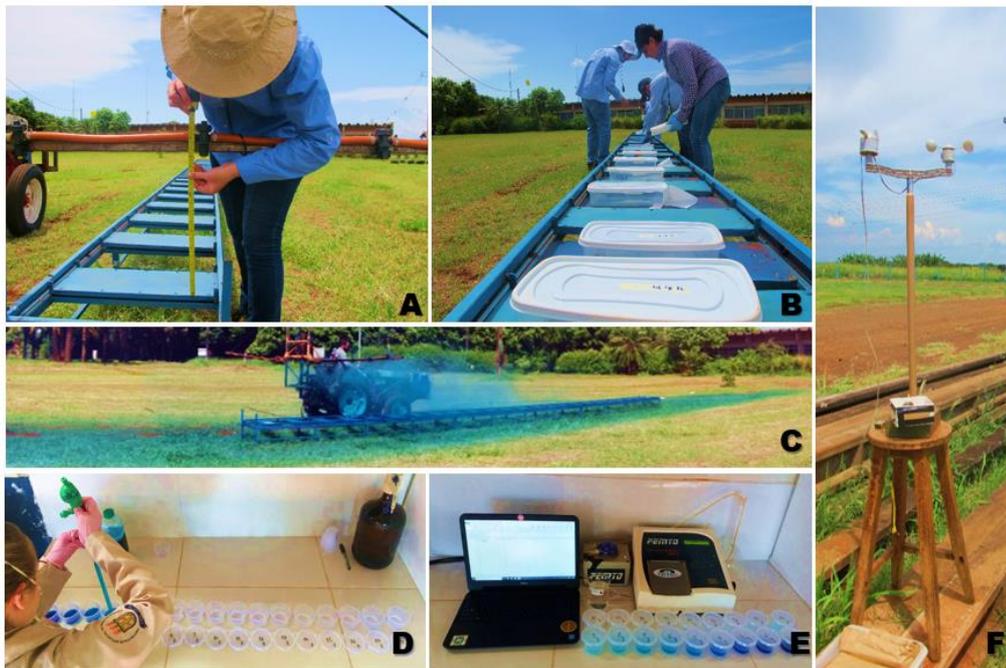
n = número de coletores (24);

RDP = referência de deposição da pulverização ($\mu\text{L cm}^{-2}$).

Durante todos os ensaios, foram coletados a velocidade e direção do vento, temperatura e a umidade relativa do ar e registradas continuamente a cada três segundos por meio de uma estação agrometeorológica com programação arduino (Marubayashi, 2016), colocada lateralmente a 5 m da posição da bancada de ensaios e na altura de 2,0 m do solo.

Na Figura 4 estão apresentadas as etapas de procedimentos realizados nos ensaios de avaliação da deriva pelo método do *test bench*.

Figura 4. Etapas realizadas durante a pesquisa. Determinação da altura da barra de pulverização sobre a bancada (A). Coleta das placas de vidro e armazenamento em potes identificados (B). Pulverização no momento dos ensaios com as placas cobertas (C). Diluição para confecção da curva padrão (D). Amostras preparadas para leitura em espectrofotômetro (E). Estação agrometeorológica posicionada na altura de 2,0 m em relação ao nível do solo.



3.2 Análise estatística

Os tratamentos foram divididos por pontas de pulverização com suas respectivas configurações de pressões e altura da barra de pulverização. Foi verificada a normalidade dos dados pelo teste Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$). Também foi aplicado a correlação de Pearson ($p < 0,05$) entre as variáveis agrometeorológicas, características da pulverização e da deriva, considerando os intervalos de classificação proposto por Kitamura (2007).

A análise de dispersão dos dados foi realizada utilizando o box-plot, que mostra a distribuição em quartis da deriva coletada (DC), por tipo de ponta, pressão de trabalho e altura da barra de pulverização.

Para verificar a dissimilaridade entre as variáveis agrometeorológicas (umidade relativa do ar, temperatura do ar e velocidade do vento) e os fatores da pulverização (altura da barra, pontas e pressão de trabalho) com a deriva coletada (DC) aplicou-se o método de análise multivariada, agrupamento hierárquico (*Joining*), adotando os seguintes procedimentos descritos por Lima e Silva (2018):

1. Padronização dos dados: a padronização foi adotada para que as variáveis contribuam com o mesmo peso no cálculo do coeficiente de dissimilaridade entre eles utilizando a seguinte equação:

$$Z = (X - \mu)/s \quad \text{Eq. 3}$$

Em que:

Z = variável padronizada;

X = valor da variável;

μ = valor médio de cada variável; e

s = desvio padrão de cada variável

2. Escolha do coeficiente de semelhança: adotou-se a medida de dissimilaridade, utilizando a distância euclidiana (d_{AB}), pois quanto menor o valor mais próximos estão os resultados das variáveis entre os diferentes tratamentos. A distância euclidiana (d_{AB}) foi determinada pela equação 4 entre os acessos para o conjunto das variáveis estudadas:

$$d_{AB} = \sqrt{(X_{1A} - X_{1B})^2 + (X_{2A} - X_{2B})^2 + \dots + (X_{mA} - X_{mB})^2} \quad \text{Eq. 4}$$

Em que:

X_{1A} = valor da variável 1 no tratamento A;

X_{1B} = valor da variável 2 no tratamento B;

X_{mA} e X_{Mb} = valor da variável m na condição A e B.

3. Estratégia de agrupamento: foi utilizado o método Ward's, que forma os grupos buscando minimizar a soma das diferenças entre os elementos de cada grupo e o valor médio do grupo, minimizando o desvio padrão entre os dados de cada grupo formado.

A análise quantitativa foi realizada por regressão linear múltipla, tendo como variável dependente a deriva e como variáveis independentes todas as demais consideradas no estudo (pressão de trabalho, umidade relativa média, temperatura média e velocidade média do vento). Para a escolha do modelo, utilizou-se o método *stepwise-forward*, em que cada variável entra no modelo com seu respectivo coeficiente estimado significativo ($p < 0,05$) e maior coeficiente de determinação múltiplo (R^2).

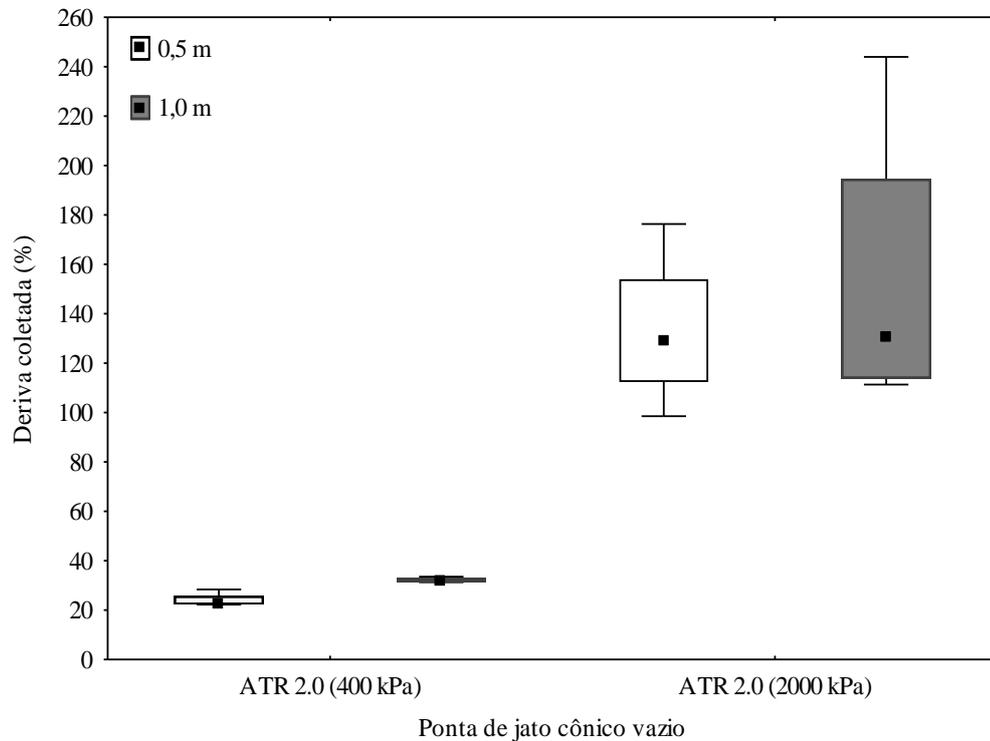
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5 está apresentada a deriva coletada em função da ponta ATR 2.0 com duas pressões de trabalho e duas alturas da barra de pulverização. Observa-se que em ambas as alturas da barra de pulverização (0,5 m e 1,0), a mudança de pressão de 400 kPa para 2000 kPa, aumentou significativamente a deriva. Na altura de 0,5 m (22% para 129%) e na altura de 1,0 (31% para 130%).

Em relação à altura da barra de pulverização, a mudança de 0,5 m para 1,0 m não apresentou diferença significativa na deriva, para a mesma pressão utilizada. Resultados contrários foram obtidos por Balsari et al., 2007, em ensaios usando a ponta ATR 2.0 (1000 kPa), ou seja, na menor altura de 0,5 m reduziu aproximadamente 2,8 vezes a deriva em relação à altura de 1,0 m. Porém, na presente pesquisa foi utilizado o dobro de pressão (2000 kPa) e com temperatura acima de 30 °C e velocidade do vento acima 0,5 m s⁻¹, enquanto os estudos dos autores foram com temperatura de 24 °C e velocidade do vento menor que 0,5 m s⁻¹.

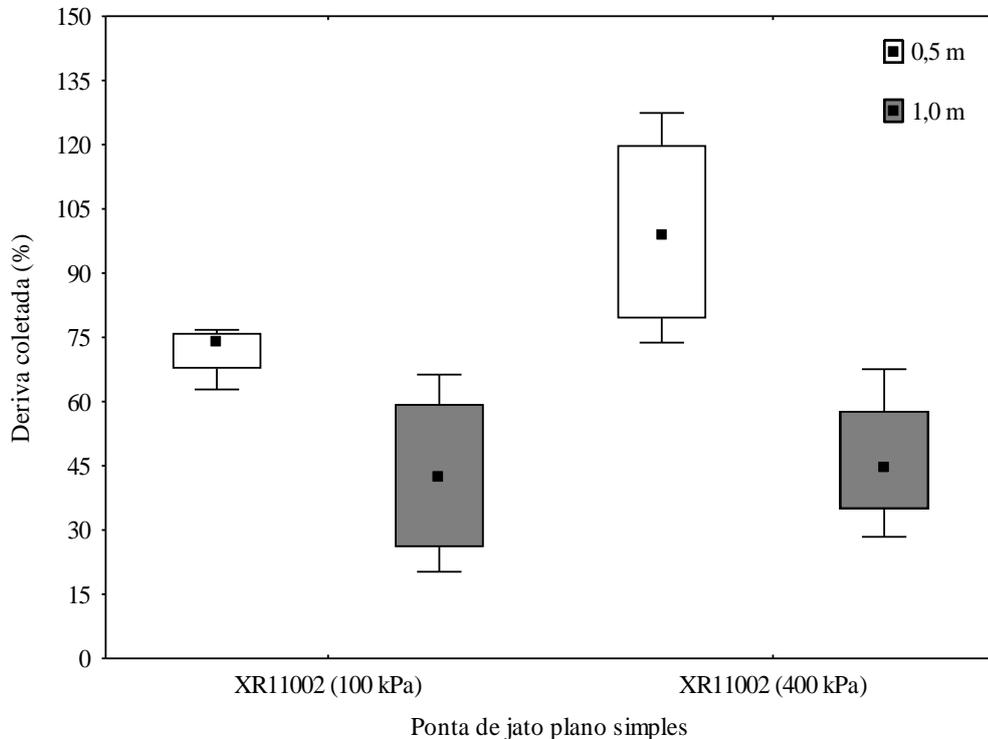
No entanto, quando a pressão passou de 400 para 2000 kPa, para a mesma altura, tem-se o aumento médio de 5,58 e 4,75 vezes na deriva, respectivamente para 0,5 e 1,0 m, ou seja, utilizar a opção de aumentar a pressão para aumentar a taxa de aplicação (L/ha) poderá resultar em maior risco de deriva.

Figura 5. Deriva coletada (%) pela metodologia *test bench* para a ponta ATR 2.0 nas pressões de 400 kPa e 2000 kPa e altura da barra de pulverização de 0,5 m e 1,0 m.



Apresenta-se na Figura 6, a deriva coletada em função da ponta XR11002 com duas pressões de trabalho e duas alturas da barra de pulverização. Na menor altura de barra (0,5 m), o aumento da pressão de 100 para 400 kPa, aumentou significativamente o risco de deriva em média de 71,9 para 99,65%. Já na maior altura da barra (1,0 m), não houve influência significativa da pressão. Resultados indicam que o uso de pontas de jato plano simples na altura de 0,5 m diminui a deriva coletada (BALSARI et al., 2016). Porém os autores trabalharam em condições controladas no laboratório, não levando em consideração a influência das variáveis externas, tais como, a velocidade e direção do vento.

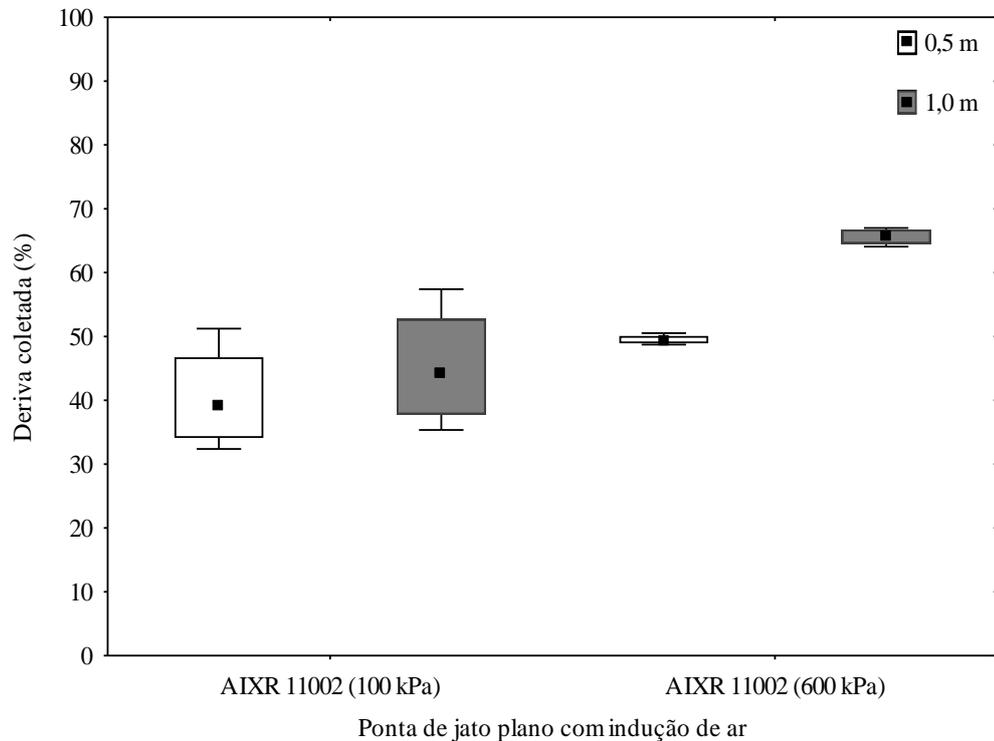
Figura 6. Deriva coletada (%) pela metodologia do *test bench* em campo para a ponta XR11002, nas pressões de 100 kPa e 400 kPa e na altura da barra de pulverização de 0,5 m e 1,0 m.



Observa-se na Figura 7, a deriva da ponta AIXR11002 em duas pressões de trabalho e duas alturas da barra de pulverização. O aumento da pressão de 100 para 600 kPa, não alterou em grande magnitude a deriva com a barra na altura de 0,5 m, porém quando a altura foi elevada para 1,0 m, na pressão de 600 kPa a deriva aumentou para 65,8% em média. Isto, demonstra que o aumento da pressão de pulverização reduz o diâmetro mediano volumétrico (DMV) e aumenta o percentual de gotas sensíveis à deriva (CZACZYK et al., 2012) e com o aumento da altura da barra as gotas de menor tamanho perdem a velocidade de deslocamento para o alvo, proporcionando maior deriva na maior altura.

Pressão de trabalho muito alta deve ser evitada com o intuito de diminuir o risco de deriva, porém aplicações com baixa pressão também devem ser evitadas, pois podem resultar em distribuição desigual da pulverização (ETHERIDGE et al., 1999).

Figura 7. Deriva coletada (%) em *test bench* em campo para a ponta AIXR11002, nas pressões de 100 kPa e 600 kPa e altura de 0,5 m e 1,0 m.



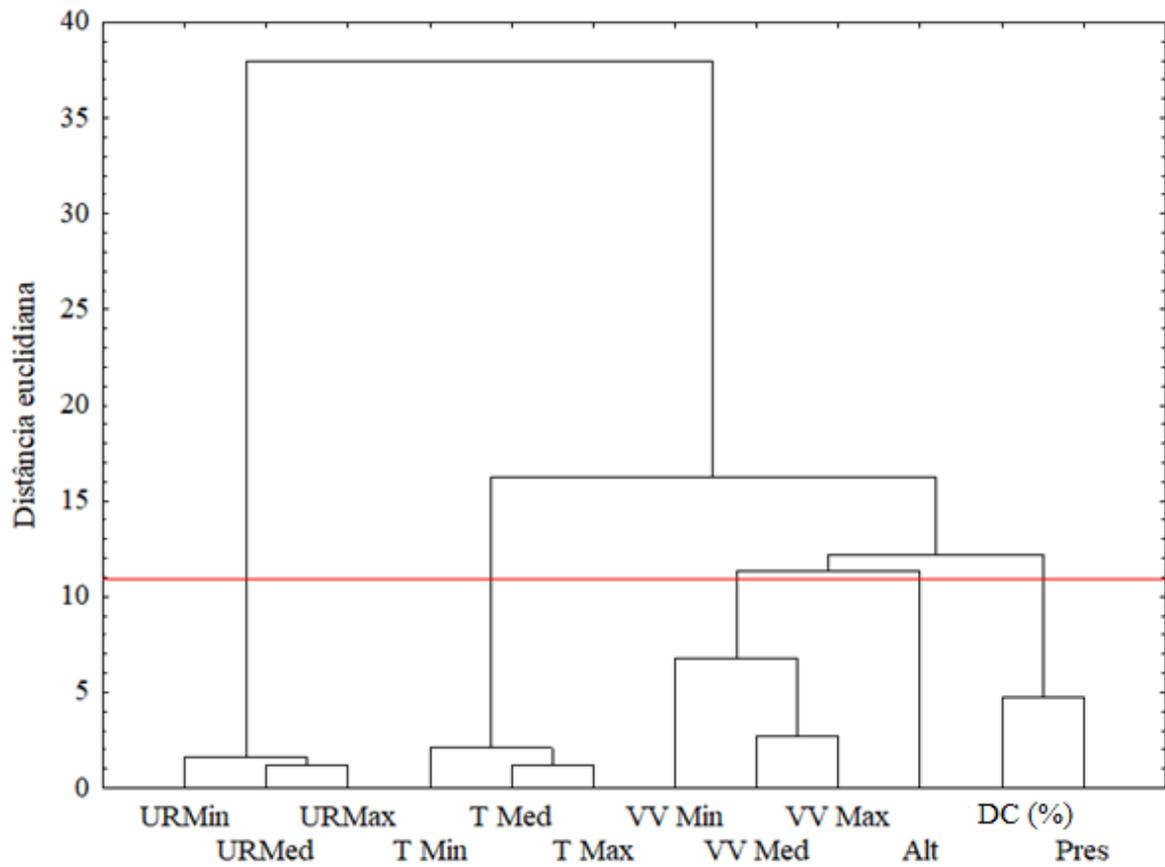
Na análise de agrupamento (*cluster*) utilizou-se as seguintes variáveis: URMin, URMed, URMax, T Min, T Med, T Max, VV Min, VV Med, VV Max; direção do vento na bancada de ensaio; pontas de pulverização com duas pressões de trabalho e duas alturas da barra de pulverização e o percentual de deriva coletada.

No método de agrupamento hierárquico *Joining*, na primeira análise, trabalhou-se com os dados em coluna, obtendo o dendrograma (Figura 8), utilizando o método Ward's que minimiza a variação intra grupo e maximiza entre grupos. Na definição dos grupos adotou-se para o corte a distância euclidiana igual a 11, formando 6 grupos (G) dissimilares, sendo: G1 = URMin, UR, Med e URMax; G2 = T Min, T Med e T Max; G3 = V V Med e V V max; e G4 = pressão (P) e deriva coletada.

A variável altura da barra de pulverização formou grupo isolado. Neste caso, as variações existente não mostrara relação com os resultados obtidos nos experimentos de deriva.

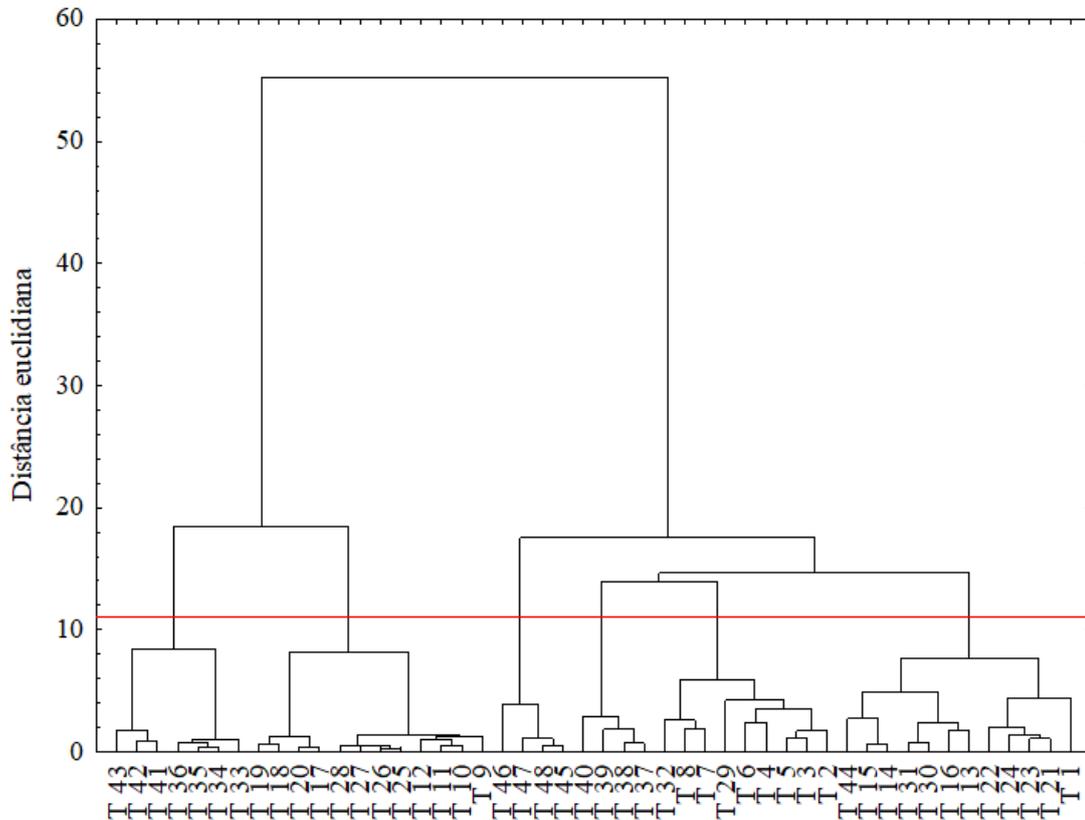
As variáveis que compõe cada grupo mostram similaridades entre elas em função da distância euclidiana. Para cada variável agrometeorológica observada no estudo da deriva com diferentes pontas e pressões de aplicação, não apresentaram dissimilaridades entre si, ou seja, não apresentaram amplitudes significativas no momento do experimento em campo.

Figura 8 - Dendrograma de agrupamento das variáveis coletadas nos ensaios de deriva em campo com a metodologia do *test bench*.



Na segunda análise, no agrupamento considerou-se todos os ensaios realizados pela metodologia do *test bench*, para os dados estudados em linha, agrupando os 48 ensaios com todas as variáveis estudadas, formando 6 grupos, apresentados conforme Figura 9.

Figura 9. Dendrograma de agrupamento de todos os ensaios de deriva em campo utilizando a metodologia do *test bench*.



Na Tabela 2 estão os tratamentos agrupados em cada grupo com as respectivas condições agrometeorológicas e as outras variáveis estudadas em cada repetição do experimento. Verifica-se que nos grupos 3 e 4 estão os experimentos em que se utilizou a ponta ATR 2.0 (3) na pressão de 2000 kPa para a pulverização, com percentual médio de deriva de 154,2% e 133,2%, respectivamente.

Tabela 2. Agrupamento dos diferentes tratamentos em função das variáveis estudadas.

Trat	Alt	URMax	URMin	URMed	TMax	TMin	TMed	VVMax	VVMin	VVMed	SentiV	Pressão	DC	P
Grupo 1														
43	1,0	62,9	61,0	63,8	29,7	29,0	28,8	6,7	2,0	3,8	SE	400	33,5	3
42	1,0	68,7	67,2	68,1	27,9	27,4	27,6	6,0	1,3	3,2	E	400	31,7	3
41	1,0	72,1	71,4	71,7	26,6	26,2	26,4	4,7	1,3	2,6	E	400	32,2	3
36	0,5	77,5	76,7	77,1	24,9	24,6	24,7	2,0	0,7	1,7	E	400	22,2	3
35	0,5	78,2	76,7	77,9	24,6	24,4	24,4	2,7	1,3	1,8	E	400	28,4	3
34	0,5	79,1	78,3	79,1	24,2	23,9	23,8	2,0	1,3	1,9	E	400	22,5	3
33	0,5	80,6	79,7	80,0	23,5	23,3	23,4	4,0	1,3	2,5	E	400	22,7	3
Média		74,2	73,0	74,0	25,9	25,5	25,6	4,0	1,3	2,5			27,6	
Grupo 2														
19	0,5	62,4	60,5	60,7	30,7	30,3	30,4	2,7	0,0	0,3	NW	100	35,8	2
18	0,5	62,4	60,8	61,4	30,7	30,5	30,6	2,7	0,0	1,3	W	100	51,2	2
20	0,5	64,0	62,0	62,7	30,2	30,0	30,1	0,0	0,0	0,0	-	100	32,4	2
17	0,5	61,8	61,4	61,7	30,4	30,3	30,4	0,7	0,0	0,1	E	100	42,3	2
28	1,0	61,3	59,4	60,3	31,0	30,7	30,8	0,7	0,0	0,1	E	100	57,4	2
26	1,0	63,6	61,1	62,2	31,1	30,9	30,9	0,7	0,0	0,1	E	100	40,6	2
12	1,0	61,7	57,4	59,3	32,6	31,4	32,3	2,0	0,0	1,1	-	100	60,3	1
27	1,0	61,3	59,9	60,3	30,8	30,7	30,7	0,0	0,0	0,0	-	100	35,4	2
25	1,0	62,6	61,1	61,8	31,1	30,9	31,0	0,7	0,0	0,1	NE	100	48	2
10	1,0	66,4	62,3	64,2	32,1	31,1	31,8	1,3	0,0	0,6	SE	100	52,6	1
11	1,0	64,8	61,5	63,3	32,6	31,4	31,8	1,3	0,0	0,8	S	100	31,8	1
9	1,0	62,4	59,0	60,4	33,5	32,5	33,2	0,0	0,0	0,0	-	100	20,3	1
Média		62,9	60,5	61,5	31,4	30,9	31,2			0,4			42,9	
Grupo 3														
46	1,0	41,2	38,5	40,0	39,6	38,1	38,7	8,7	4,7	6,6	E	2000	244,0	3
48	1,0	41,3	39,0	40,1	39,9	38,5	39,1	9,3	3,3	5,9	SE-E	2000	116,5	3
47	1,0	42,4	38,9	40,7	39,4	38,0	38,6	8,7	4,0	6,1	SE-E	2000	144,8	3
45	1,0	40,9	39,0	39,9	39,5	38,2	38,9	8,0	3,3	5,5	E	2000	111,3	3
Média		41,5	38,9	40,2	39,6	38,2	38,9	8,7	3,8	6,0			154,2	
Grupo 4														
40	0,5	46,4	44,1	47,8	39,1	38,4	37,6	4,0	1,3	2,3	NE	2000	131,6	3
38	0,5	59,1	57,0	57,7	34,0	33,0	33,8	3,3	0,7	1,5	NE	2000	98,5	3
39	0,5	55,2	52,9	55,7	35,3	34,7	34,5	3,3	0,7	1,5	E	2000	176,3	3
37	0,5	58,5	55,0	57,3	34,8	33,7	34,0	2,7	0,7	1,6	E	2000	126,2	3
Média		54,8	50,7	54,6	35,8	35,0	35,0	3,3	0,8	1,8			133,2	
Grupo 5														
32	1,0	46,8	41,8	44,1	39,1	37,2	38,1	3,3	0,0	1,8	NE	600	67,0	2
8	0,5	46,7	43,2	44,5	39,4	38,5	39,0	4,7	0,0	1,9	E	400	112,4	1
7	0,5	54,0	39,6	52,1	36,6	34,6	34,8	4,7	0,0	1,5	E	400	73,8	1
29	1,0	33,9	31,9	32,9	45,2	43,8	44,4	6,7	1,3	2,8	SE	600	64,1	2
6	0,5	51,2	39,6	48,9	41,1	36,6	36,9	10,0	0,7	6,9	E	400	127,4	1
4	0,5	41,2	38,5	39,4	44,2	38,9	40,8	8,7	0,0	8,7	SE	100	62,9	1
5	0,5	44,2	39,6	41,0	41,1	40,3	40,7	6,7	0,7	3,3	E	400	85,0	1
3	0,5	41,2	38,8	39,1	44,2	38,9	42,4	8,7	0,7	3,1	N	100	75,3	1
2	0,5	41,2	39,3	40,5	42,2	38,9	40,8	8,7	2,0	5,3	SE	100	76,8	1
Média		44,5	39,1	42,5	41,5	38,6	39,8	6,9	0,6	3,9			82,7	
Grupo 6														
44	1,0	59,2	56,8	58,4	30,6	30,1	30,3	10,0	4,7	6,2	E	400	31,3	3
15	1,0	61,5	52,1	54,8	35,8	32,3	34,8	8,0	2,7	4,8	E	400	28,4	1
14	1,0	61,5	55,3	58,9	34,6	32,3	33,3	8,0	2,7	5,1	E	400	41,4	1
31	1,0	49,8	46,6	48,2	36,1	35,0	35,7	6,0	1,3	3,3	E	600	66,5	2
30	1,0	51,6	47,7	48,9	36,1	35,5	35,8	7,3	2,0	4,3	E	600	65,5	2
16	1,0	61,5	49,3	51,7	38,5	32,3	36,4	8,0	0,7	4,7	E	400	67,3	1
13	1,0	60,1	57,0	58,7	33,6	32,9	33,3	6,0	0,7	3,4	E	400	48,1	1
22	0,5	51,3	49,1	49,9	34,6	33,8	34,3	8,7	2,7	5,8	E	600	49,2	2
24	0,5	52,3	41,2	43,8	39,6	33,0	37,9	8,7	0,7	4,4	E	600	50,5	2
23	0,5	52,3	47,8	50,4	35,6	33,0	34,1	8,7	0,7	5,3	E	600	49,6	2
21	0,5	48,3	45,0	46,9	36,2	34,5	35,2	10,7	1,3	4,7	E	600	48,7	2
1	0,5	52,0	45,9	50,0	31,6	24,7	26,9	8,0	0,0	2,9	E	100	72,6	1
Média		55,1	49,5	51,7	35,2	32,5	34,0	8,2	1,7	4,6			51,6	

*Trat: tratamento; Alt: altura da barra de pulverização (m); UR máx: Umidade relativa máxima (%); UR min: umidade relativa mínima (%); UR med: umidade relativa média (%); Tmax: temperatura máxima (°C); Tmin: temperatura mínima (°C); Tmed: temperatura média (°C); VVmax: velocidade do vento máxima (m s⁻¹); VVmin: velocidade do vento mínima (m s⁻¹); VVmed: velocidade do vento média (m s⁻¹); SentiV: sentido do vento; Press: pressão de trabalho (kPa); DC: Deriva coletada (%); P: pontas (1:XR11002; 2: AIXR11002; 3: ATR 2.0).

Na Figura 10 está apresentado os resultados da análise de agrupamento de todos os ensaios. Observa-se que no grupo 1 estão os tratamentos que apresentaram a menor deriva (27,6%), foram os ensaios realizados com a ponta ATR 2.0 na menor pressão de trabalho (400 kPa) e temperatura média de 25,6 °C e umidade relativa média de 74%. Nota-se que no grupo 3 estão os tratamentos que apresentaram maior deriva (154,2%), que também foram realizados com a ponta ATR 2.0, porém na maior pressão de trabalho (2000 kPa). Esses resultados podem ser explicados pela interferência das condições agrometeorológicas e operacionais da pulverização realçadas na barra do grupo 1 e grupo 3. Balsari et al. (2007), em ensaios para medir a influência das condições agrometeorológicas, observou que nas temperaturas mais altas e umidade relativa mais baixa, que a quantidade de deriva coletada foi significativamente reduzida.

No grupo 2 estão ensaios com as pontas XR11002 e AIXR11002, ambas na pressão de pulverização de 100 kPa. A deriva desse grupo foi de 42,9%, URMed de 61,5%, TMed de 31,2 °C, VVMed de 0,4 m s⁻¹. A velocidade média do vento baixa é em decorrência de 33,3% dos ensaios desse grupo apresentarem-se com vento zero no momento dos registros. Mesmo com a temperatura elevada, a deriva do grupo 2 foi mais baixo quando comparado aos demais (exceto o grupo 1). Isso pode ser explicado pelo fato das pontas AIXR11002 (100 kPa), que foram a maior ocorrência dentro do grupo (66,7%) apresentarem gotas extremamente grossas e XR11002 (100 kPa) gotas médias, e também porque a umidade relativa manteve-se elevada (61,5%).

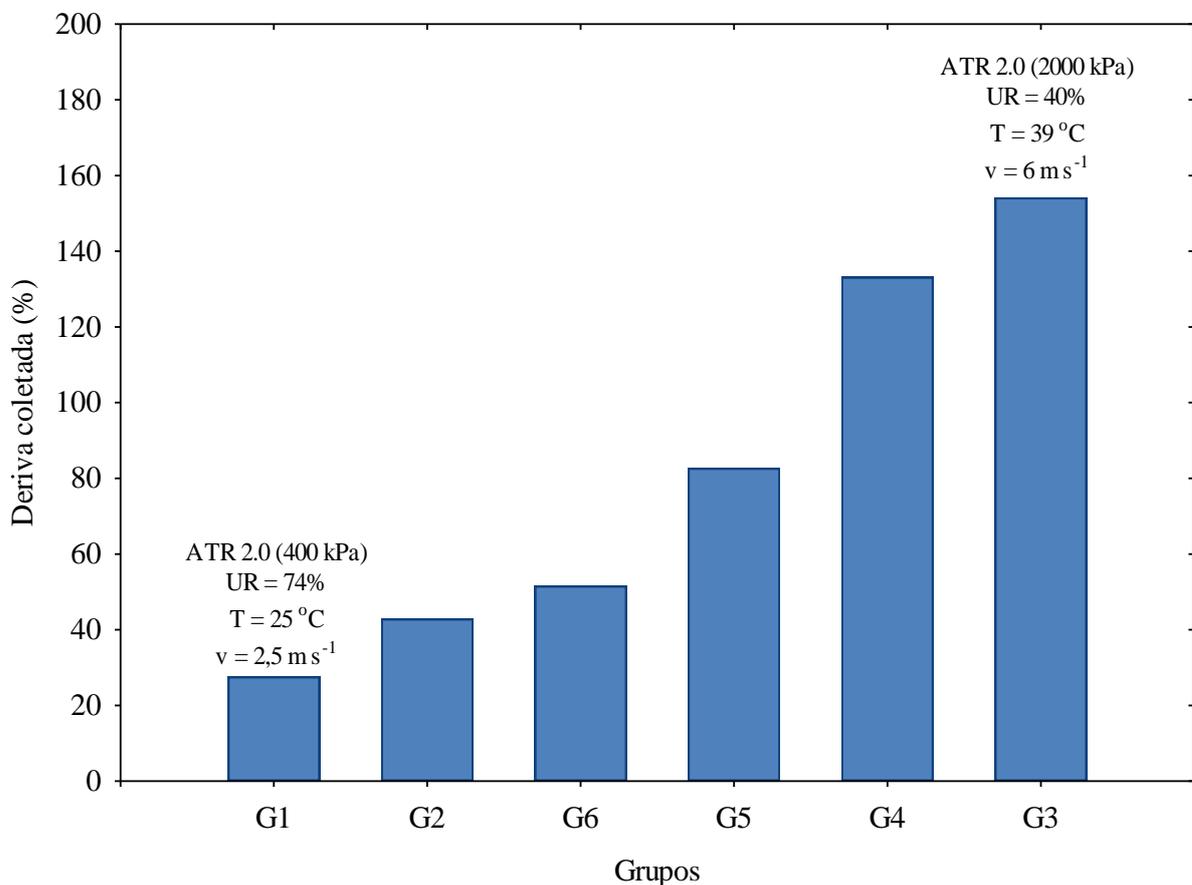
As variáveis agrometeorológicas foram fatores preponderantes para a formação do grupo 2, considerando que a menor deriva foi de 20,3% e a maior 60,3%, mostrando assim grande amplitude total dessa variável. A direção do vento registrada não foi uniforme como no grupo 1, e esse fator de certa forma influenciou na deriva média. Estudo dos fatores que afetam a deriva em ensaios de campo correlacionando as variáveis umidade relativa do ar, temperatura, e velocidade do vento conclui que diminuir a velocidade do vento e aumentar a umidade relativa diminui a quantidade de deriva sedimentada (NUYTTENS et al., 2006). Os autores ainda relatam que levando em consideração a correlação entre temperatura e umidade relativa, temperatura mais baixa também resultará em valores mais baixos de desvio devido ao efeito cumulativo da umidade relativa.

Os grupos 3 e 4 foram os que apresentaram os maiores percentuais de deriva com a ponta ATR 2.0 na maior pressão (2000 kPa), o grupo 3 com 154,2 % e grupo 4 com 133,2%. Mesmo os dois grupos apresentando a mesma ponta e a mesma pressão de trabalho, os tratamentos não se agruparam, isto pode ser explicado pela diferença das condições

agrometeorológicas, que no grupo 3 foi de TMed: 38,2° C e URMed: 40,2% e no grupo 4 a TMed: 35° C e URMed: 54,6%. O aumento da temperatura normalmente corresponde ao decréscimo da umidade relativa do ar, e também podem ser um indicador de forte instabilidade atmosférica levando a perdas por ação convectiva no momento da pulverização. (NUYTTENS, 2007).

Nos grupos 5 e 6 variaram as pressões 100, 400 e 600 kPa. Para o grupo 5, houve variação de 2 pontas, a XR11002 e AIXR11002, sendo a ponta predominante XR11002 com 77,7% de ocorrência, a URMed foi de 42,5%, TMed 39,8° C, VVMed de 14,1 m s⁻¹ e PD 82,7%. Para o grupo 6, a ponta predominante foi a AIXR11002 (50%), seguida pela XR (41,66%) e ATR 2.0 (8,33%), a URMed foi de 51,7%, URMed 34%, VVMed 16,5 m s⁻¹, PD de 51,6%. As condições ambientais em experimentos de campo podem causar variabilidade nas medições de deriva, destacando a temperatura e umidade interferindo na taxa de evaporação e a estabilidade atmosférica das gotas, bem como ventos acima de 18 km h⁻¹ sendo prejudiciais para esse tipo de estudo (DONKERSLEY; NUYTTENS, 2011).

Figura 10. Agrupamento da deriva coletada (%) em campo utilizando a metodologia do *test bench*.



A análise de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$) entre todas as variáveis em estudo está apresentado na Tabela 3. Verifica-se correlação muito alta ($0,8 < r < 1,0$) entre UR x T e VVMed x VVMax ($r > 0,90$); correlação alta ($0,60 < r < 0,80$) para DC x Pressão ($r = 0,76$), VVMinxVVMed ($r = 0,67$), URMin x VVMax ($r = -0,63$), URMed x VVMax ($r = -0,62$) e DC x URMax ($r = -0,60$); correlação média ($0,40 < r < 0,60$) para URMin x DC ($r = -0,58$), Tmax x DC ($r = 0,55$), Tmin x DC ($r = 0,58$), TMed x DC ($r = 0,54$), TMax x VVMed ($r = 0,57$), URMax x VVMax ($r = -0,58$), VVMax x VVMin ($r = 0,62$) e Pressão x VVMin ($r = 0,52$). As demais correlações apresentaram-se baixa, na faixa de $0,20 < r < 0,40$.

Tabela 3. Análise de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$) das variáveis agrometeorológicas, operacionais e da deriva.

Variáveis	Pressão	Altura	URMax	URMin	URMed	T Max	T Min	T Med	V V Max	V V Min	V V Med	DC (%)
Pressão	1,00	0,00	-0,38	-0,33	-0,34	0,30	0,38	0,33	0,25	0,52	0,29	0,76
Altura		1,00	0,00	0,00	-0,02	-0,01	0,06	0,05	-0,03	0,31	0,02	-0,06
URMax			1,00	0,97	0,99	-0,93	-0,92	-0,92	-0,58	-0,27	-0,51	-0,60
URMin				1,00	0,98	-0,95	-0,90	-0,93	-0,63	-0,23	-0,54	-0,58
URMed					1,00	-0,96	-0,91	-0,94	-0,62	-0,25	-0,53	-0,57
T Max						1,00	0,95	0,98	0,57	0,16	0,52	0,55
T Min							1,00	0,98	0,43	0,21	0,41	0,58
T Med								1,00	0,51	0,19	0,46	0,54
V V Max									1,00	0,62	0,92	0,30
V V Min										1,00	0,67	0,35
V V Med											1,00	0,33
DC (%)												1,00

Coefficientes em negrito são significativos ($p \leq 0,05$). UR (%); Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); Velocidade do vento (m s^{-1}) e Pressão (kPa). DC: Deriva coletada.

Observa-se que a deriva apresenta correlação significativa de 0,76 com a pressão de pulverização e negativa com a umidade relativa média do ar (URMed), conforme mostra a análise de correlação. Sendo assim, fez-se a regressão linear múltipla que obteve os seguintes modelos de ajustes, com todos coeficientes estimadores significativos ($p \leq 0,05$) (Tabela 4).

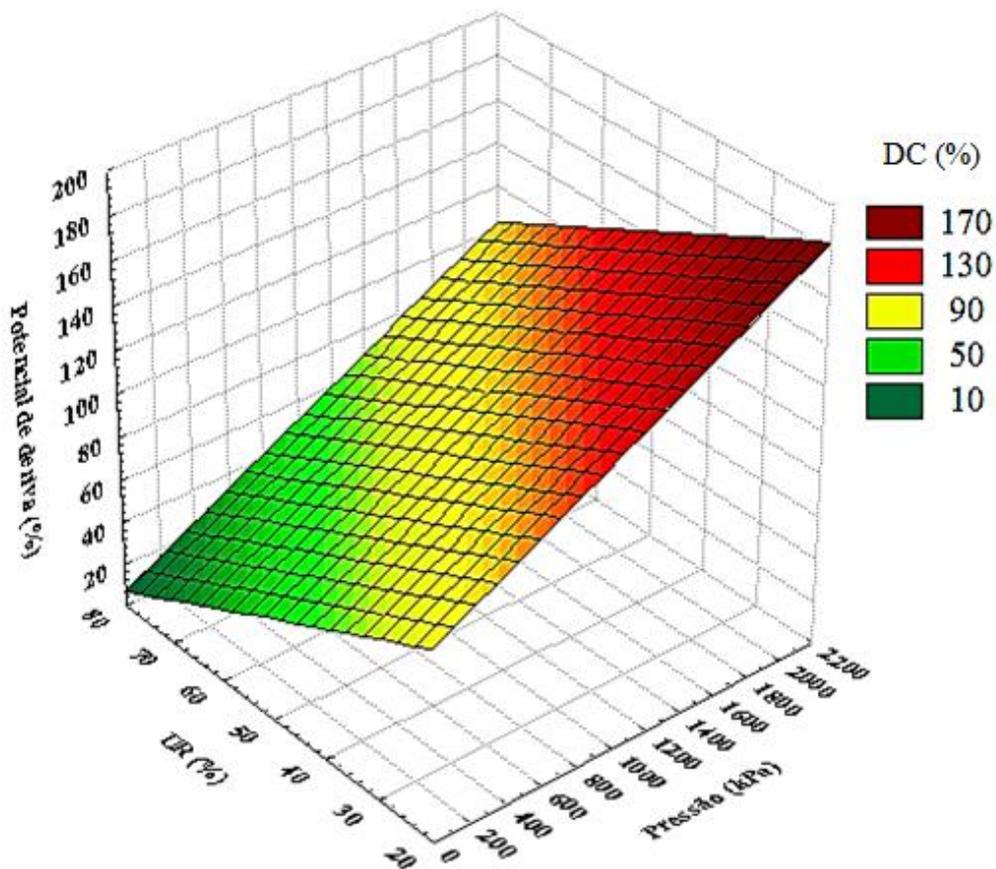
Tabela 4. Modelo de regressão da deriva coletada (DC) em função da pressão (P) e da umidade relativa média do ar (UR).

Modelo	Coefficiente de determinação (R ²)
$DC = 36,17 + 0,052 * P$	58%
$DC = 115,22 + 0,044 * P - 1,35 * UR$	69%

Conforme os modelos ajustados, a pressão de pulverização explica sozinha 58% da variação da deriva e após a adição da UR tem-se aumento de 11%, totalizando assim 69% de explicação da variação da deriva ($p \leq 0,05$).

Na Figura 11 está apresentado a superfície de resposta demonstrando a variação da deriva em função da pressão e da umidade relativa do ar.

Figura 11. Superfície de resposta da deriva em função da pressão e umidade relativa do ar.



5 CONCLUSÕES

O *test bench* mostra-se como uma metodologia que possibilita avaliar a deriva em nível de campo nas condições de país subtropical, evidenciando que as alterações nas condições agrometeorológicas, pontas e pressão são decisivas na deriva de pulverizadores de barra;

A umidade relativa do ar baixa e a pressão de trabalho alta foram os fatores mais determinantes no aumento da deriva usando as pontas ATR 2.0, XR11002 e AIXR11002 e a altura da barra não influenciou na deriva.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA D.P., (2014) Tecnologia de aplicação de herbicidas na dessecação de coberturas vegetais 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Campus Jataí, Universidade Federal de Goiás, Jataí.

ALVARENGA C.B.D., TEIXEIRA M.M., ZOLNIER S., CECON P.R., SIQUEIRA D.L.D., RODRIGUES D.E., SASAKI R.S., RINALDI P.C.N., (2014) Efeito do déficit de pressão de vapor d'água no ar na pulverização hidropneumática em alvos artificiais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 182-193.

ANTUNIASSI U.R., (2005) Tecnologia de aplicação para controle da ferrugem da soja. In: workshop brasileiro sobre a ferrugem asiática, 1. Uberlândia: **EDUFU**, 2005. p. 193-219.

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

ANTUNIASSI, U.R., (2010) Tecnologia de aplicação de defensivos. **Boletim de Pesquisa de Soja**, v. 14, p. 347-372.

ANTUNISSI, U.R.; CARVALHO, F.K.; MOTA, A..B.; CHECHETTO, R.G. 2018. Tecnologia de aplicação de defensivos para culturas anuais. **Boletim de Pesquisa Fundação MT**. nº 18, p.311-324, 2017/2018.

ARVIDSSON, T., BERGSTRÖM, L.; KREUGER, J. (2011). Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. **Pesticide Management Science**, 67(5), 586–598.

ASABE S572.1. (2009). Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. **Am. Soc. Agric. Eng.**, St. Joseph, MI., 4 pp.

BALAN M.G., ABI SAAB, O.J.G., FONSECA I.C.B., SILVA C.G., SASAKI E.H. (2005) Pulverização em alvos artificiais: avaliação com o software conta-gotas. **Ciência Rural.**, v.35, n.4, p.916- 919.

BALSARI P., GIL E., MARUCCO P., ZANDE J.C.V., NUYYTENS D., HERBST A., GALLART M., (2016) Field-crop-sprayer potential drift measured using *test bench*: Effects of boom height and nozzle type, **Biosystems Engineering**.

BALSARI P.; MARUCCO P.; TAMAGNONE M., (2007). A *test bench* for the classification of boom sprayers according to drift risk. **Crop Protection**, 26(10), 1482 e 1489.

BOLLER W., FORCELINI L.A., HOFFMANN L.L., (2007) Tecnologia de aplicação de fungicidas Parte I. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 15, p. 243-276.

CARLSEN, S.C.K.; SPLIID, N.H.; SVENSMARK, B. 2006. Drift of 10 herbicides after tractor spray application.2. Primary drift (droplet drift). **Chemosphere** 64 (2006) 778–786.

CHAIM A., (1999) História da Pulverização. Jaguariúna: **EMBRAPA-Meio Ambiente**

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

COSTA A.G.F., VELINI E.D., NEGRISOLI E., CARBONARI C.A., ROSSI C.V.S. (2007) 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.

COSTA D.I., (2009) Eficiência e qualidade das aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

COSTA, A.G.F. Determinação da deriva da mistura 2,4-D e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes. 2006. 95 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. 2001. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 2001. 480p.

CUNHA, J. P.A.R, TEIXEIRA M.M., VIEIRA R.F., FERNANDES H.C., COURY J.R., (2004) Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39 n.10.

CZACZYK Z.; KRUGER G.; HEWITT A. (2012) Droplet size classification of air induction flat fan nozzles. *J Plant Prot Res* 52:417–420

DARIO, G. (2018) Técnicas de aplicação de produtos fitossanitários no tomateiro em ambiente protegido. **Dissertação de Mestrado** em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes,

DONKERSLEY, P.; NUYTTENS, D. A meta analysis of spray drift sampling. **Crop Protection**, v.30, n.7, p.931-936, 2011.

ETHERIDGE RE, WOMAC AR, MUELLER TC (1999) Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technol** 13:765–770

GANDOLFO, M. A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. 2001. 92 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, 2001.

GIL, E., BALSARI, P., GALLART, M., LLORENS, J., MARUCCO, P., ANDERSEN, P. G., FÀBREGAS, X; LLOP, J. (2014). Determination of drift potential of different flat fan nozzles on a boom sprayer using a *test bench*. **Crop Protection**, 56, 58 e 68.

GIL, E., GALLART, M., BALSARI, P., MARUCCO, P., ALMAJANO, M. P., LLOP, J. (2015). Influence of wind velocity and wind direction on measurements of spray drift potential of boom sprayers using drift *test bench*. **Agricultural and Forest Meteorology**, 202, 94 e 101.

ISO 22401. (2015). International Standard: Equipment for crop protection e Methods for measurement of potential spray drift from horizontal boom sprayers by the use of a *test bench*. Geneva, Switzerland: **International Standard Organisation**.

ISO 22866:2005. (2005). Equipment for crop protection and Methods for field measurement of spray drift. Geneva: **International Standard Organization**.

KITAMURA, E. A. Inter-relações da variabilidade espacial da granulometria do solo e a produtividade do feijoeiro sob plantio direto. 2004. 109 f. **Dissertação**.(Mestrado em Sistemas de Produção) - UNESP, Ilha Solteira, 2004.

LESNIK M., STAJNKO D., VAJS S., (2015). Interactions between spray drift and sprayer travel speed in two different apple orchard training systems. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 12, 3017 e 3028.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; SOUZA, G.S.; ALTOÉ, M. S. Análise multivariada de atributos físicos em argiloso vermelho-amarelo em diferentes ambientes. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, MG. V.25, n.05, p.396-406, 2017

LIMA, J.S.S; SILVA, S.A. Fuzzy logic application and cluster analysis in the quality of the beverage from conilon coffee. **Coffee Science**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 439 - 447, oct./dec. 2018.

MADUREIRA, R.P.; RAETANO, C.G.; CAVALIERI ,J.D. Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva de pulverizações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.2, p.180–185, 2015.

MAGDALENA J.C., HERRAN B.C., DI PRINZIO A., BANNISTER I.H., VILLALBA J. (2010) Pasado y presente de La aplicación de agroquímicos em agricultura. In: Tecnología de aplicación de agroquímicos. Rio Negro: **CYTED** p. 17-26.

MARUBAYASHI, R. Y. P. Equipamento alternativo para aquisição georreferenciada de condições climáticas em pulverizações agrícolas. 2016. 59f. **Dissertação de Mestrado** em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2016.

MATTHEWS G.A., HISLOP E.C. (1993) Application technology for crop protection. London: **CAB International**. p. 101-122.

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

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

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

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

MOTA A.A.B., (2011) **Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicações com adjuvantes**. 74 f. Dissertação Mestrado, UNESP – Campus Botucatu.

NUYTTENS D. (2007). Drift from field crop sprayers: the influence of spray application technology determined using indirect and direct drift assessment means. **PhD thesis** no. 772, Katholieke biosystems engineering 103 (2009) 271–280 279 Universiteit Leuven, ISBN: 978-90-8826-039-1, Available from: <http://hdl.handle.net/1979/1047>, 293 pp.

NUYTTENS D., SCHAMPHELEIRE M., STEURBAUT W., BAETENS K., VERBOVEN P., NICOLAI B., RAMON H., SONCK B. (2006) Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part 1: Meteorological conditions, **International Advances in Pesticide Application Aspects of Applied Biology**, 77.

NUYTTENS D., ZWERTVAEGHER I., DEKEYSER D. (2014) Comparison between drift *test bench* results and other drift assessment techniques. **Aspects of Applied Biology** 122. International Advances in Pesticide Application

NUYTTENS D., ZWERTVAEGHER I., DEKEYSER D. (2016). Spray drift assessment of different application techniques using a drift *test bench* and comparison with other drift assessment methods. **Biosystems Engineering**.

OLIVEIRA R.B., (2011) Caracterização funcional de adjuvantes soluções aquosas. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

OLIVEIRA R.B., ANTUNIASSI UR, GANDOLFO M.A, (2015). Spray adjuvant characteristics affecting agricultural spraying drift. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 109-116.

OZKAN H.E. (1997) Shields to reduce spray drift. **J. Agric. Engng. Res.**, v. 67, p. 311-322.

PEREIRA A.R., ANGELOCCI L.R., SENTELHAS P.C., (2002) Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: **Agropecuária**. 478p.

PISC. 2002. Spray drift management. Principles, strategies and supporting information. Primary Industries Standing Committee. PISC (SCARM) **Report 82**.

RAETANO, C. G. (2011). Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Ed.), **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo, RS: Aldeia Norte, Botucatu, SP: FEPAF.

REIS, T. E. S. **Determinação da compatibilidade de uso do solo e proposta de restabelecimento de áreas de reservas florestais em Bandeirantes-PR através de análise de imagens e geoestatística**. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.

RUEDELL J., (2002) Tecnologia de aplicação de defensivos. **Plantio Direto**, v. 19, n. 6, p. 9-11.

SCHICK, R.J. An engineer's practical guide drop size. Wheaton: Spraying Systems, 1997. 28 p.

SILVA, A.F.; OLIVEIRA, R.B.; GANDOLFO, M.A. Mapping of the time available for application of pesticides in the state of Paraná, Brazil. **Acta Scientiarum**, v.40, e.39421, 2018.

SOUZA L.A., CUNHA J.P.A.R., PAVANIN L.A. (2011). Eficácia e perda do herbicida 2,4-d amina aplicado com diferentes volumes de calda e pontas de pulverização **Planta Daninha**, 29(spc), 1149 e 1156.

SUMNER P.E., (1997) Reducing spray drift. **Georgia: University of Georgia**. 11 p.

WOLF R.E., (2000) Strategies to reduce spray drift. Kansas state university extension service. Publication MF-2441. In: **ASAE Annual International Meeting/CIGR XVth World Congress**, Chicago, Illinois, USA.