



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARCELO GONÇALVES BALAN

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE DESCRIÇÃO
METODOLÓGICA PARA TRABALHOS TÉCNICO-
CIENTÍFICOS QUE TRATAM DO EFEITO DA APLICAÇÃO
DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS**

Londrina
2009

MARCELO GONÇALVES BALAN

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE DESCRIÇÃO
METODOLÓGICA PARA TRABALHOS TÉCNICO-
CIENTÍFICOS QUE TRATAM DO EFEITO DA APLICAÇÃO
DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, com requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Otavio Jorge Grigoli Abi Saab

Londrina
2009

Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.

B171d Balan, Marcelo Gonçalves.
Diagnóstico e proposta de descrição metodológica para trabalhos técnico - científicos que tratam do efeito da aplicação de produtos fitossanitários / Marcelo Gonçalves Balan. – Londrina, 2009.
111 f. : il.

Orientador: Otavio Jorge Grigoli Abi Saab.
Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2009.
Inclui bibliografia.

1. Pragas agrícolas – Controle – Cultivo – Teses. 2. Defensivos vegetais – Teses. 3. Erva daninha – Controle – Teses. I. Abi Saab, Otavio Jorge Grigoli. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 632.95

MARCELO GONÇALVES BALAN

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE DESCRIÇÃO METODOLÓGICA
PARA TRABALHOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS QUE TRATAM DO
EFEITO DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, com requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Nádia Cristina de Oliveira
Faculdade Integrado De Campo Mourão – PR

Prof.. Dr. Marco Antonio Gandolfo
UENP- PR

Prof. Dr. Donizeti Aparecido Fornarolli
Faculdade Integrado De Campo Mourão – PR

Prof. Dr. Seiji Igarashi
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. Otavio Jorge Grigoli Abi Saab
UEL – Londrina – PR

Londrina, 12 de março de 2009.

DEDICATÓRIA

A todos que me são caros, por obra do destino ou pela benção da escolha...

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar e me dar sabedoria em todos os momentos de minha vida.

A minha família e verdadeiros amigos que jamais deixaram de medir esforços para o alcance desta vitória pessoal e profissional.

Ao meu orientador Professor Doutor Otavio Jorge Grigoli Abi Saab pela orientação, amizade e dedicação.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pela bolsa e a taxa de bancada concedidas na fase inicial do curso de doutorado.

A Faculdade Integrado de Campo Mourão, corpo docente, corpo discente e FUNADESP respectivamente pela oportunidade de ingresso na docência do curso de agronomia; equipe que apóia e é solidária; combustível e reconhecimento necessários para a missão de ensinar e principalmente aprender; bolsa de capacitação concedida para o término de meu curso de doutorado.

À sociedade por permitir a execução deste curso na Universidade Estadual de Londrina, aonde se fazem jus os impostos recolhidos e bem aplicados.

Ao corpo discente da Universidade Estadual de Londrina pela presteza e ajuda concedida de forma harmoniosa e dedicada.

A todos (as) os (as) sábios (as) e conhecedores (as) Mestres, Doutores, Pesquisadores e Professores de Agronomia que contribuíram de forma indispensável para minha formação.

Especialmente aos magnânimos professores, doutores Augusto Guilherme de Araújo; Donizeti Aparecido Fornarolli; Marco Antônio Gandolfo; Nádia Cristina de Oliveira; Ricardo Ralisch; Seiji Igarashi que de forma solícita e mui graciosamente acolheram o convite para compor essa banca, assim como aqueles que me confiaram a aprovação no exame de qualificação, abrilhantando e valorando tão importante momento de minha vida.

"A descoberta consiste em ver o que todo mundo viu
e pensar o que ninguém pensou."

A. Szent-Gyorgyi

BALAN, Marcelo Gonçalves. **Diagnóstico e proposta de descrição metodológica para trabalhos técnico-científicos que tratam da avaliação do efeito da aplicação de produtos fitossanitários**. 2009. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

RESUMO

O controle químico é uma ferramenta viável e praticamente indispensável no manejo/controlado de pragas, doenças e plantas daninhas. O seu uso tem contribuído para a agricultura garantindo a expressão de seu potencial produtivo, baixando os custos e melhorando a qualidade dos alimentos, mas detalhes insuficientes sobre os métodos de aplicação de produtos fitossanitários têm sido observados na maioria das publicações científicas que tratam da aplicação desses. Através de levantamento de 600 trabalhos científicos classificados, preferencialmente, pelo critério Qualis (publicações nível A), sendo 300 nacionais e 300 internacionais, fez-se o apontamento da presença ou ausência de informações básicas sobre o método de aplicação. Observou-se que as descrições mínimas requeridas sobre a técnica de aplicação de produtos fitossanitários não tem sido atendidas. Para os parâmetros analisados: tipo de ponta, seu ângulo de pulverização, espectro de gotas formado, a pressão de trabalho, a taxa de aplicação, a concentração de ingrediente ativo, distância e posição da ponta em relação ao alvo, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, foi observada, para todos os trabalhos, a presença da informação que referencia a taxa de aplicação utilizada ($L\ ha^{-1}$). Destacam-se expressivamente as insuficiências de descrição sobre o espectro de gotas formado pela pulverização; pressão de trabalho; concentração da calda; distância e posição das pontas de pulverização em relação ao alvo e condições meteorológicas nas aplicações representadas pela temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Para alterar essa realidade observada, e resgatar a devida importância da técnica de aplicação, é proposta uma descrição metodológica simplificada para a aplicação de produtos fitossanitários (herbicidas, fungicidas e inseticidas). A utilização da proposta de descrição metodológica mínima é plausível e pode favorecer o reconhecimento da importância da tecnologia de aplicação utilizada nos tratamentos fitossanitários. Também facilita a determinação da melhor técnica a ser utilizada em sua aplicação, permitindo sua repetibilidade e conseqüente evolução tecnológica.

Palavras-chave: Pontas de pulverização. Espectro de gotas. Pressão de trabalho.

BALAN, Marcelo Gonçalves. **Diagnosis and methodological description proposal for scientific technological works that deal with the assessment of the effect of pesticides application.** 009. 111 f. Thesis (Doctor's degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

ABSTRACT

Chemical control is a viable tool and practically essential in the management/control of plagues, plant diseases and weed. Its use has contributed for agriculture, assuring the expression of its productive potential, lowering costs and improving food quality, but insufficient details on application methods have been observed in most scientific publications that deal with their application. By means of a survey with 600 classified scientific works, preferably, by Qualis criterion (level A publications), being 300 national and 300 international, the presence or absence of basic information on the application method was pointed out. It was observed that the minimum technical descriptions required on herbicides, fungicides, insecticides application have not been reported. As for the analyzed parameters, that is, type of nozzle, its spray angle, formed droplet spectrum, operation pressure, application rate, concentration of active ingredient, distance and position of the nozzle in relation to the target, air temperature, relative air humidity and wind speed, it was observed, for all of the works, the presence of the information that refers to the application rate used ($L\ ha^{-1}$). It is emphasized in a meaningful way the lack of description on the droplets spectrum formed by pulverization; operation pressure; spray solution concentration; distance and position of the spray nozzles in relation to the target and meteorological conditions in the applications represented by temperature, relative air humidity and wind speed. In order to change this observed reality and recover the proper importance of the application technique, it is proposed a simplified methodological description for the application of pesticides (herbicides, fungicides and insecticides). The use of the minimum methodological description proposal is plausible and can favor the recognition of the importance of the application technology used in the pesticides treatments. It also facilitates the determination of the best technique to be used in its application, enabling its repeatability and consequent technological evolution.

Key-words: Spray nozzles. Droplets spectrum. Operation pressure.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 CONTROLE QUÍMICO	13
2.2 PULVERIZAÇÃO/APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS VIA LÍQUIDA	16
2.3 ALVO BIOLÓGICO	17
2.3.1 Interação Produto/Alvo.....	18
2.4 FORMULAÇÕES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS	19
2.5 AGENTE DILUENTE DAS FORMULAÇÕES.....	23
2.5.1 Classificação dos Volumes de Aplicação	23
2.5.2 Qualidade da Água nas Pulverizações.....	24
2.6 PONTAS DE PULVERIZAÇÃO.....	26
2.6.1 Parâmetros Usuais para o Estudo de Gotas	28
2.7 COBERTURA DO ALVO	30
2.8 EVAPORAÇÃO.....	33
2.9 INTERFERÊNCIAS DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS	35
2.10 CLASSIFICAÇÃO DAS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	39
2.11 A DERIVA – TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO	47
3 ARTIGO A – DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE DESCRIÇÃO METODOLÓGICA PARA TRABALHOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS QUE TRATAM DA AVALIAÇÃO DO EFEITO DA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS	54
3.1 RESUMO.....	54
3.2 INTRODUÇÃO	55
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	58
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
3.5 CONCLUSÕES	67

4 ARTIGO B – DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE DESCRIÇÃO METODOLÓGICA PARA TRABALHOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS QUE TRATAM DA AVALIAÇÃO DO EFEITO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS	68
4.1 RESUMO	68
4.2 INTRODUÇÃO	69
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	72
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
4.5 CONCLUSÕES	80
5 ARTIGO C – DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE DESCRIÇÃO METODOLÓGICA PARA TRABALHOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS QUE TRATAM DA AVALIAÇÃO DO EFEITO DA APLICAÇÃO DE INSETICIDAS	81
5.1 RESUMO	81
5.2 INTRODUÇÃO	82
5.3 MATERIAL E MÉTODOS	85
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
5.5 CONCLUSÕES	94
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
7 CONCLUSÕES GERAIS	96
REFERÊNCIAS	97

1 INTRODUÇÃO

Para o assunto a ser tratado devemos ter inicialmente de maneira clara, simples e objetiva, uma definição do tema amplo “Tecnologia” para que se possa praticá-la de forma coerente, com o mínimo de impactos indesejáveis e de forma mais compreensiva possível.

Tecnologia pode ser definida como uma ferramenta importante para estender nossas habilidades ou ainda como uma aplicação da ciência. A definição das responsabilidades das áreas da tecnologia aplicada está intimamente relacionada à sua origem, ou seja, de onde nasce a tecnologia. Através das necessidades e dificuldades enfrentadas a utilização das tecnologias tem influenciado e participado de forma imprescindível na evolução da humanidade. Essa constatação é ponto pacífico e, com as melhorias e contínuos aperfeiçoamentos, pode-se observar a ininterrupta substituição e adequação das diversas tecnologias de forma interativa, onde uma determinada tecnologia acaba ajudando no desenvolvimento de outra.

A sensação de que poderíamos, desde que transportados no tempo, ajudar no desenvolvimento de tecnologias de forma mais rápida e eficaz é uma constante e cada qual tem sua própria opinião em relação à qual invenção e apropriação da tecnologia, mudaram os rumos da humanidade. A dificuldade na previsão do sucesso de uma nova tecnologia é o grande divisor entre o vulto de investimentos apenas em idéias daqueles que são apropriados para as tidas idéias promissoras.

Na busca da resposta do porque usamos a tecnologia, faz-se necessário sua categorização: Ciência, saúde humana, comércio, etc. Esses exemplos e necessidades de apropriação mostram que todos acabam, indistintamente, provocando o aparecimento de novas tecnologias, sendo influenciadores diretos nas tecnologias do futuro.

Para os consumidores finais é notório que a tecnologia cresceu muito, mas tornou-se mais complexa também. Às vezes as partes individuais são fáceis de entender, entretanto, de maneira geral isso não acontece. Há uma dificuldade, para quem adquire um novo equipamento, por exemplo, em se avaliar se o mesmo é bom ou ruim.

Não se pode desprezar o fato de que algumas tecnologias poluem o ambiente, prejudicam os animais, as plantas e as pessoas. O ambiente pode pagar um alto custo para que determinadas pessoas adquiram o seu benefício.

A tecnologia, portanto muda a forma como se vive, aprende, trabalha, e o que se espera e acredita.

No contexto agrônomo, e especificamente na área de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, têm-se de um lado o aumento da demanda de produtos de origem vegetal conhecidos com qualidade e competitividade e por outro, a necessidade de controle efetivo, com o mínimo de possibilidade de agressão ao meio ambiente e à saúde humana, de agentes nocivos ao desempenho máximo agrônomo representado pelas plantas daninhas, doenças e pragas.

Dentre os inúmeros manejos possíveis desses agentes nocivos, destaca-se o controle químico através da aplicação de produtos fitossanitários e as diversas tecnologias desenvolvidas para esse fim. Aqui a "tecnologia" consiste na aplicação dos conhecimentos científicos a um determinado processo produtivo. Dessa forma, entende-se como "Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários" o emprego desses conhecimentos de tal forma 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 (MATUO et al., 2006).

Numa pulverização deve-se levar em consideração a importância das diversas interações entre alvo a ser atingido, tipo de gotas desejadas, equipamento disponível, orientação e posicionamento dos bicos, velocidade do vento, temperatura, umidade relativa do ar, estabilidade e modo de ação do produto, tempo e custo da aplicação. A redução do volume aplicado e número de pulverizações realizadas com a preocupação de manutenção e melhoria da qualidade de deposição com o controle efetivo de plantas daninhas, doenças e pragas considerando a qualidade do produto final, redução do risco de contaminação do operador e do ambiente é o que norteia e desafia os estudos voltados à tecnologia de aplicação.

Apesar de todas essas considerações e esforços para uma prática mais segura e eficiente de pulverização de produtos fitossanitários, observa-se que ainda é dada muita importância ao produto fitossanitário e pouca à técnica de aplicação (HISLOP, 1991; CUNHA et al., 2003).

Para Ramos (2001) o desconhecimento dos conceitos de aplicação de produtos fitossanitários é evidente na literatura científica exemplificando que, com frequência, o volume de calda aplicado é considerado como parâmetro suficiente para caracterizar e proporcionar a repetibilidade de uma aplicação.

Detalhes insuficientes sobre os métodos de aplicação de produtos fitossanitários têm sido reportados na maioria das publicações científicas de acordo com

Matthews (2004). Em seu trabalho (“Como os produtos fitossanitários tem sido aplicados?”) relata que a maioria dos trabalhos científicos não traz informações descritivas suficientes em detrimento aos métodos de aplicação utilizados. Afora o volume de água utilizada para diluição/ aplicação, presente em todas as publicações, o autor destaca falta de informações sobre os tipos de pontas utilizadas, seu ângulo, a categoria do espectro de gotas formada, concentração da calda pulverizada, pressão de trabalho, posição das pontas em relação à cultura, informações sobre a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento o que prejudica a distinção se o que resultou em um tratamento fitossanitário ineficiente foi determinado pelo produto aplicado ou pela técnica inadequada de aplicação. Hoje a eficiência da pulverização depende da acurácia de sua aplicação que pode ser obtida através da integração dos sistemas agrícolas disponíveis.

O objetivo deste trabalho foi o de identificar e verificar a presença ou ausência de descrições metodológicas básicas nas aplicações de produtos fitossanitários em trabalhos científicos nacionais e internacionais. Propor descrições mínimas necessárias para oferecer subsídios técnicos que auxiliem a repetibilidade dos métodos de aplicação de produtos fitossanitários.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONTROLE QUÍMICO

O controle químico é uma alternativa viável para o manejo/controle de pragas, doenças e plantas daninhas. O seu uso tem contribuído para a agricultura garantindo a expressão de seu potencial produtivo e melhorando a qualidade dos alimentos. Para tanto, sua utilização deve ser feita de maneira racional, dentro do contexto mais amplo da proteção integrada de plantas. Minimiza-se assim a contaminação do ambiente, os danos à saúde do homem e o aparecimento de pragas, doenças e plantas daninhas resistentes.

Os produtos fitossanitários afora seu grande impacto econômico são alvos de crescente preocupação em virtude de seu potencial de risco ambiental e à saúde humana (BARCELLOS et al., 1998; CUNHA et al. 2003; MATTHEWS, 2008; ZAMBOLIM et al., 2008). Um exemplo marcante dessa preocupação e empenho ficou claro na reunião ocorrida em 1992, no Rio de Janeiro, a Eco-92, com a presença de 170 países representados por seus chefes de estado. Em documento, firmando compromisso político de responsabilidade pela sustentabilidade do bem estar do ser humano, estabeleceu-se a Agenda 21 que contempla entre suas inúmeras considerações, descritas em seus 40 capítulos, orientações sobre os meios de processo de produção, manejo dos recursos naturais, biodiversidade, biotecnologia e segurança química. Em capítulos específicos trata da promoção do desenvolvimento rural e agrícola sustentável e do manejo ecologicamente saudável das substâncias químicas tóxicas. Especificamente sobre produtos fitossanitários, a Agenda 21 envolve a questão dos riscos e efeitos colaterais desses produtos nos diversos âmbitos de utilização objetivando contribuir para a definição de seu emprego, inclusive das quantidades a serem aplicadas, por profissionais habilitados e treinados (CNUMAD, 1996; BARBIERI, 1997).

Sobre controle químico, em seu trabalho, Cooper e Dobson (2007), discutem e buscam apresentar evidências de suas vantagens com o uso de produtos fitossanitários para a humanidade. Edwards-Jones (2008) analisando esse trabalho afirma que não se pode confundir os benefícios que advém do controle de um agente biológico não desejável em detrimento aos benefícios promovidos pelo uso de produtos fitossanitários para esse objetivo. Segundo esse autor outros métodos de controle são eficientes e, somente quando relevadas as relações custo/benefício para cada situação se pode conseguir destacar as

vantagens de um método de controle em detrimento a outro. Afirma que, em muitos casos, o controle químico oferece sim mais benefícios que outros métodos de controle e essas vantagens estão geralmente associadas à sua facilidade de uso, velocidade, consistência e redução de risco de controle, cabendo à sociedade optar pelo método mais adequado, considerando as variabilidades espaciais e temporais assim como a relação custo/benefício para cada ocasião específica.

Significativas mudanças ocorreram na defesa fitossanitária nos últimos 30 anos, principalmente face ao surgimento de inovações nas técnicas de defesa vegetal. A adoção de cultivos intensivos leva ao aumento da incidência de pragas, doenças e plantas invasoras de importância. Nesse contexto, visando seu manejo e controle, a participação dos herbicidas, fungicidas e inseticidas historicamente tem contribuído em média com 52,73%, 21,54% e 25,73%, respectivamente, do volume total desses produtos fitossanitários comercializados no Brasil no período de 1992 a 2005, contabilizando, nessa mesma ordem, totais de US\$ 16; 6,5 e 7,8 bilhões (SINDAG, 2005) (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Volume de vendas de produtos fitossanitários no Brasil no período de 1992 a 2005

Ano	Herbicidas	Fungicidas	Inseticidas	Total
1992	515,714*	144,827	194,594	855,135
1993	588,384	166,384	195,894	950,662
1994	775,762	211,080	300,246	1,287,088
1995	834,976	227,021	339,028	1,401,025
1996	1,005,112	276,331	375,548	1,656,991
1997	1,214,818	356,304	464,796	2,035,918
1998	1,368,723	436,235	581,693	2,386,651
1999	1,175,933	422,476	596,051	2,194,460
2000	1,300,515	380,418	689,953	2,370,886
2001	1,143,089	362,606	630,773	2,136,468
2002	987,554	360,394	467,849	1,815,797
2003	1,523,735	713,544	725,222	2,962,501
2004	1,830,732	1,388,177	1,066,600	4,285,509
2005	1,735,824	1,089,522	1,180,666	4,006,012
TOTAL	16,000,871	6,535,319	7,808,913	30,345,103
Média**	52,73%	21,54%	25,73%	100%

* valores em Mil US\$;

** Porcentagem de participação média no período de 1992 a 2005;

Fonte: Adaptado de SINDAG (www.sindag.org.br).

As doses de recomendação dos produtos fitossanitários tiveram reduções significativas. Para os herbicidas as doses de recomendação tiveram uma redução de 24 %, quando comparados com os produtos lançados na década de 1970 em relação aos da década anterior e outra redução de cerca de 80% entre os produtos das décadas de 1970 e 1980, e ainda 29% na década de 1990. No período entre as décadas de 60 e 90 os herbicidas apresentaram uma redução expressiva nas doses de recomendação da ordem de 89,11% (Tabela 2.2) (CONCEIÇÃO, 2006; 2008).

Tabela 2.2 – Redução percentual das doses de recomendação de produtos fitossanitários referente às décadas de 60, 70, 80 e 90.

Período	Herbicidas	Fungicidas	Inseticidas
60 – 70	24,51%	64,60%	29,42%
70 – 80	79,61%	39,62%	79,23%
80 – 90	29,25%	54,26%	22,86%
60 a 90	89,11%	90,22%	88,69%

Fonte: Adaptado de Conceição (2008).

Da mesma forma, para os fungicidas e inseticidas também verifica-se que a situação não foi diferente e a Tabela 2.2 demonstra essa redução das doses da aplicação, resultado de trabalho consciente das áreas de pesquisa e da indústria, buscando produtos mais eficientes e ao mesmo tempo menos tóxicos e menos agressivos ao ambiente.

O grande avanço para o desenvolvimento de moléculas com menor toxicidade, combinada com aplicações de doses menores, tem influência direta no menor impacto ambiental. Para Conceição (2008) essa constatação, notadamente para os inseticidas, ficou evidente a partir da substituição dos organoclorados para produtos menos persistentes. O autor chama a atenção para o fato de que, embora com esses avanços, há disponível no mercado de produtos fitossanitários uma gama muito maior de produtos herbicidas e fungicidas, em detrimento aos inseticidas e acaricidas. Em sua análise afirma que a maior preocupação advém da constatação de resistência a esses produtos que, com altos preços para seu desenvolvimento e registro, acabam ficando restritos os novos lançamentos apenas para as culturas de importância mundial. Esse ponto é de fundamental importância para que se tenha uma maior preocupação com a técnica de aplicação de produtos fitossanitários.

Nas décadas de 70 e 80 Himel, Rainey (1974); Graham-Bryce (1975) e Matthews (1983), afirmaram que a aplicação de produtos fitossanitários, tal como se

praticava, não era diferente daquela praticada há 100 anos e se caracterizava por um considerável desperdício de energia e de produto químico.

Fica evidente que a pulverização, com o objetivo de tratamento fitossanitário, depende não somente de produtos de eficiência comprovada, mas sobretudo de uma tecnologia desenvolvida para sua aplicação. A pulverização eficiente e eficaz fica ainda condicionada ao momento de sua realização e a influência dos fatores meteorológicos, biológicos e agrônômicos.

2.2 PULVERIZAÇÃO/APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS VIA LÍQUIDA

As aplicações de produtos fitossanitários por via líquida, geralmente efetuadas na forma de gotas, são genericamente denominadas de processo de pulverização. A eficiência dessas aplicações, contra os agentes causadores de danos nas culturas agrícolas, associada à menor contaminação ambiental e menor custo, depende de diversos fatores, entre eles a utilização de produtos de eficácia comprovada e de uma tecnologia específica de aplicação, em que a máquina se torna o principal fator (RODRIGUES et al. 2003). Essa deve estar em bom estado e apresentando todos os seus componentes funcionais calibrados.

O predomínio e preferência de emprego das técnicas de aplicação baseadas na pulverização hidráulica são devido ao seu amplo espectro de possibilidades de trabalho (TEIXEIRA, 1997). Os equipamentos para esse fim (pulverizadores hidráulicos, turboatomizadores) vão desde os simples costais até os modernos pulverizadores de barra (autopropelidos). Independente de sua complexidade, esses equipamentos têm nas pontas de pulverização, um de seus principais componentes que garantem a qualidade e a segurança da aplicação (TEWARI et al., 1998).

Desta forma, a utilização da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários busca a deposição da quantidade certa de ingrediente ativo no alvo pretendido, com o máximo de eficiência e da maneira mais econômica possível, evitando afetar o mínimo o ambiente (MATTHEWS, 2002). O seu domínio enfatiza também a segurança do aplicador e a redução de seus custos (BAUER; PEREIRA, 2005).

No passado dispensava-se pouca atenção à uniformidade e tamanho de gotas produzidas em aplicações de produtos fitossanitários uma vez que se buscava era o bom molhamento da cultura mediante ao emprego de altos volumes de calda, de acordo com

Carrero (1996) e Matthews (2004). Hoje há tendência de diminuição de volume de calda com a intenção de redução de custos e aumento da eficiência das pulverizações (SOARES; LEÃO, 2008).

Para Christofolletti (1999) é pertinente a consideração distinta entre pulverização e aplicação de produtos fitossanitários. Essa distinção, embora os processos estejam intimamente ligados, apropria um valor para a aplicação que lhe é peculiar - eficiência. Sob a ótica do autor a pulverização é melhor definida como o processo mecânico de geração de pequenas partículas denominadas gotas por um equipamento “pulverizador” capaz de produzi-las, em função de uma determinada pressão exercida sobre a calda, sendo basicamente constituído por um tanque, registro, filtros, bomba, comando, barras e pontas (BALASTREIRE, 2007). Aqui, a função de produção de gotas relaciona-se com a intenção de se obter a máxima cobertura do alvo biológico pretendido (solo, folhas das culturas, folhas da planta daninha, pragas, etc.), com o emprego de um volume mínimo de calda. Com esse raciocínio, teoricamente, quanto menores forem as gotas geradas na pulverização, melhor será a cobertura do alvo para um mesmo volume de calda empregado e por outro lado, para um mesmo grau de cobertura desejado, gotas menores possibilitam a utilização de menores volumes de calda por área tratada com maior concentração do produto na calda.

A definição da aplicação como o processo físico de depositar o produto fitossanitário no alvo definido é mais adequada, segundo Christofolletti (1999).

Partindo do princípio de quanto maior a quantidade de produto depositada no alvo, maior poderá ser a sua ação e a aplicação pode ser avaliada em termos de eficiência através da relação porcentual entre a quantidade de produto depositada no alvo e a quantidade emitida pelo pulverizador. Como o que se busca é a obtenção do máximo efeito do produto então tudo o que foi emitido pela máquina (pulverização efetuada) deverá ser depositado no alvo. Logo a técnica para um bom controle/manejo das pragas, doenças e plantas daninhas está em se colocar a máxima quantidade de produto no alvo com o mínimo de quantidade possível emitida pela máquina.

2.3 ALVO BIOLÓGICO

O alvo biológico, entendido como o agente causal das doenças, as plantas daninhas e as pragas (Velloso et al., 1984), a ser controlado pelos produtos fitossanitários

deve ser prioritariamente definido para que se possa atingir o máximo de eficiência no seu controle/manejo. O produto fitossanitário aplicado deverá exercer a sua ação sobre o alvo definido. Esse efeito desejável pode ser direto ou indireto, caracterizado pelo contato direto do produto no ato de sua aplicação e por sua redistribuição posterior à aplicação, respectivamente e depende da natureza, do modo/mecanismo de ação/sistemicidade ou não do produto fitossanitário, hábito/estágio biológico da praga a ser controlada, sua mobilidade, estágio fenológico/arquitetura da planta alvo e cultura a ser protegida.

Um exemplo dessa importância é destacado por Antuniassi e Baio (2004) afirmando que, o estudo das características dos alvos deve incluir a análise de movimentação das folhas, estágio de desenvolvimento, cerosidade, pilosidade, rugosidade, face da folha e arquitetura das plantas, são fatores fundamentais para a definição da retenção das gotas nas folhas e na própria eficiência de penetração dos produtos fitossanitários nos vegetais.

Qualquer quantidade do produto químico (ou agente de outra natureza) que não atinja o alvo ou não é fixado adequadamente ao mesmo não terá qualquer eficácia e estará representando uma forma de perda (Ramos, 2001; Matuo et al., 2006). Posto isso, ainda hoje é considerada verdadeira a afirmação de Himel (1974) que, em média, 30% do produto aplicado visando às folhas atingem o solo por ocasião da aplicação.

2.3.1 Interação produto/alvo

Os processos de pulverização, afora todos os aspectos técnicos, desde a formação do espectro de gotas até seu transporte e deposição sobre o alvo pretendido interage significativamente com as estruturas vegetais até que venha a apresentar o resultado esperado de manejo/controle. Nesse sentido, para as pulverizações com intuito de controle de plantas daninhas e doenças de plantas, a compreensão da fisiologia da planta que se quer proteger/controlar é de fundamental importância. Mesma importância deve ser dada para o controle de insetos praga e seus estágios de desenvolvimento, hábito alimentar, hábito comportamental e mobilidade dos mesmos. Para esses, Alves e Serikawa (2006), afirmam existem evidências na redução dos problemas relacionados à má distribuição de pulverizações agrícolas e que essas tem sido atribuídas para as aplicações de produtos sistêmicos, uma vez que sua distribuição ocorre por toda a planta através do sistema vascular, aumentando a possibilidade de interação com a praga alvo.

Para o controle de plantas daninhas e doenças, o conhecimento necessário vai desde aquelas estruturas anatômicas externas oriundas da deposição de cutina formando a cutícula na parte aérea das plantas e de tecidos suberizados em suas regiões mais velhas que, impermeabilizantes, dificultam a absorção dos produtos fitossanitários, até a região radical que, em contraste às regiões externas, é permeável o que permite a solução do solo penetrar até a endoderme, banhando todas as células corticais. Antes, porém de aportarem no xilema, a absorção dos produtos fitossanitários tem de vencer a membrana plasmática sendo que a circulação intercelular e sua acumulação no vacúolo ficam condicionadas ainda pelas membranas das organelas e do tonoplasto para, só após, deslocar-se através das paredes celulares e suas inclusões como a cutina. Aqui a diferenciação da absorção dos produtos fitossanitários é maior devido à diferenciação das quantidades de cutina à menor e inexistente nas células jovens das raízes em detrimento às folhas, seguindo o caminhamento pelo apoplasto com posterior penetração na região protoplasmática (simplasto). A partir daí, com movimento acropetal os produtos atingem as nervuras terminais das folhas ficando livres para caminhar nos espaços livres das células do córtex da raiz/mesófilo foliar. No citoplasma das células foliares o movimento é dificultoso e ocorre de uma célula à outra via simplasto tendo de vencer a cutícula que é constituída de uma matriz de pectina que recobre a epiderme da folha (RODRIGUES, 2003).

Essa realidade e íntima relação da tecnologia de aplicação e a fisiologia vegetal tem aspecto de grande importância, pois tem inferência nos resultados da aplicação de produtos fitossanitários. Ainda, Rodrigues (2003) elenca os fatores que afetam a absorção dos produtos fitossanitários inerentes à folha (Estrutura, estado de hidratação, idade e crescimento); aos fatores externos (Concentração da solução, aeração, temperatura, umidade relativa/disponibilidade de água no solo e luz) destacando a necessidade de melhor compreensão do funcionamento da translocação de substâncias nas plantas.

2.4 FORMULAÇÕES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

Os ingredientes ativos, mesmo em concentrações baixas, são capazes de controlar pragas, doenças e plantas daninhas. Para que possam exprimir o seu efeito necessitam ser formulados com o emprego de substâncias biologicamente inertes. O emprego desses inertes tem a finalidade de possibilitar a distribuição uniforme de pequenas

quantidades do ingrediente ativo. Conceição (2008) afirma existir a necessidade de formulação porque, de maneira geral, os ingredientes ativos não podem ser aplicados diretamente nas culturas-alvo por serem, em sua maioria, insolúveis em água, possuírem altas concentrações, o que dificulta a precisão em baixas doses e pelo fato de suas características físicas, como o ponto de fusão, fluidez, viscosidade, impossibilitarem o uso de equipamentos de aplicação. Prevalece nesse contexto a definição de Costa et al. (1974), de que a formulação de um agroquímico consiste em preparar os seus componentes ativos na concentração adequada através da adição de substâncias coadjuvantes, permitindo que o produto final seja disperso sob determinadas condições técnicas de aplicação, cumprindo de maneira eficaz a sua finalidade biológica e ainda, conservando essas condições durante o seu armazenamento e transporte. O produto resultante do ato de formular denomina-se formulação ou preparado comercial.

As Tabelas 2.3 e 2.4 apresentam as formulações (preparados comerciais) utilizadas para diluições em água e breve descrição dos principais tipos de adjuvantes utilizados nos produtos fitossanitários, respectivamente.

Tabela 2.3 – Formulações para diluições em água (CONCEIÇÃO, 2008).

Formulação	Sigla	Descrição
Concentrado dispersível	DC	Formulação líquida homogênea para aplicação como dispersão, após diluição em água.
Concentrado emulsionável	EC	Formulação líquida homogênea para aplicação após diluição em água, sob a forma de emulsão.
Concentrado solúvel	SL	Formulação líquida homogênea, para aplicação após diluição em água, sob forma de uma solução verdadeira de ingrediente ativo.
Emulsão de água em óleo	EO	Formulação fluida, heterogênea, constituída por uma dispersão de finos glóbulos de uma solução aquosa em uma fase orgânica contínua, para aplicação após diluição em água, sob a forma de emulsão.
Emulsão de óleo em água	EW	Formulação fluída, heterogênea, constituída por uma dispersão de finos glóbulos de uma solução orgânica em uma fase aquosa contínua, para aplicação após diluição em água, sob a forma de emulsão.
Granulado dispersível	WG	Formulação sólida constituída de grânulos, para aplicação sob a forma de suspensão, após desintegração e dispersão em água.
Granulado solúvel	SG	Formulação sólida constituída por grânulos, para aplicação após dissolução de ingrediente ativo em água, sob a forma de uma solução verdadeira, podendo, porém, conter ingredientes

Formulação	Sigla	Descrição
		inertes insolúveis.
Microemulsão de água em óleo	MEO	Formulação fluida, heterogênea, constituída por uma dispersão translúcida termodinamicamente estável de finos glóbulos de uma solução aquosa em uma fase orgânica contínua, para aplicação após diluição em água, sob a forma de microemulsão.
Microemulsão de óleo em água	MEW	Formulação fluida, heterogênea, constituída por uma dispersão translúcida termodinamicamente estável de finos glóbulos de uma solução aquosa em uma fase orgânica contínua, para aplicação após diluição em água, sob a forma de microemulsão.
Pó molhável	WP	Formulação sólida, na forma de pó, para aplicação sob a forma de suspensão, após dispersão em água.
Pó solúvel	SP	Formulação sólida constituída de pó, para aplicação após dissolução de ingredientes ativos em água, sob a forma de uma solução verdadeira, podendo, porém, conter ingredientes inertes insolúveis.
Suspensão concentrada	SC	Formulação constituída por uma suspensão estável de ingrediente ativo num veículo líquido, que pode conter outro ingrediente ativo dissolvido, para aplicação após diluição em água.
Suspensão de encapsulados	CS	Formulação constituída por uma suspensão estável de cápsula contendo o ingrediente ativo, num líquido, para aplicação após diluição em água.
Suspo/emulsão	SE	Formulação fluída e heterogênea, constituída de uma dispersão estável de ingrediente ativo, na forma de partículas sólidas e de finos glóbulos, na fase contínua aquosa, para aplicação após diluição em água.
Suspo/suspensão de encapsulado	SCS	Formulação constituída por uma suspensão estável de ingrediente ativo na forma de partículas sólidas e de cápsulas num líquido, para aplicação após diluição em água.
Tablete	TB	Formulação sólida que se apresenta sob a forma de tabletes, para aplicação após dissolução/dispersão em água.

Tabela 2.4 – Adjuvantes para produtos fitossanitários (CONCEIÇÃO, 2008).

Adjuvantes	Formulação que quando utilizada em conjunto com um produto fitossanitário, melhora a eficácia. As formulações de adjuvantes podem conter substâncias, tais como agentes molhantes, espalhantes, dispersantes, supressores de espuma, penetrantes, reguladores de taxa de evaporação, reguladores de pH, solventes e solubilizantes.
Espalhante	Formulação que reduz a tensão superficial entre duas superfícies limítrofes, líquidas ou sólidas, modificando as propriedades de umectação, dispersibilidade, espalhamento e/ou emulsificação.
Espalhante Adesivo	Formulação que, além das características dos espalhantes, aumenta a adesividade de um agrotóxico no alvo desejado.

Dentre essas formulações para via líquida, que utilizam a água como agente diluente, destacadas na Tabela 2.3, a WP é amplamente empregada para fungicidas, herbicidas e inseticidas por serem mais baratas que seus equivalentes e substitutos (EC; SC). Vale a consideração de que a técnica de aplicação pode ser prejudicada pela dificuldade em sua diluição (necessidade de se preparar uma pré-mistura) cuja calda formada possui características abrasivas e, especialmente quando o agente diluente apresenta alto grau de dureza, provoca desgastes acentuados nos equipamentos de aplicação. Para a formulação EC, utilizada comumente em inseticidas e em alguns herbicidas e fungicidas, é evidente sua maior facilidade de manuseio (volume) e estabilidade (emulsão mais estável que suspensão) quando comparada aos WP, não sendo abrasiva, com baixa necessidade de agitação, sendo apenas limitada pelo maior custo graças aos adjuvantes em sua composição. A formulação SC vem em substituição às dificuldades com o manuseio e preparo da calda de PM e tem se popularizado entre os herbicidas e fungicidas (MATUO et al., 2006).

Considerando o desempenho agrícola das pulverizações, Hewitt (2008) destaca que as propriedades físicas da calda afetam significativamente a qualidade da pulverização através da adição de adjuvantes. Esses elementos adicionais podem ter a função de melhorar o espalhamento, captação e retenção da calda pulverizada, aumentar a massa das gotas de pulverização e/ou reduzir as taxas de evaporação. Esse efeito, afora sua relação com o tipo de ponta de pulverização, ângulo de projeção, variam com a composição química da calda, sua pressão de bombeamento e agitação. O autor relata que, embora com a disponibilidade de informações de alguns parâmetros estudados como a tensão superficial e viscosidade, muito tem de ser explorado cientificamente sobre as propriedades físicas da calda e seu desempenho em detrimento à enorme quantidade de combinações e misturas de

produtos fitossanitários e adjuvantes possíveis, disponíveis para uso nas pulverizações comerciais.

2.5 AGENTE DILUENTE DAS FORMULAÇÕES

A aplicação via líquida, com o emprego de água como diluente é o método mais utilizado nas aplicações de produtos fitossanitários. É nela que se dilui a formulação obtendo-se uma calda com o ingrediente ativo na concentração apropriada/recomendada para aplicação.

Seu “baixo custo” de obtenção, enquanto diluente, coloca a água em uma condição privilegiada, mas a tendência atual, devido ao seu alto custo de transporte ao campo e a perda do tempo representada pelas constantes interrupções e deslocamentos para o reabastecimento do pulverizador, é a prática de modalidades que requerem menor volume de aplicação, visando com isso, diminuir o custo e aumentar a rapidez do tratamento. Essa diminuição do volume de aplicação, por sua vez, implica no emprego de gotas menores ou com a redução da densidade de cobertura do alvo. Nessa condição há de se considerar com atenção, para que se consiga aplicações de qualidade fatores como a manutenção de uma adequada cobertura do alvo, as facilidades de evaporação e deslocamento pelo vento (deriva) (MATTHEWS, 1979; CHRISTOFOLETTI, 1992, 1999).

2.5.1. Classificação dos Volumes de Aplicação

A aplicação de produtos fitossanitários via líquida é classificada pelo volume utilizado em litros (L) por unidade de área (ha) (taxa de aplicação ou taxa de pulverização (CHRISTOFOLETTI, 1999) e podem variar para as culturas como a soja, o milho e o trigo de 5 a 600 L ha⁻¹ conforme proposto por Matthews (1979) (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 – Categoria de aplicação via líquida segundo Matthews (1979)

Designação	Culturas de campo	Culturas arbóreas
	Volume (L ha ⁻¹)	
Volume Alto	> 600	> 1.000
Volume Médio	200 – 600	500 – 1000
Volume Baixo	50 – 200	200 – 500
Volume muito baixo	5 – 50	50 – 200
Volume ultra baixo	< 5	< 50

2.5.2. Qualidade da Água nas Pulverizações

Para Theisen e Ruedell (2004) a qualidade da água, utilizada como diluente veicular para a grande maioria dos produtos fitossanitários aplicados, influencia diretamente o desempenho desses à campo. A qualidade da água pode ser caracterizadas sob dois aspectos básicos:

- Qualidade Física: Quantidade de sedimentos presentes como partículas de argila e matéria orgânica;
- Qualidade Química: Dureza da água e pH.

De acordo com Conceição (2008), a água captada nas zonas rurais geralmente apresenta uma série de sais dissolvidos que podem ser procedentes de constituintes naturais das rochas e do solo e de outras fontes. A quantificação desses sais permite classificar a dureza da água expressa em equivalente de ppm de CaCO₃ (Tabela 2.6).

Tabela 2.6 – Classificação da dureza da água (CONCEIÇÃO, 2008)

Branda	ppm de CaCO ₃	Graus de Dureza, escala alemã (°d)
Muito Branda	< 71,2	< 4
Branda	71,2 – 142,4	4 – 8
Semi Dura	142,4 – 320,4	8 – 18
Dura	320,4 – 534,0	18 – 30
Muito Dura	> 534,0	> 30

Para esse autor a interferência negativa da dureza da água está na interferência direta no equilíbrio das cargas dos agentes tensoativos presentes nos produtos fitossanitários. Essa interferência, principalmente para os tensoativos aniônicos (geralmente sais orgânicos de Na^+ e K^+), promove a formação de compostos insolúveis floculando ou precipitando os componentes da formulação, podendo ocasionar a baixa eficiência do produto fitossanitário assim como o entupimento das pontas de pulverização. Via de regra, salvaguardadas algumas exceções, as águas brasileiras são classificadas como muito brandas a brandas, não ocasionando problemas na aplicação dos produtos fitossanitários.

O pH da água pode interferir diretamente na ação de um ingrediente ativo, pois altas concentrações de H^+ ou OH^- podem resultar em reações ocasionando a redução da concentração do ativo presente na calda de pulverização. Geralmente pH acima de 7,0 (alcalinos) promove a diminuição de eficiência dos produtos fitossanitários (SANCHONETE et al., 2007), da mesma forma pH ligeiramente ácidos (4,5 a 7,0) são os mais indicados para o preparo de calda da maioria dos produtos fitossanitários (CONCEIÇÃO, 2008). Ressalta-se a necessidade de se verificar o pH ideal para cada produto fitossanitário a ser empregado e, na necessidade de redução do pH da calda, pode-se recorrer ao acréscimo de pequenas quantidades de ácidos clorídrico, fosfórico ou cítrico.

Os herbicidas de amplo emprego como glyphosate, 2,4-D amina, paraquat, sethoxydim, clethodim, bentazon, chlorimuron-ethyl e imazethapyr podem ter sua eficiência afetada quando aplicados com águas duras e calda com pH alcalino. Para Souza e Velloso (1996) os herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, notadamente o imazethapyr e o imazapyr, quando o pH da água utilizada no preparo da calda situa-se na faixa de 4,0 a 4,5, têm sua absorção foliar aumentada. Essa observação também é válida para outros herbicidas, como o glyphosate.

Em trabalho testando a influência da qualidade química da água utilizada no preparo da calda de fonte mineral, de açude e de poço artesiano em condição natural e acidificada com ácido cítrico até pH 4,5, na eficiência do imazethapyr + imazapic no controle de arroz vermelho e na sua seletividade à cultura do arroz irrigado, Sanchonete et al. (2007), concluíram que os tratamentos indistintamente, quando com água de pH 4,5 proporcionaram maior eficiência da mistura herbicida testada do que em águas alcalinas (pH 9,4 e 8,7), todos os tratamentos herbicidas causaram intoxicação às plantas do arroz cultivado sendo que nos tratamentos em que se utilizou água alcalina, foi observada uma recuperação mais rápida da cultura.

2.6 PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

Principal componente do bico de pulverização e último componente do circuito hidráulico de pulverização sendo responsável pela emissão da calda ao alvo pretendido na forma de espectro de gotas formado. Esse rompimento da calda em gotas, na pulverização hidráulica, é devido a pressão de trabalho exercida à calda de pulverização pelo equipamento pulverizador. A pressão é uma grandeza física que expressa a relação que uma determinada força exerce por área. Em seus estudos sobre o comportamento dos líquidos submetidos à pressão, Pascal concluiu que a pressão aplicada a um líquido encerrado num vaso se transmite, sem qualquer diminuição, a todo ponto do fluido e as paredes do vaso. Essa tese, que ficou conhecida como “Princípio de Pascal” permitiu a elaboração das leis da hidráulica e, conseqüentemente, do método de pulverização empregado na aplicação de produtos fitossanitários. A caracterização da pressão em uso corrente na comunidade internacional é o kilopascal (kPa) (TIPLER, 1991). Outras unidades de pressão comumente empregadas são o bar, libra força por polegada quadrada (lbf pol^{-2}) ou psi (pound per square inch) e kilograma força por centímetro quadrado (kgf cm^{-2}) onde $1 \text{ bar} = 14,22 \text{ lbf pol}^{-2} = 100 \text{ kPa}$ e $1 \text{ kgf cm}^{-2} = 14,56 \text{ lbf pol}^{-2}$ (psi).

Nos bicos, o líquido sob pressão (fonte de energia potencial para a formação das gotas) passa pela peneira e por fim o orifício da ponta, produzindo uma película que vai aumentando gradativamente a sua superfície e conseqüentemente diminuindo a espessura, até romper-se em pequenas gotas (MATUO et al., 2006). Esses autores definem quatro funções fundamentais das pontas hidráulicas de pulverização e suas relações: 1) Determinam a vazão (L min^{-1}) em função do tamanho do orifício, características do líquido e pressão; 2) Promovem a distribuição em função de seu modelo, características do líquido pulverizado e pressão; 3) Definem o tamanho de gotas formadas em função de seu modelo, características do líquido, vazão e pressão de trabalho; 4) Caracterizam a velocidade inicial das gotas em função de seu modelo, pressão e ângulo de projeção.

Sidahmed (1998) já definia as pontas de pulverização como um dos componentes mais importantes dos pulverizadores hidráulicos, por determinar as características do jato emitido, regular a vazão e determinar o tamanho das gotas e, além de fragmentar a calda em pequenas gotas, tem também a função de distribuí-las sobre o alvo.

Quanto à forma do jato e distribuição, as pontas se dividem em pontas de jato cônico, com orifício e deposição circular podendo ser de cone vazio (predominantes) ou

cone cheio, e de jato plano com orifício em forma de fenda originando jato em forma de leque e com deposição linear (MATUO et al., 2006). Segundo Christofolletti (1992), as pontas de jato cônico foram amplamente utilizadas devido a sua formação de gotas menores de maior potencial de penetração. Entretanto, a partir do surgimento das pontas de jato plano do tipo leque, esse conceito começou a ser alterado.

As pontas de jato leque produzem um jato em um só plano e podem ser de deposição contínua, quando a distribuição do líquido na faixa de deposição é uniforme e pode ser de deposição descontínua, quando a deposição é maior no centro da faixa decrescendo simetricamente para os bordos. As pontas de deposição contínua, conhecida como ponta “Even” são indicadas para aplicações em faixa, sem haver superposição com as pontas vizinhas. A ponta de deposição descontínua é recomendada para ser uso em série, montada em barra, sobrepondo-se o jato com as pontas vizinhas. Matuo et al. (2006) descrevem que os ângulos mais comuns são de 80 e 110 graus (também de 65° e 95°) e as vazões são variáveis. Os bicos “Even” estão sendo introduzidos no Brasil, adaptados nas máquinas semeadoras para aplicação conjugada, na operação de plantio, para aplicação de herbicidas apenas na linha de plantio. Além do jato leque, as pontas de jato plano ainda podem ser discriminadas em pontas de jatos de impacto, também chamadas de leque defletor. Essas pontas são de alta vazão e grande angulação produzindo ângulos maiores que as do leque comum podendo chegar até a 130°.

Na atualidade já se pode contar com pontas de baixa deriva com pré-orifício onde as de jato plano passaram a criar gotas maiores e menos sujeitas a deriva. Podem-se ter ainda pontas com indução de ar que geram gotas grandes reduzindo ainda mais o risco de deriva. As pontas de jato cônico, portanto podem ser substituídas pelas de jato plano simples ou de jato plano duplo leque, com ou sem injeção de ar, que possui dois orifícios idênticos produzindo um leque voltado para frente e outro para trás em relação ao plano transversal do deslocamento da máquina com produção de gotas de tamanho menor quando comparado a uma ponta de jato leque de vazão equivalente, mantendo-se a mesma eficiência (BOLLER et al., 2003). Christofolletti (1992) ressalta que a angulação do jato tende a ser mais incisiva na penetração e cobertura do produto no dossel inferior da cultura, condição indispensável, por exemplo, na aplicação de fungicidas.

Outros trabalhos buscam exaustivamente a avaliação das pontas de pulverização existentes e seu comportamento sob condições técnicas de uso específicas (CUNHA; TEIXEIRA, 2001; BAUER; RAETANO, 2004b; VOLL et al., 2004). Cunha e Ruas (2006), considerando esses trabalhos, afirmam que, embora os esforços para essas

avaliações sejam grandes, alguns tipos, como por exemplo, as pontas de jato plano duplo com indução de ar, de alto potencial de uso, têm seu desempenho operacional ainda desconhecido, necessitando de maiores estudos.

As pontas são componentes essenciais no sucesso da aplicação de produtos líquidos. Segundo Butzen et al. (2005) por controlar a quantidade e a uniformidade da aplicação, as pontas de pulverização determinam a cobertura da aplicação de produtos fitossanitários.

2.6.1 Parâmetros Usuais para o Estudo de Gotas

Os parâmetros mais utilizados para se representar o tamanho das gotas de um conjunto, são os seguintes:

a) Diâmetro mediano volumétrico (DMV)

É a mediana do volume das gotas. É o diâmetro da gota expresso em μm que divide o volume pulverizado em duas metades iguais, isto é, metade do volume pulverizado é constituída de gotas maiores que o DMV e a outra metade é constituída de gotas menores que esse valor. O valor do DMV está situado mais próximo do limite superior das classes de diâmetro pois, o volume de poucas gotas grandes equivale ao de muitas e muitas gotas pequenas (MATUO, 1990; MATUO et al., 2006).

b) Diâmetro mediano numérico (DMN)

É a mediana do número de gotas. Também expresso em μm , é o diâmetro da gota que divide o número de gotas em duas porções iguais, isto é, metade das gotas de conjunto é maior que DMN e a outra metade, menor. Desta forma, o valor do DMN será

necessariamente menor ou igual ao DMV, pois a medida independe de volume e as gotas pequenas são numeradas da mesma forma que as grandes.

c) Coeficiente de dispersão

Proposto por Johnstone (1978, apud MATUO et al., 2006) é dado pela razão:

$$r = \frac{DMV}{DMN}$$

Expressa a uniformidade do conjunto de gotas ou o espectro de variação do tamanho das gotas. O valor de r para gotas totalmente homogêneas, de acordo com essa proposta é igual a 1,0 já que, em se tratando de um conjunto de gotas iguais, qualquer gota divide esse em duas metades iguais. À partir desta razão considera-se que quanto mais o valor de “r” se afastar de 1,0 indica maior heterogeneidade das gotas. Até o valor de $r < 1,4$, o conjunto de gotas é considerado homogêneo. Diz-se neste caso que o espectro de gotas é estreito.

d) Amplitude de dispersão (SPAN)/ Amplitude relativa (AR)

É outra forma de se expressar a uniformidade das gotas e mais empregado nos dias atuais. É dado pela fórmula:

$$SPAN(AR) = \frac{D_{v0,9} - D_{v0,1}}{D_{v0,5}}$$

onde:

$D_{v0,1}$ = diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 10% do volume;

$D_{v0,9}$ = diâmetro da gota abaixo do qual os volumes acumulados totalizam 90% do volume;

$D_{v0,5}$ = valor do DMV.

Numericamente, quanto maior o valor da Amplitude Relativa, maior será a faixa de tamanho de gotas da pulverização. Da mesma forma, pulverizações que tendem à homogeneidade, têm valores de AR tendendo a zero (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Um exemplo da utilização desses parâmetros pode ser verificado em trabalho realizado por Cunha et al. (2003), buscando o controle da deriva. Trabalhando com pontas de jato plano (com e sem adição de óleo à calda de pulverização) e pontas de jato plano antideriva com pré-orifício, observaram, para as pontas de jato plano padrão sem adição de óleo à calda, um alto potencial de risco de deriva, mesmo com pressão de 200 kPa. Nessa pressão essa ponta apresentou DMV de 164 μm e com adição de óleo o valor aumentou para 297 μm , no entanto, as gotas ainda foram menores quando comparadas com a ponta antideriva a qual apresentou DMV de 322 μm . Também observaram que a amplitude relativa do tamanho de gotas foi menor com a adição de óleo na ponta jato plano e ponta anti-deriva, comparando com a ponta padrão sem óleo, onde um espectro de gotas homogêneo tem valor da amplitude relativa tendendo à zero. Os valores de DMV e amplitude relativa devem ser analisados conjuntamente para a caracterização da pulverização. Isoladamente, o DMV fornece um valor de referência, sem indicar a dispersão dos dados em torno desse valor. A amplitude relativa indica a homogeneidade do tamanho das gotas.

2.7 COBERTURA DO ALVO

A cobertura de gotas pelos produtos fitossanitários aplicados representa a quantidade de superfície visada (alvo) que é atingida pela pulverização e expressa em porcentagem (VELLOSO, 1984). A cobertura é dada pela fórmula de Courshee (1967, apud MATUO et al., 2006) sendo que, através dela, pode-se calcular a cobertura propiciada pelos tratamentos fitossanitários.

$$C = 15 \times \frac{V \times R \times K^2}{A \times D}$$

onde:

C = cobertura (% da área)

V = Volume de aplicação (L ha^{-1})

R = taxa de recuperação (% do volume aplicado, captado pelo alvo)

K = fator de espalhamento de gotas

A = superfície vegetal existente por unidade de área (ha)

D = diâmetro de gotas (μm)

De forma geral, segundo a fórmula proposta, para se conseguir uma elevada cobertura, devem-se manter altos os valores de volume de aplicação; taxa de recuperação e fator de espalhamento das gotas aplicadas ou manter baixo os valores do denominador.

Através desta constatação espera-se que, uma elevada cobertura pode ser conseguida às custas de grande volume de pulverização (V). Em aplicações a alto volume conseguem-se bom grau de cobertura, mesmo se empregado gotas grandes. Conforme Antuniassi e Baio (2004) e Antuniassi (2005), esta definição de parâmetros como o tamanho das gotas e volume de aplicação depende diretamente da relação alvo/produto fitossanitário.

O aumento da taxa de recuperação (R), em condições normais se consegue utilizando tamanho de gotas mais eficientemente coletado pelo alvo. O fator de espalhamento (K) atua sensivelmente na cobertura (função quadrática). O seu aumento se consegue com a adição de agentes tensoativos que diminuem a força de tensão superficial e fazem com que a gota se espalhe (KISSMANN, 1998).

Além de proporcionar uma maior área de cobertura por gota, a redução na tensão superficial permite que o produto penetre em locais antes impossibilitados como, epidermes com alta densidade de tricomas e aberturas naturais de pragas. No que diz respeito ao denominador, a relação é matematicamente inversa, ou seja, a cobertura será prejudicada com o aumento da área foliar por hectare, mantida as demais condições. Por isso, à medida que a planta cresce e aumenta o índice de enfolhamento devem ser efetuados os necessários ajustes nos outros parâmetros da fórmula, buscando a manutenção da eficácia da aplicação. Balardin et al. (2001), verificaram melhor controle de doenças de final de ciclo com aumento do volume da aplicação à medida que se aumenta o índice foliar. Além do ajuste do volume da aplicação (V), a mudança no tamanho da gota (D) e a adição de adjuvantes à calda beneficiando o espalhamento de gotas (K) são estratégias possíveis.

Garcia et al. (2002), através do acompanhamento do índice de área foliar (IAF) em todos os estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro, utilizando a fórmula proposta por Iamauti (2005), fixaram a taxa de aplicação máxima de fungicida em função do IAF máximo da cultura em 200 L ha^{-1} . Trabalhando com pontas de cerâmica tipo jato cônico vazio JA-1, JA-2 e pontas de Kematal tipo jato plano 110-UF-01, 110-UF-02 em três aplicações fungicidas que foram realizadas nas taxas de aplicação de 60, 90, 135 (calculadas pelo IAF) e 200 L ha^{-1} (conforme recomendação do fabricante) concluíram que os resultados

entre as pontas foram indiferentes e tanto a severidade da doença quanto a produtividade não foram influenciadas pelo método de determinação do volume da calda aplicada, porém quando o volume foi calculado com base no IAF o custo de aplicação foi reduzido em 69%.

Segundo Matthews (2000), na prática a campo, muitos agricultores têm apostado e utilizado a aplicação de produtos fitossanitários utilizando gotas grossas na pulverização buscando a minimização da deriva e a diminuição da contaminação do ambiente. porém este procedimento pode levar ao ineficaz controle da praga, doença ou planta daninha, devido ao fato de gotas grossas proporcionarem menor cobertura do alvo de aplicação, quando comparadas às gotas mais finas assomado ao efeito ricocheteio após a gota atingir a folha, resultando em uma retenção pobre da calda. O autor também descreve que somente o aumento do volume de pulverização pode não proporcionar o controle eficaz, pois o volume de calda por unidade de área que a folha pode reter é limitado.

Hoje há evidências da prática crescente de diminuição nas taxas de aplicação de produtos fitossanitários em pulverizações terrestres. Matthews (2004, 2008) evidencia essa diminuição de freqüentes 500 L ha⁻¹ para volumes inferiores a 200 L ha⁻¹ ressaltando enfaticamente que aprimoramentos na tecnologia de aplicação empregada no campo são requeridos. Portanto, o conhecimento da forma de aplicação torna-se de fundamental importância para garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas. Para isso, é necessário uniformidade de aplicação e espectro de gotas adequado.

Para Matthews (2008) os produtos fitossanitários são aplicados em situações diversas, mas, em cada situação, deve-se considerar a aplicação com a máxima precisão e dosagem ótima, com o mínimo de exposição da substância ativa para o operador. Destaca que o desenvolvimento de novas pontas de pulverização proporciona para os usuários maior flexibilidade, aperfeiçoando a distribuição dos produtos fitossanitários, enquanto diminuem os volumes de pulverização, influenciando as transferências de doses. A dosagem de produtos fitossanitários recomendados pelas empresas detentoras de moléculas é alta, sendo definidas por programas experimentais de ensaios à campo rigorosos e prolongados para garantia de seu registro junto aos agentes regulamentadores. Em muitos casos as taxas de aplicação empregadas são altas até que haja o completo molhamento da cultura alvo e, nesses casos, as doses dos produtos fitossanitários são expressas em quantidade (peso ou volume) por pelo menos um volume de calda de 1.000 L ha⁻¹. Alternativamente essa mesma dosagem é indicada para ser utilizada por unidade de área (ha), ficando o usuário responsável pela decisão do volume a ser aplicado.

Vale a consideração de Matthews (1979) de que, independente da taxa de aplicação, seja ela alta, praticada a volumes altos ou volumes ultra baixos deve-se buscar sempre um boa relação de cobertura dos alvos objetos da aplicação de produtos fitossanitários buscando o seu controle econômico. No primeiro caso, o depósito sobre o alvo é proporcional à concentração da calda e independente do volume aplicado, e no segundo caso é definido como aquele volume mínimo por unidade de área para o controle efetivo, levando em consideração o alvo.

A pulverização buscando o “molhamento” da folha ainda hoje é muito praticada, mas é consensual que a retenção de produto nas folhas é menor quando começa o escoamento. Na prática, o produtor usa o mesmo volume para uma grande variedade de pragas e para vários estádios da cultura (MATTHEWS, 1982; CHAIM, 2004). Em trabalho realizado na cultura da soja, mesmo em volumes diferentes de aplicação (100 L ha⁻¹ e 150 L ha⁻¹), utilizando quatro pontas com diferentes características quanto ao tamanho de gotas e formato do jato de pulverização (TX-VK6 e VK8 (cone vazio), TJ60 11002 e 11003 (jato plano duplo), XR 11002 e 11003 (jato plano de faixa ampliada) e AI 11002 e 11003 (indução de ar)), Antuniassi et al. (2004), mostraram que foi possível estabelecer uma boa cobertura na planta usando gotas finas.

Variando o volume de calda de 50 a 400 L ha⁻¹, na cultura do trigo, Boller et al. (2003) não observou influência dessa variação, para o peso de mil sementes e produtividade, tendo sido significativa a diferença entre os tratamentos e a testemunha sem a aplicação de fungicida.

Avaliando a produtividade e peso hectolítrico na cultura do trigo através do emprego de fungicida em cinco volumes de calda entre 100 e 300 L ha⁻¹ e com variação de 50 L ha⁻¹, Santos et al. (2004) não observaram diferença significativa entre os volumes testados.

2.8 EVAPORAÇÃO

A evaporação está relacionada com o tamanho de gotas produzidas e a condições meteorológicas como temperatura e umidade relativa do ar. Velloso e Souza (1996) relataram que a temperatura do ar acima de 30°C e umidade relativa abaixo de 70% são fatores que favorecem à evaporação das gotas devendo ser monitoradas. A superfície do líquido é enormemente aumentada quando fragmentada em pequenas gotas e perde a porção

volátil por essa superfície. A água, por ser um líquido volátil, pode facilmente se evaporar no trajeto entre a máquina e o alvo pretendido. Ruedell (1995b, 1999, 2002) considera que poucas pesquisas se preocupam com as condições do ambiente nas pulverizações.

Para se ter idéia dessa influência e da importância dessas observações propõe-se o cálculo de vida útil das gotas até sua extinção que pode ser observada na Tabela 2.7. Segundo Amsden (1962, apud MATUO et al., 2006), o tempo de "vida" da gota de água pode ser calculado pela fórmula:

$$t = \frac{d^3}{804T}$$

onde:

t = tempo de duração da gota (segundos);

d = diâmetro da gota (μm);

ΔT = diferença de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) entre os termômetros de bulbo seco e bulbo úmido de psicrômetro.

À medida que a gota perde seu volume por ocasião da evaporação, seu peso (massa) também diminui e automaticamente a sua queda em função da ação da gravidade fica mais lenta (CHRISTOFOLETTI, 1999). Um exemplo do "tempo de vida" e a distância de queda de gotas de três classes diamétricas de gotas distintas podem ser vistos na Tabela 2.7, em duas condições climáticas diferentes, dando a idéia do comportamento das mesmas.

Tabela 2.7 – Tempo de vida e distância de queda de gotas de diferentes tamanhos em duas distintas condições ambientais.

Condições Ambientais	Temperatura = 20°C *(T seco – T úmido) = 2,2°C Umidade Relativa = 80%		Temperatura = 30°C (T seco – T úmido) = 7,7°C Umidade Relativa = 50%		
	Diâmetro inicial (μm)	Tempo até extinção (s)	Distância de queda (m)	Tempo até extinção (s)	Distância de queda (m)
	50	14	0,50	4	0,15
	100	57	8,50	16	2,40
	200	227	136,40	65	39,00

* Temperatura do termômetro de bulbo seco menos a do bulbo úmido.

Fonte: Matthews (1992).

2.9 INTERFERÊNCIAS DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS

As aplicações de produtos fitossanitários sofrem intensa influência das condições do ambiente. Os principais fatores elencados são a temperatura e umidade relativa do ar, umidade do solo, velocidade do vento. Em linhas gerais considerando a região Sul do Brasil, Ruedell (1995a) afirma que normalmente a umidade relativa do ar é deficiente nos meses de novembro a fevereiro no período entre às 10h da manhã e às 18h da tarde, ficando abaixo de 60% que é considerado o valor mínimo para pulverização. De acordo com as recomendações da JACTO (2001) as condições climáticas favoráveis para a pulverização são: vento inferior a 10 km h⁻¹ (para pulverizadores sem jato de ar transportado), temperatura ambiente entre 7 e 30 °C e umidade relativa do ar superior a 50%.

Quando se têm condições favoráveis à evaporação e deriva, como ventos acima de 10 km h⁻¹, temperaturas superiores a 36°C e umidades relativas abaixo de 60 %, deve-se evitar pontas que produzam gotas finas ou médias. Para Ramos e Pio (2008) de forma geral temperaturas superiores a 30 °C e umidade relativa do ar inferior a 55% são consideradas impróprias para a pulverização. Para esses autores a ausência de vento e aquelas velocidades inferiores a 3,2 Km h⁻¹ não são recomendáveis para a prática da pulverização e consideram que a velocidade mais segura para se pulverizar é com vento constante de 3,2 a 6,5 Km h⁻¹ (Figura 2.1).



Velocidade do ar aproximadamente na altura do bico	Descrição	Sinais visíveis	Pulverização
Menos que 2 km/h	Calmo	 Fumaça sobe verticalmente.	Pulverização não recomendável
2,0 - 3,2 km/h	Quase calmo	 A fumaça é inclinada.	Pulverização não recomendável
3,2 - 6,5 km/h	Brisa leve	 As folhas oscilam. Sente-se o vento na face.	Ideal para pulverização
6,5 - 9,6 km/h	Vento leve	 Folhas e ramos finos em constante movimento.	Evitar pulverização de herbicidas
9,6 - 14,5 km/h	Vento moderado	 Movimento de galhos. Poeira e pedaços de papel são levantados.	Impróprio para pulverização

Figura 2.1 – Identificação prática da velocidade do vento para pulverização.

Fonte: Escala de Beaufort adaptada por Ramos e Pio (2008)

A percepção e consideração do alvo são muito importantes, pois dependendo de onde a planta daninha, praga ou doença estão localizadas, havendo necessidade de uma maior penetração na folhagem, sob condições meteorológicas favoráveis de aplicação, pontas que produzam gotas finas ou médias devem ser utilizadas (COUTINHO; CORDEIRO, 2003). Palladini e Souza (2004), trabalhando com turboatomizadores em videiras, verificaram as diferenças negativas nos depósitos de pulverização em diferentes horários e as quantificaram percentualmente (Figura 2.2) verificando menores valores de depósitos sobre as folhas com o aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa do ar. Mesmo sob condições ambientais consideradas adequadas, as diferenças entre a primeira e última condição de aplicação chegaram a 17%.

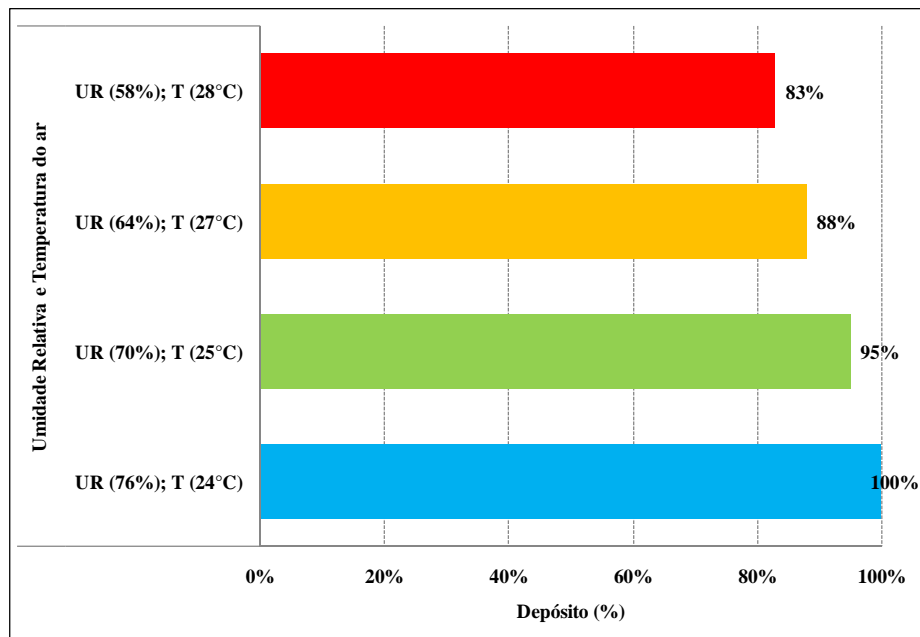


Figura 2.2 – Depósitos percentuais de pulverização sobre folhas de maçã em diferentes condições ambientais no momento da aplicação.

Fonte: Adaptada de Palladini e Souza (2004)

Não menos importante é a consideração sobre o tipo de tratamento pretendido. Antuniassi et al. (2004) afirmam que nas aplicações preventivas de fungicidas, os melhores resultados têm sido obtidos com o uso de gotas finas ou muito finas. Para Oliveira et al. (2008) os resultados para tratamentos fungicidas com objetivo curativo não diferiram quando comparados o emprego de gotas médias em comparação com gotas pequenas. Esse

autor recomenda, na condição do tratamento, o emprego de gotas médias para produtos sistêmicos.

Durante o período em que se realiza uma aplicação, o conhecimento local das condições meteorológicas como, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, torna-se fundamental para orientação e recomendação adequada de tratamentos fitossanitários (MAROCHI; SCHMIDT, 1996). Em seu trabalho, realizado na região dos Campos Gerais, os autores comentam que nas primeiras horas do dia a velocidade do vento é baixa e a partir das 10 horas (h) se eleva sendo que o reinício das aplicações, sob condições aceitáveis, ocorre somente após as 17 h. Com relação à umidade relativa os períodos das 5 h até 11 h e das 18 h até 24 h são favoráveis à aplicação, já os períodos após as 11 h e antes das 18 h apresentam-se com a umidade relativa abaixo de 60 % salientando que esta baixa umidade tem influência direta sobre a vida útil das gotas e atividade dos herbicidas, principalmente para os pós-emergentes.

Avaliando a variação da deposição da calda de pulverização das pontas jato cônico vazio (JA-1), jato plano leque com pré-orifício (ADI 03) e jato plano leque com indução de ar (BJ 03) nas diferentes horas do dia na ausência de vento, Balan et al. (2004), observaram que as pontas de pulverização de jato plano e antideriva não tiveram a deposição afetada pela variação da temperatura e umidade relativa do ar e nem diferiram entre si, mas o mesmo não ocorreu com a ponta de jato cônico vazio onde a variação foi de mais de 100% quando comparados os horários de maior deposição (entre 0:00 e 6:00 horas) com o horário de menor deposição (15:00 e 18:00 horas) (Figura 2.3.). Os resultados reforçam a importância da escolha correta da ponta de pulverização, em função dos fatores meteorológicos como a temperatura e umidade relativa do ar.

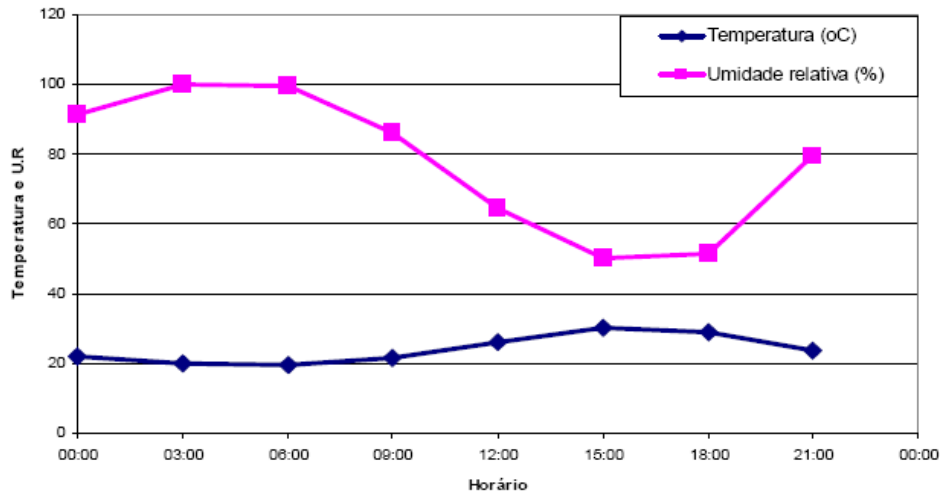


Figura 2.3 – Temperatura e umidade relativa do ar nos respectivos horários de aplicação, realizada em 17/03/2004, na Universidade Estadual de Londrina. (Fonte: Balan et al., 2004).

Outro fator a ser considerado é a presença de orvalho por motivo da aplicação de produtos fitossanitários. Definido por Slatyer e McIlroy (1961, apud MENEGHETTI, 2006) como sendo a deposição de gotas de água por condensação direta do vapor de água do ar, sobre superfícies resfriadas pela radiação noturna que, quando já formado, pode persistir por algumas horas ou ainda o dia todo, embora seja mais freqüente a sua evaporação entre uma ou duas horas depois da condensação cessar. Sob condições favoráveis, a condensação pode iniciar algumas horas antes do por do sol e permanecer por algum tempo depois do nascer do sol podendo afetar significativamente o efeito desejado na aplicação. Marochi (1995) evidencia os efeitos negativos do orvalho em aplicações com herbicidas sistêmicos com intuito de dessecação, onde sua elevada presença associada ao emprego de volumes elevados de calda promoveu perdas do produto por escorrimento. Esse autor cita que a presença do orvalho, na condição de falta de água é benéfica para vários herbicidas pós-emergentes, porém diminui a atividade para outros, pela alta diluição que ocorre antes de sua absorção. Dessa forma, deve-se associar a utilização de pontas adequadas para a aplicação, a fim de reduzir os efeitos desse escorrimento.

Entre os fatores meteorológicos que provocam a deriva o vento é o de maior impacto. Sua velocidade varia ao longo do dia. Fazer a pulverização nas horas mais calmas do dia é uma opção para minimizar a deriva. Em situações de baixa velocidade do vento, pode-se pulverizar com pressões recomendadas para as pontas. À medida que a velocidade do vento aumenta, deve-se reduzir a pressão de pulverização e aumentar o tamanho da gota das pontas com menor tendência a deriva. Recomenda-se medir o vento durante a aplicação utilizando

um anemômetro (CHRISTOFOLETTI, 1999). Para a velocidade do vento considera-se que o limite para uma aplicação segura é de no máximo 10 Km h⁻¹ (AZENHA et al., 1999; SENAR, 1999; SANTOS, 2001; ANDEF, 2004; ANTUNIASSI e BAIO, 2004).

De acordo com a Christofolletti (1999) quando se faz aplicações com a temperatura ambiente acima de 25°C e com baixa umidade relativa do ar as gotas pequenas estão propensas a deriva devido ao efeito da evaporação. Temperatura alta durante a aplicação pode exigir a mudança do sistema de pulverização ou suspensão da aplicação.

A ocorrência de chuvas pode depreciar os depósitos de produtos fitossanitários sobre as superfícies foliares. Dependendo de sua intensidade pode remover esse em um único evento quando comparado a várias ocorrências de menor intensidade e mesmo volume. Segundo Tracker e Young (1999) a chuva natural modifica os depósitos de produtos fitossanitários em plantas por diluição, redistribuição e por remoção. Os fatores mais importantes que afetam a relação entre precipitação e produtos fitossanitários são representados pela intensidade e quantidade da chuva, formulação e solubilidade do produto, intervalo de tempo entre a aplicação do produto e a ocorrência da chuva e o tipo de cultura (CABRAS et al., 2001).

Segundo Husnche (2006), para aplicações foliares de fungicidas, um dos fatores para o sucesso do tratamento fitossanitário depende da retenção de ingrediente ativo na folha e da resistência do depósito de ativo a fatores adversos como a chuva.

2.10 CLASSIFICAÇÃO DAS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

Um dos grandes desafios para a área de tecnologia de aplicação é a normatização de um sistema internacional de padronização para a classificação das pontas de pulverização.

A classificação das pontas de pulverização tem como premissas as funções de definir o espectro de gotas formado mais adequado para os produtos e espécie a ser controlada considerando as características do alvo. Essas informações devem estar contidas no rótulo dos produtos assim como a consideração de se evitar aquelas pulverizações tidas como ambientalmente inaceitáveis (SOUTHCORBE et al., 1997).

Através de análise comparativa da qualidade do espectro de gotas de pontas conhecidas (padrão) com as pontas a serem avaliadas, sob uma pressão conhecida, o *British*

Crop Protection Council (BCPC) trouxe no ano de 1985 uma proposta de classificação para as pontas de pulverização (DOBLE et al., 1985). Essa classificação foi alterada, passando a considerar também o efeito da deriva (SOUTHCORBE et al., 1997). Para esses autores além da classificação das pontas ter como premissa a definição do espectro de gotas formadas considerando a relação entre produto, espécie a ser controlada e as características do alvo, todas essas informações devem estar contidas nos rótulos dos produtos buscando evitar aquelas pulverizações tidas como ambientalmente inaceitáveis. Hewitt et al. (1998) destaca os esforços constantes na padronização da classificação das pontas de pulverização entre Estados Unidos e Europa tendo sido desenvolvido, pela Sociedade Americana de Engenharia Agrícola (ASAE), um padrão de classificação (x572) baseado no esquema de classificação da BCPC, diferenciando-se por propor uma classe de tamanho de gotas a mais (Extremamente Grossas) . O sistema internacional de classificação do espectro de gotas formados e de pontas de pulverização, passa a basear-se então em dois componentes: distribuição do tamanho de gotas e risco de deriva (MILLER et al., 2002). Essa classificação está apresentada, inclusive com os padrões de cores das pontas de pulverização com a norma ASAE S-572 da ASABE (2004) na Tabela 2.8. De acordo com Pereira (2006), Esta norma diz que a classe do tamanho de gotas produzidas por uma ponta (bico) são classificadas como muito finas, finas, médias, grossas e muito grossas. Para se saber que classe de gota é produzida por determinada ponta é preciso comparar o seu DMV aos das pontas de referência, pelo mesmo método de determinação do tamanho das gotas.

Tabela 2.8 – Classes de tamanho de gotas segundo normas ASAE S-572 e BCPC com características correspondentes (DMV e PRD).

Classe da pulverização	Símbolo	Cor	DMV Aproximado (Norma ASAE)	DMV (Norma BVPC)	PRD* (Norma BCPC)
Muito Fina	MF	Vermelha	< 100 µm	< 119 µm	> 57 %
Fina	F	Laranja	100 - 175 µm	119 - 216 µm	20 - 57 %
Média	M	Amarela	175 - 250 µm	217 - 352 µm	5,7 - 20 %
Grossa	G	Azul	250 - 375 µm	354 - 464 µm	2,9 - 5,7 %
Muito Grossa	MG	Verde	375 - 450 µm	> 464 µm	< 2,9 %
Extremamente Grossa	EG	Branca	> 450 µm	-	-

* percentagem do volume pulverizado que pode ser perdido pela deriva (gotas < 150 µm; para Europa (BCPC) – gotas < 141µm).

Em seu trabalho, Matuo (1990) expôs em uma tabela, o tamanho adequado das gotas a serem depositadas em alguns alvos (Tabela 2.9).

Tabela 2.9 – Tamanho de gotas adequado para alguns alvos.

Alvo	Tamanho da gota desejável (µm)	Classe do tipo de pulverização (BCPC)
Insetos em voo	10 a 50	Muito Fina
Insetos na folhagem	30 a 50	Muito Fina
Folhagem	40 a 100	Muito Fina
Solo	250 a 500	Média a Muito Grossa

Fonte: adaptado de MATUO (1990)

Com relação ao tamanho de gotas Ozkan (1994) recomenda, para inseticidas, fungicidas e herbicidas, gotas com classe diamétrica entre 200-300; 100-200 e 250-400 µm, respectivamente. Para a densidade de gotas (número de gotas cm⁻²) muitos trabalhos apontam discrepâncias sobre quais os limites de suficiência para a eficiência do tratamento fitossanitário.

Trabalhando com fungicidas Ozeki e Kunz (1998), ressaltam que a qualidade da cobertura está na dependência direta do diâmetro de gotas. Para esses autores a densidade de 30 a 50 gotas cm⁻² é suficiente para adequada eficiência dos fungicidas sistêmicos e de mais de 70 gotas cm⁻² para os protetores. Marochi e Schmidt (1996); Christofolletti (1999) apontam a necessidade de se trabalhar com 30 a 40 gotas cm⁻² e de 50 a 70 gotas cm⁻² quando utilizando fungicidas sistêmicos e de contato respectivamente, porém Ozeki e Kunz (1998) entendem que para fungicidas de contato há a necessidade de uma densidade maior que 70 gotas cm⁻².

Antuniassi e Baio (2004) evidenciam a importância da densidade de gotas relacionada com a eficiência de ação dos produtos fitossanitários, sendo para inseticidas e herbicidas pré-emergentes desejáveis as densidades entre 20 a 30 gotas cm⁻²; Herbicidas Pós-emergentes: 30 a 40 gotas cm⁻²; Fungicidas sistêmicos: 30 a 50 gotas cm⁻²; Fungicida de contato: > 70 gotas cm⁻².

Dados obtidos por Ugalde (2005), trabalhando com volumes de pulverização de 120 e 160 L ha⁻¹, mostraram uma cobertura de gotas mínima eficiente para fungicida sistêmico na densidade de 45 e 60 gotas cm⁻², respectivamente.

Carrero (1996) estabeleceu o número de gotas cm⁻² em função do tamanho de gotas e volume da calda pulverizada (Tabela 2.10). Esta relação pode ser calculada pela equação 1.

$$n = \frac{60}{\pi} \times \left(\frac{100}{d}\right)^3 \times Q \quad (1)$$

onde:

- n = número de gotas cm⁻²;
- d = diâmetro das gotas (µm);
- Q = volume de pulverização (Litros).

Tabela 2.10 – Número de gotas cm⁻² em função do tamanho das gotas e volume de pulverização.

Diâmetro mediano volumétrico (DMV) (µm)	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)				
	60	80	100	150	200
100	1.146	1.528	1.910	2.865	3.820
150	340	453	566	849	1.132
200	143	191	239	358	477
300	42	57	71	106	141
400	18	24	30	45	60
500	9	12	15	23	31

Fonte: Adaptado de Carrero (1996)

Uma cobertura homogênea pressupõe uma distribuição uniforme, caracterizada por baixos coeficientes de variação da distribuição volumétrica superficial, tanto no sentido longitudinal como no transversal. Esta uniformidade transversal depende da ponta de pulverização utilizada, da sobreposição dos jatos e da posição da barra porta-bicos, em relação ao plano de tratamento (BARTHELEMY et al., 1990).

Uma das formas de quantificar a uniformidade de distribuição numa pulverização é por meio da análise da deposição do produto na área, que é expressa pelo coeficiente de variação (C.V.) obtido dessa análise. Quanto menor esse valor, mais uniforme é a distribuição (CHRISTOFOLETTI, 1997). Assim, segundo Furlanetti (1998), um C.V. de 0% indica que o mesmo volume foi aplicado ao longo de toda a barra de pulverização, ou seja, distribuição com uniformidade absoluta.

Muitos trabalhos destacam a exigência e a recomendação de uniformidade de distribuição utilizada em países da comunidade europeia que, segundo normas de seu comitê de normalização, estabelece um limite aceitável no coeficiente de variação menor do que 7% quando o equipamento trabalha nas condições para as quais foi projetado e de 9% para os trabalhos fora dessas condições. Para Langenakens (1999), um coeficiente de distribuição volumétrica superficial com uniformidade satisfatória deve ser menor do que 10%. Essa observação é importante, pois distribuições desuniformes, abaixo do volume mínimo exigido, produzem um controle insuficiente e quantidades acima causam perdas financeiras, toxidez nas culturas e danos ao ambiente (CORDEIRO, 2001).

Matthews (1992, 2002) afirma que cada ponta possui uma característica própria de distribuição volumétrica e que essa curva tem grande importância na determinação da altura da ponta em relação ao alvo e no espaçamento entre os conjuntos de bicos na barra, devendo haver sobreposição do jato de uma ponta de jato plano descontínua com os adjacentes para conseguir distribuição uniforme do líquido pulverizado. Essas considerações podem variar significativamente ao considerarmos o ângulo de abertura da ponta e a pressão de trabalho imprimida o que resulta em alterações no coeficiente de variação ao longo da barra de pulverização (BAUER; RAETANO, 2004a). Normalmente, o CV é calculado a partir do padrão de distribuição de pontas individuais, simulando-se, então, a sobreposição desses padrões, com exceção de testes oficiais. Assim, os padrões de deposição individual das pontas são determinados em bancadas de prova, onde canaletas realizam a coleta do líquido à distâncias determinadas e o depositam em recipientes individuais (CHAPPLE et al., 1993).

A deposição de produtos fitossanitários normalmente se apresenta de forma irregular e entre os fatores que afetam a aplicação eficiente de defensivos agrícolas por pulverizadores equipados com barras horizontais é a manutenção da barra em uma altura constante do solo durante a pulverização (FEDRIZZI et al., 1995). Kaul et al. (1996), relatou que a deposição e perdas do produto são influenciadas pela velocidade de vento, altura de barra em relação à distância do alvo, espectro ou tamanho de gota, evaporação, largura de trabalho, velocidade de deslocamento do trator, altura da cultura e condições climáticas. O

sucesso de um programa de tratamento fitossanitário, na agricultura, depende fundamentalmente da utilização de produto de eficiência comprovada e de uma tecnologia desenvolvida para sua aplicação, ficando ainda condicionada ao momento de sua realização e à influência de fatores meteorológicos, biológicos e agrônômicos incontroláveis (OZEKI; KUNZ, 1998). Segundo os autores, os modernos conceitos de aplicação de produtos fitossanitários, quatro são os pontos a serem considerados, como fundamentais, para se obter pleno êxito na preservação das colheitas, anulando-se a competição por parte das plantas invasoras: “timing” (ou momento oportuno), cobertura, dose correta e segurança.

Um dos fatores mais importantes na análise de barras de pulverização está ligado à altura de trabalho entre a ponta e o alvo. Esse fator sofre grande influência à medida que a barra tem sido aumentada (oscilações verticais) com a finalidade de aumentar a capacidade de campo operacional. Nesse caso, nessas máquinas, é necessário conter sistemas de auto-equilíbrio (trapézio com par de links em "A" ou "V", suspensão com pivô horizontal, entre outros) bem como sistema de molas e amortecedores próprios para amenizar esses movimentos em função do comprimento das barras e da topografia do terreno. É comum encontrarmos a campo, grandes falhas de aplicação por falta de conhecimento adequado do funcionamento dessas estruturas, principalmente quando a suspensão do pivô central está e por falta de investimentos e manutenção das mesmas. Atualmente, existem sistemas de suspensão ativas que utilizam sensores com ultrassom, ligados a cilindros hidráulicos, que ajustam a altura de barra, garantindo assim melhor uniformidade no campo.

O efeito da altura de barra pode influenciar na qualidade de distribuição da pulverização, sendo o fator mais visível aos olhos dos produtores e operadores. Porém, para os técnicos, o movimento horizontal da barra deve ser analisado com muito critério, já que em alguns momentos, a ponta da barra pode ter velocidade zero causando acúmulo na quantidade de produto aplicada e, no momento seguinte, uma velocidade maior do que a do pulverizador, acarretando uma distribuição menos concentrada que a esperada na calibração do equipamento. Barras maiores são normalmente travadas por um sistema de "mão francesas" ou tirantes que garantem que não ocorra movimento horizontal exagerado (PIO, 1997).

É fato que se o volume aplicado não for adequado e uniforme, tem-se o risco da necessidade de aplicações adicionais para a compensação desses volumes pontuais ou em faixas não tratadas (PERECIN et al., 1998). No Brasil comumente se utiliza o espaçamento entre conjunto de bicos de 50 cm, conhecendo-se a ponta de pulverização e o jato emitido pode-se buscar uma melhor relação entre esse espaçamento e altura mínima da barra em relação ao alvo buscando aquela altura que, dependendo da faixa de pressão de

trabalho, deposite a calda pulverizada de maneira mais uniforme, com menor coeficiente de variação (CHRISTOFOLETTI, 2000; CUNHA; RUAS, 2006).

Maia et al. (2007) buscaram avaliar, em aplicação com taxa de aplicação de 128 L ha^{-1} a uma mesma pressão de trabalho (457,1 kPa), barra de pulverização com 4 pontas espaçadas entre si e distantes do alvo em 0,50 m, velocidade do vento de 3,5 a $4,5 \text{ km h}^{-1}$, umidade relativa do ar de 58% e temperatura de $27 \text{ }^\circ\text{C}$, a uniformidade de distribuição de três pontas de pulverização. A uniformidade das pontas utilizadas (cônica com ângulo de 85° , marca Magno (MAG-5, verde); leque com ângulo de 80° , marca Lechler (IDK 120-04) e leque duplo de jato plano com indução de ar, marca Magno (ADIA 04-D)), foram aferidas em mesa de distribuição com 20 canaletas. Os autores concluíram que o tipo de ponta influenciou a uniformidade na distribuição do produto. Para as pontas cônicas não foi verificada uma distribuição uniforme ao longo da barra do pulverizador sendo que esse resultado pode ter sido causado pela altura da barra do pulverizador, o espaçamento entre pontas e a pressão. As pontas tipo leque forneceram uma adequada uniformidade, porém, variável em função da posição de coleta da mesa de distribuição, podendo ser melhorada com alteração do direcionamento da ponta. Estes resultados indicam que a uniformidade na distribuição, utilizando-se essas pontas, foi adequada e que, na calibração do pulverizador, além de se medir a vazão, é necessário ainda verificar o direcionamento do jato com base no perfil de distribuição. As pontas tipo leque duplo com indução de ar foram as que apresentaram a melhor uniformidade na distribuição ao longo da barra do pulverizador.

Nordby e Skuterud (1974) ao estudar os efeitos da altura de barra, pressão de trabalho e velocidade do vento sobre a deriva observaram que sob condições ideais, e com equipamento de pulverização corretamente ajustado, o total de deriva era de 1,4% de volume de calda aplicado e sob condições desfavoráveis, e com ajustes errados do pulverizador (altura de barra e pressão) a deriva foi de 37%. Os autores concluíram que as pulverizações no campo não deveriam ser realizadas em velocidades de vento a mais de 3 m s^{-1} , a altura de barra deveria ser aproximadamente 40 cm, e a pressão de trabalho não deveria exceder 2,5 bar.

O comportamento dinâmico do sistema global da pulverização é composto pelas características da ponta de pulverização, dinâmica dos pulverizadores de barra e dinâmica do sistema trator e pulverizador (IYER; WILLS, 1978).

As distribuições da pulverização obtidas com um pulverizador de barra podem ser severamente perturbadas por vibrações da barra (Ramon e Langenakens, 1996), quando investigaram três adaptações simples para determinar a influência do movimento na distribuição da calda. Além da possibilidade de aumentar a altura da barra e diminuir a

distância entre as pontas, foi mostrado para isto que, montando as pontas a um ótimo ângulo de torção, reduziram o efeito negativo de vibrações de barras na distribuição da calda depositada. Tomazela (1997), utilizando pontas de pulverização de jato plano, observou que o posicionamento dos pontas de pulverização a 15° e 30° contra e a favor da movimentação da barra, aumentou o depósito de calda nas plantas de *Brachiaria plantaginea*.

Desta forma, a manutenção dos pulverizadores, a regulagem dos equipamentos, mantendo a pressão de acordo com as especificações das pontas utilizadas, e permitindo-se pequenas alterações no ângulo das pontas na execução das aplicações é possível melhorar a deposição e reduzir perdas na utilização de equipamentos convencionais. A utilização de recursos adicionais como a utilização de pulverizadores com assistência a ar ou sistemas de pulverização eletrostática, embora sujeitos aos mesmos fatores inerentes às pulverizações de modo geral otimizam os depósitos em alvos biológicos e conseqüentemente, reduzem as perdas. Em cultivos de baixo porte, as barras de pulverização dotadas com assistência de ar podem ser utilizadas como alternativa para a promoção da melhoria na qualidade de aplicação de produtos fitossanitários, por possibilitar o emprego de gotas menores, melhorar a cobertura e elevar a capacidade de penetração da pulverização no dossel da cultura. Essa tecnologia também pode contribuir com a otimização do tempo de aplicação (menores volumes e reabastecimentos, maior velocidade de deslocamento e extensão dos horários de pulverização), redução da deriva (velocidade do vento gerado pela máquina é maior que o vento ambiente) e redução da contaminação ambiental e da exposição do aplicador a esses produtos (SARTORI, 1997; BAUER; RAETANO, 2000; MATTHEWS, 2000).

Seguindo a tendência de redução do volume de calda e a utilização de pontas de pulverização que operam com baixas pressões, Boller e Machry (2007) avaliaram o desempenho das pontas de jato plano XR 110015, DG 110015 e TT 110015 nas pressões de 100, 200 e 300 kPa e a ponta AI 110015, nas pressões de 200; 300 e 400 kPa no controle de *Bidens spp.* Na cultura da soja com a aplicação de herbicida de contato em pós-emergência e observaram ineficiência da ponta AI 110015 para todas as pressões empregadas sendo que as pontas XR, DG e TT foram ineficientes na pressão de 100 kPa apresentando melhor controle com o aumento da pressão de trabalho, sem, entretanto, serem diferentes. Essa melhoria pode ser explicada pelo aumento de pressão que conferiu melhor cobertura com a geração de gotas diametricamente menores, assim como afirmam Cunha et al., (2003). Para a classificação de gotas geradas, a ponta XR 110015 à pressão de 100 kPa gerou gotas classificadas como médias em comparação a geração de gotas finas quando operada a 200 e 300 kPa, enquanto

que as pontas DG 110015 e TT 110015 produziram gotas grossas à pressão de 100 kPa e médias nas demais pressões testadas. Nesse caso cabe a observação oportuna de Freitas et al. (2005) de que à pressão mais baixa (100 kPa), as pontas de energia hidráulica, via de regra, ainda não conseguem abrir completamente o ângulo do jato que produzem resultando em distribuição irregular. Esses resultados não concordam com os relatos de Etheridge et al. (2001), que utilizaram pressão de trabalho de 267 kPa e obtiveram níveis de controle de plantas daninhas semelhantes entre pontas das séries XR e AI, em aplicações dos herbicidas glyphosate, glufosinate de amônio e paraquat.

Vale a consideração de Matuo et al. (2006) que fazem ressalva com relação à pressão de trabalho estabelecida pelos fabricantes de pontas de pulverização, dizendo que o aumento da pressão acima da recomendada, não leva necessariamente as gotas a uma distância maior, podendo acontecer o inverso, ou seja, aumentando a pressão, haverá diminuição do tamanho das gotas, as quais terão pouco peso e a distância percorrida pelas mesmas diminuirá, não importando a força inicial com que sejam lançadas.

2.11 A DERIVA – TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

O objetivo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo, com a máxima eficiência e de maneira econômica, afetando o mínimo possível o ambiente (DURIGAN, 1989; MATTHEWS, 2002; 2004; 2008; MATUO et al., 2006). Muitas vezes, entretanto, parte do produto aplicado não atinge o alvo, principalmente em razão da deriva que, além dos danos que pode causar em culturas adjacentes, também pode contaminar a água, o solo e os alimentos. Além desses danos, somado ao prejuízo econômico resultante da perda do produto fitossanitários, a deriva assume grande importância devido à conscientização da população em relação à qualidade de água e alimentos e a outras questões ambientais (LUNKES, 1996; BARCELLOS et al., 1998; MATTHEWS, 2008). Há de se avaliar ainda o destino dessas substâncias utilizadas nos agroecossistemas (LUCHINI, 2004).

Para Sumner e Sumner (1999) a deriva é a grande responsável pelos maiores problemas da tecnologia de aplicação de agrotóxicos causando sua ineficiência e promovendo a contaminação ambiental. Unanimemente a deriva é considerada como tudo aquilo que não atinge o alvo pretendido durante a aplicação (VELLOSO et al., 1984; CRISTOFOLETTI,

1997, 1999). O desvio da trajetória que impede que as gotas produzidas atinjam o alvo está relacionado, principalmente, ao tamanho de gotas e à velocidade do vento (SILVA, 1999). De acordo com as condições ambientais, é preciso conhecer o espectro das gotas pulverizadas, de forma a adequar o seu tamanho, garantindo, ao mesmo tempo, eficácia biológica e segurança ambiental. Em seus trabalhos, muitos pesquisadores consideram que aquelas gotas geradas no processo de pulverização, menores que 100 μm , são facilmente carregadas e desviadas de sua trajetória pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (MILLER, 1993; SUMNER, 1997; MURPHY et al., 2000; WOLF, 2000, 2002). Para Silveira (2001) a pulverização consiste na aplicação de produto com gotas de diâmetro superior a 150 μm , menos sujeitas a deriva.

Os fatores que influenciam as características da deriva, segundo Satow et al. (1993), são, além do tamanho das gotas, velocidade, turbulência e direção do vento. O volume de aplicação, distância do alvo, pressão, velocidade e a energia cinética das partículas pulverizadas também influenciam diretamente a deriva. Ventos superiores a 10 km h^{-1} são altamente problemáticos à aplicação dos produtos fitossanitários por favorecerem o desvio da trajetória das partículas pulverizadas (MATTHEWS; THORNHILL, 1994). Esses ventos podem jogar as gotas sobre o aplicador e, dependendo da posição em que se estiver aplicando, levá-las para áreas adjacentes. Esses problemas ocorrem porque os diâmetros das gotas formadas são diferentes, nos diversos equipamentos para pulverização, apesar da alta tecnologia empregada.

Nas pontas de pulverização tradicionais, que operam com pressão hidráulica, a formação de gotas é bastante desuniforme e seu tamanho é extremamente desigual dificultando, muitas vezes, uma aplicação eficiente; portanto, se torna necessário o estudo dos equipamentos e componentes envolvidos nas aplicações fitossanitárias disponíveis no mercado, especialmente as pontas de pulverização pela responsabilidade na formação e distribuição do espectro de gotas formado na área-alvo (MATUO, 1990). O ideal é que se consiga maior homogeneidade no tamanho das gotas, sendo que a ponta de pulverização é o elemento que mais influencia na qualidade do tratamento desejado (BLANCA, 1999).

Riley e Wiesner (1999) explicam que o controle do tamanho das gotas é uma das mais simples maneiras de minimizar a deriva através da escolha correta das pontas de pulverização e pelo controle da pressão de trabalho.

Quanto maior a intensidade dos ventos e menores as gotas produzidas, maior será a quantidade de gotas desviadas. Como a água é o agente de diluição da maioria dos produtos comercializados, a evaporação tem papel importante numa aplicação. Para que

as gotas “desapareçam” deve haver a contribuição do tamanho da gota, da umidade relativa do ar e da temperatura. A cobertura está relacionada com a função do produto utilizado (modo de ação) e com o alvo (tamanho, forma, exposição, capacidade de retenção) que se pretende atingir (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os intensos estudos sobre os espectros de gotas produzidos pelas pontas de pulverização assumem grande importância na eficiência de aplicação de produtos fitossanitários, principalmente com o aumento dos problemas associados à deriva e contaminação do lençol freático (PARKIN, 1993). Segundo Womac et al. (1999) os fatores que determinam o espectro de gotas produzidas por determinada ponta, são vazão nominal, ângulo de descarga, pressão de operação, líquido de aplicação e tipo de ponta.

Para que uma aplicação seja considerada eficiente há de se conseguir uma cobertura perfeita da superfície alvo com uma distribuição uniforme das gotas produzidas. No caso de gotas produzidas muito grandes, não haverá uma cobertura perfeita da superfície nem, tampouco, boa uniformidade de distribuição. As gotas muito grandes podem ricochetear e se fragmentar em gotas menores, após o impacto na superfície a ser tratada ou, devido ao peso, normalmente não adere às superfícies das folhas, terminando no solo. Mas no caso de gotas muito pequenas, geralmente se consegue uma cobertura superficial melhor e maior uniformidade de distribuição. Entretanto, essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar, intensificando e provocando o fenômeno da deriva com o aumento do risco de contaminação ambiental (TEIXEIRA, 1997; CROSS et al., 2001; FERREIRA, 2003; CUNHA et al., 2003).

Sabendo-se dessas características, torna-se clara a necessidade de estratégias diferenciadas para cada tipo de aplicação, havendo ainda muito a se desenvolver e utilizar em relação a formação, transporte e deposição das gotas, a fim de conseguir a correta colocação do produto no alvo. Matuo (1988) verificou perdas por escorrimento e/ou deriva maiores que 50% do volume aplicado na cultura de citros. Da mesma forma, já foram verificadas, perdas superiores a 70% na cultura do tomate (CHAIM et al., 1999).

Durante as aplicações de produtos fitossanitários, deve-se observar, para que não predominem gotas muito grandes nem muito pequenas. Trabalhos realizados por Lefebvre (1989) e Márquez (1997) demonstram e reforçam a importância do tamanho das gotas geradas no processo de pulverização, mostrando que gotas menores que 100 μm são arrastadas com facilidade pelo vento e gotas maiores que 800 μm tendem a escorrer da superfície das folhas.

Atualmente as reduções das taxas de aplicação de produtos fitossanitários são uma realidade. Essa redução, entretanto, requer aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada no campo (MATTHEWS, 2004, 2008).

A seleção apropriada das pontas de pulverização é essencial para a aplicação eficiente dos produtos fitossanitários e, como observado, é o principal determinante da quantidade aplicada por área, da uniformidade de aplicação, da cobertura obtida e do risco potencial de deriva (JOHNSON; SWETNAM, 1996; WOMAC et al., 1997; MATTHEWS, 2004, 2008).

O tamanho da gota formada em pontas hidráulicas é determinado pelo modelo de ponta, tamanho do orifício da ponta, pressão de trabalho e formulação do produto fitossanitário. Esses fatores estarão devidamente relacionados à cobertura do alvo pela calda pulverizada, uma vez que, fixando-se o volume de aplicação e a área da cultura a ser coberta, dentro dos limites da deriva e do ponto de escorrimento, a cobertura poderá ser melhorada com a diminuição do diâmetro das gotas, aumento do fator de espalhamento e recuperação dessas gotas pelo alvo (COURSHEE, 1967 apud MATUO et al., 2006).

Segundo Salyani (1999), a redução do orifício de saída das pontas, para obter menores taxas de aplicação, aumenta o risco de deriva em virtude da diminuição do tamanho das gotas geradas. Sobre tamanho de gota, pode-se afirmar que a técnica de uso de produtos fitossanitários está em produzir uma pulverização com gotas que sejam suficientemente grandes para não se perderem por evaporação e deriva, mas que sejam pequenas o bastante para produzir uma boa cobertura do alvo. Abi-Saab (1996; 2000), estudando aplicações em videiras, destaca que gotas menores não necessariamente promoverão melhores coberturas e deposições. Isso depende dentre outros fatores do efeito do vento e da orientação da ponta. Bonelli (2006), buscando o controle de ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e P. Sydow, com altos índices de incidência e severidade na cultura da soja, apontou um controle mais eficiente com o uso de gotas médias em comparação às gotas finas. Se usadas de maneira correta, gotas grandes proporcionam bom nível de depósito, mas não proporcionam boas condições de cobertura e penetração (ANTUNIASSI, 2006). Esse autor afirma que, para os produtos de contato ou de menor ação sistêmica, o uso de gotas menores e/ou maior volume de calda torna-se necessário, devido a maior dependência com relação à cobertura dos alvos. Os produtos sistêmicos podem ser aplicados com menor densidade de gotas permitindo o uso de gotas maiores, o que facilita a adoção de técnicas para a redução de deriva e melhora a segurança da aplicação aumentando a eficiência.

O problema se agrava quando se leva em conta alguns tipos de pontas como as de jato cônico vazio que, por trabalharem em pressões mais elevadas que as pontas de jato plano, tendem a produzir gotas com menor diâmetro, razão por que há maior possibilidade de contaminação ambiental com a utilização desses tipos de pontas (SRIVASTAVA et al., 1994). Uma maneira de se reduzir a deriva consiste em aumentar o diâmetro das gotas e diminuir a proporção de gotas menores que 100 μm , o que é possível com o uso de pontas de jato plano (JENSEN et al., 2001).

Avaliando o espectro de gotas nas faixas de pressão de 200 a 400kPa para as pontas de jato plano (API 11002, API 11004 (padrão) e ADI 11002 (antideriva com pré-orifício)) e de 400 a 600kPa para as pontas de jato cônico vazio (ATR Brown e ATR Red), Cunha et al. (2005) observaram que as pontas de jato cônico vazio apresentaram gotas de menor tamanho em relação aos de jato plano. Entretanto, o potencial de deriva das pontas de jato plano padrão e de jato cônico vazio foi alto, requerendo, estratégias para sua redução. Contudo, o uso de pontas de pulverização antideriva dotados de pré-orifício alteraram o espectro de gotas pulverizadas, aumentando o diâmetro das gotas e diminuindo a percentagem de gotas propensas à ação dos ventos, constituindo-se, portanto, em fator auxiliar para redução da deriva nas pulverizações.

As constatações de que mesmo as pontas de jato plano, dependendo das características de pressão e ângulo do jato, podem apresentar alto risco de deriva incrementaram os lançamentos de pontas com grande potencial antideriva. Basicamente trata-se de pontas de pulverização dotadas de pré-orifício, localizado antes da abertura para a formação do jato, permitindo a formação de gotas de maior diâmetro. Outro exemplo de pontas, fabricadas no Brasil, são as identificadas como antideriva de grande ângulo sendo indicadas pelo fabricante para aplicações a baixas pressões sem alterações no ângulo do jato aspergido, produzindo gotas maiores que resistem à deriva, adequando-se à definição de tecnologia de aplicação (MAGNOJET, 2006).

Seguindo a linha de desenvolvimento tecnológico, com o intuito de minimizar problemas por deriva e o escorrimento de calda na folha, têm aumentado significativamente a indicação de pontas de pulverização com indução de ar para aplicação de herbicidas que demandam menor cobertura do alvo, como os aplicados em pré-emergência e produtos sistêmicos.

Viana et al. (2007) citam que o conhecimento do espectro de gotas produzidas pelas pontas de pulverização é imprescindível para aplicação de herbicidas. Destacam que, a partir dessa informação, efetua-se a escolha da ponta em função do potencial

de deriva, das características do herbicida e dos riscos de volatilização e escorrimento de calda na folha das plantas daninhas alvo. Em seu trabalho, avaliando as características técnicas das pontas de pulverização tipo espuma LA-1JC e SR-1, sob diferentes pressões de trabalho e altura de barra de pulverização, concluíram que para essas pontas o espectro de gotas obtido é adequado para aplicação de herbicidas sistêmicos em pós-emergência e para herbicidas aplicados em pré-emergência.

Vale reforçar o que destacam Womac et al. (1999) sobre os fatores que influenciam o espectro de gotas produzidos por determinado tipo de ponta de pulverização: Sua vazão nominal, o seu ângulo de descarga, a sua pressão de operação e as propriedades da calda.

As perdas nas aplicações em pulverização podem ultrapassar 70%, conforme Chaim et al. (2000). Outros autores verificaram perdas entre 30% e 50% (BUISMAN et al., 1989; PERGHER et al., 1997). A maior porção de perdas ocorre entre a formação de gotas (atomização) e seu transporte até o alvo e, de acordo com Pimentel e Levitan (1986), geralmente menos que 0,1% dos produtos fitossanitários aplicados em culturas chegam ao seu alvo e contribuem para seu controle.

Quando se busca a formação de espectro de gotas com maior diâmetro, visando a redução de deriva, não menos importância deve ser dada às propriedades do líquido pulverizado. Não desconsiderando as diversas interações no uso de adjuvantes e surfactantes é consenso que fluidos com maiores viscosidade e tensão superficial requerem maior quantidade de energia para a pulverização. Portanto, as pulverizações de líquidos que tenham maior viscosidade e maior tensão superficial produzem gotas maiores (CHRISTOFOLETTI, 1999). Dessa forma, um exemplo de opção economicamente viável encontrada para aumentar a viscosidade do líquido a ser pulverizado, bem como a eficiência das pulverizações, tem sido a adição de óleo vegetal às caldas de pulverização de herbicidas, fungicidas e inseticidas. A utilização desse como adjuvante tem indicação principal como espalhante adesivo, mas sua característica de viscosidade pode alterar também o espectro de gotas pulverizadas.

As especificações das pontas de pulverização são, via de regra, definidas em testes com água. O acréscimo de um adjuvante pode alterar o padrão de gotas e a vazão conforme constatado por Azevedo, 2001. Em seu trabalho, Miller e Butler Ellis (2000), afirmam que mudanças nas propriedades do líquido pulverizado podem influenciar tanto o processo de formação das gotas como o comportamento dessas quando em contato com o alvo, alterando o risco potencial de deriva da aplicação. Conseqüentemente busca-se a melhor

distribuição possível do produto fitossanitário, de forma uniforme, com espectro de gotas semelhante e de tamanho adequado (CUNHA, 2003).

Em linhas gerais, na aplicação de produtos fitossanitários, gotas menores são mais eficazes no combate a pragas e doenças mas pouco seguras, sob o ponto de vista ambiental. Assim, há necessidade da realização contínua de trabalhos científicos que busquem a viabilização e otimização da redução do volume de aplicação de produtos fitossanitários, para permitir a utilização de pontas e volumes de calda adequados (SILVA, 1999).

Fica evidente com o exposto que os resultados das aplicações em lavouras podem ser altamente variáveis. O que se pode concluir é que, de maneira geral, o grau de sucesso na aplicação de produtos fitossanitários fica condicionado pela intensidade e uniformidade da cobertura. Nesse contexto a afirmação de McNichol et al. (1997) é pertinente. Para esses autores a eficácia do tratamento depende não apenas da quantidade de material depositado sobre a vegetação, mas, também, da uniformidade de cobertura do alvo.

3 ARTIGO A – DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE DESCRIÇÃO METODOLÓGICA PARA TRABALHOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS QUE TRATAM DA AVALIAÇÃO DO EFEITO DA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

3.1 RESUMO

O controle químico é uma ferramenta viável e praticamente indispensável no manejo e controle de plantas daninhas, mas detalhes insuficientes sobre os métodos de aplicação de produtos fitossanitários têm sido observados na maioria das publicações científicas que tratam da aplicação de herbicidas. Através de levantamento em 200 trabalhos científicos fez-se o apontamento da presença ou ausência de informações básicas sobre o método de aplicação. Observou-se que as descrições mínimas requeridas sobre a técnica de aplicação de herbicidas não tem sido atendidas. Destacam-se a insuficiência de descrição sobre o espectro de gotas formado pela pulverização, com ausência de informação em 84,5% (169) dos trabalhos avaliados; pressão de trabalho: 15,5% (31); concentração da calda: 20,5% (41); distância e posição das pontas de pulverização em relação ao alvo: 58,5% (117); temperatura: 60,5% (121); umidade relativa do ar: 61% (122) e velocidade do vento: 66,5% (133). Para todos os trabalhos foi observada a informação da taxa de aplicação utilizada ($L\ ha^{-1}$). Para alterar essa realidade observada e resgatar a devida importância da técnica de aplicação, propõem-se no presente trabalho uma descrição metodológica simplificada para a aplicação de produtos fitossanitários. A utilização da proposta de descrição metodológica mínima é plausível para os tratamentos herbicidas, permitindo sua repetibilidade.

Palavras-chave: Pontas de pulverização. Espectro de gotas. Pressão de trabalho.

DIAGNOSIS AND METHODOLOGICAL DESCRIPTION PROPOSAL FOR SCIENTIFIC-TECHNOLOGICAL WORKS THAT DEAL WITH THE ASSESSMENT OF THE EFFECT OF HERBICIDES APPLICATION

Abstract

Chemical control is a viable tool and practically essential in the management and control of weed, but insufficient details on application methods of pesticides have been observed in most scientific publications that deal with herbicides application. Through a survey in 200 scientific works the presence or absence of basic information on the application method was pointed out. It was observed that the minimum descriptions required about the herbicides application technique have not been taken into consideration. It is emphasized the lack of description on the droplets spectrum formed by pulverization, with the lack of information in 84.5% (169) of the evaluated works; operation pressure: 15.5% (31); concentration of the spray solution: 20.5% (41); distance and position of the nozzles in relation to the target: 58.5% (117); air temperature: 60.5% (121); relative air humidity: 61% (122) and wind speed: 66.5% (133). For all the works it was observed the information of the application rate used ($L\ ha^{-1}$). In order to

alter this observed reality and recover the proper importance of the application technique, it is proposed in this work a simplified methodological description for the application of herbicide products. The use of the minimum methodological description proposal is plausible and can favor the herbicide treatments, enabling its repeatability.

Key words: Pulverization nozzles. Droplets spectrum. Operation pressure.

3.2 INTRODUÇÃO

Significativas mudanças e inovações tecnológicas, advindas do aumento da incidência de plantas invasoras de importância, têm ocorrido na defesa fitossanitária nos últimos 30 anos. Nesse contexto, visando o manejo e controle das plantas daninhas, os herbicidas historicamente têm contribuído em média com 49% do volume total de produtos fitossanitários (herbicidas, inseticidas e fungicidas) comercializados no Brasil de 1992 a 2005, contabilizando US\$ 16 bilhões (SINDAG, 2005).

Afora seu grande impacto econômico, os produtos fitossanitários são alvos de crescente preocupação em virtude de seu potencial de risco ambiental e à saúde humana (BARCELLOS et al., 1998; CUNHA et al. 2003; MATTHEWS, 2008; CONCEIÇÃO, 2008). A Agenda 21, em capítulo específico, sobre produtos fitossanitários, envolve a questão dos riscos e efeitos colaterais desses produtos nos diversos âmbitos de utilização objetivando contribuir para a definição de seu emprego, inclusive das quantidades a serem aplicadas, por profissionais habilitados e treinados (CNUMAD, 1996; BARBIERI, 1997). Conceição (2006) destaca comparativamente a redução expressiva da dose de ingrediente ativo de herbicidas recomendados e empregados no Brasil, entre o período compreensivo das décadas de 60, 70, 80 e 90, na ordem de 89,11%.

A utilização da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários busca a deposição da quantidade certa de ingrediente ativo no alvo pretendido, com o máximo de eficiência e da maneira mais econômica possível, evitando afetar o mínimo o ambiente (MATTHEWS, 2002; MATUO et al., 2006). O domínio dessa tecnologia é imprescindível para o aumento da eficiência do produto e a diminuição da contaminação do aplicador e do ambiente, bem como para a redução dos custos nas aplicações.

Matthews (2004, 2008) evidencia diminuições expressivas nas taxas de aplicação em pulverizações terrestres de 500 L ha⁻¹ para volumes inferiores a 200 L ha⁻¹, sendo requeridos aprimoramentos na tecnologia de aplicação empregada no campo, buscando a máxima precisão e dosagem ótima, com o mínimo de exposição da substância ativa para o operador. Destaca que o desenvolvimento de novas pontas de pulverização proporciona para

os usuários uma maior flexibilidade, aperfeiçoando a distribuição dos produtos fitossanitários, enquanto diminuem os volumes de pulverização influenciando as transferências de doses.

O espectro de gotas formadas em pontas hidráulicas é determinado pelo modelo de ponta, tamanho do orifício (vazão nominal), ângulo de descarga (projeção), pressão de trabalho e formulação do produto fitossanitário. Esses fatores, portanto, estarão devidamente relacionados à cobertura do alvo pela calda pulverizada, uma vez que, fixando-se o volume de aplicação e a área da cultura a ser coberta, dentro dos limites da deriva e do ponto de escorrimento, a cobertura poderá ser afetada pela alteração do espectro de gotas. Essa constatação determina a essencialidade da seleção apropriada das pontas de pulverização responsáveis pela quantidade aplicada por área, uniformidade de aplicação, da cobertura obtida e pelo risco potencial de deriva (JOHNSON; SWETNAM, 1996; WOMAC et al., 1997, 1999; MATTHEWS, 2004, 2008).

O sistema internacional de classificação do espectro de gotas formadas e de pontas de pulverização baseia-se em dois componentes: distribuição do tamanho de gotas e risco de deriva (MILLER et al., 2002). Essa classificação está apresentada, inclusive com os padrões de cores das pontas de pulverização com a norma ASAE S-572 da ASABE (2004).

O grande desafio da pesquisa neste sentido é a obtenção dessa cobertura ideal do alvo com distribuição uniforme das gotas produzidas. De um lado as gotas muito grandes, com problemas de cobertura insuficiente do alvo, desuniformidade de distribuição, excesso de massa que interfere em sua aderência ao alvo e perda para o solo; De outro lado gotas pequenas, que apresentariam a solução para todos esses problemas, podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar, intensificando e provocando o fenômeno da deriva com o aumento do risco de contaminação ambiental (TEIXEIRA, 1997; CRISTOFOLETTI, 1997, 1999; CROSS et al., 2001; FERREIRA, 2003; CUNHA et al., 2003). Velloso e Souza (1996) relataram que a temperatura do ar acima de 30 °C e umidade relativa abaixo de 70% são fatores que favorecem a ocorrência desse fenômeno devendo ser monitoradas. Ruedell (1995b, 1999, 2002) diz que poucas pesquisas se preocupam com as condições do ambiente nas pulverizações.

Matthews (2002) afirma que cada ponta possui uma característica própria de distribuição volumétrica, sendo esta, específica para cada condição de altura da ponta em relação ao alvo e de espaçamento entre as pontas na barra. No Brasil comumente se utiliza o espaçamento entre conjunto de bicos de 50 cm. Conhecendo-se a ponta de pulverização e o jato emitido pode-se buscar uma melhor relação entre esse espaçamento e altura mínima da barra em relação ao alvo buscando aquela que, dependendo da faixa de pressão de trabalho,

deposite a calda pulverizada de maneira mais uniforme, com menor coeficiente de variação na distribuição (CHRISTOFOLETTI, 2000; PERESSIN; PERECIN, 2003; CUNHA; RUAS, 2006).

Apesar de todas essas considerações e esforços para uma prática mais segura e eficiente de pulverização de produtos fitossanitários, observa-se que ainda é dada muita importância ao produto fitossanitário e pouca à técnica de aplicação (HISLOP, 1991; CUNHA et al., 2003). Para Ramos (2001) o desconhecimento dos conceitos de aplicação de produtos fitossanitários é evidente na literatura científica, exemplificando que, com frequência, o volume de calda aplicado é considerado como parâmetro suficiente para caracterizar e proporcionar a repetibilidade de uma aplicação.

Mesmo na importante missão e objetivo em buscar notoriedade científica através de publicações em revista de grande impacto à comunidade científica (SLAFER, 2008), detalhes insuficientes sobre os métodos de aplicação de produtos fitossanitários têm sido reportados na maioria dessas publicações (MATTHEWS, 2004). Em seu trabalho (“Como os produtos fitossanitários tem sido aplicados?”) relata que a maioria dos trabalhos científicos não traz informações descritivas suficientes em detrimento aos métodos de aplicação utilizados. Afora o volume de água utilizada para diluição, presente em todas as publicações, o autor destaca falta de informações sobre os tipos de pontas utilizadas, seu ângulo, a categoria do espectro de gotas formada, concentração da calda pulverizada, pressão de trabalho e sua manutenção, posição das pontas em relação à cultura e informações sobre as condições meteorológicas no momento da aplicação o que prejudica a distinção se o que resultou em um tratamento fitossanitário ineficiente foi determinado pelo produto aplicado ou pela técnica inadequada de aplicação.

O objetivo deste trabalho foi verificar a presença ou ausência de descrições metodológicas básicas, a partir das sugestões de Matthews (2004), nas aplicações de herbicidas em trabalhos científicos publicados no Brasil e em outros países. Também propor descrição mínima necessária para possibilitar a verificação da adequação das condições de realização dos trabalhos, oferecendo assim subsídios técnicos que auxiliem a repetibilidade dos métodos de aplicação de herbicidas.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Com base no trabalho de Matthews (2004), considerando sua afirmação sobre a insuficiência de informações metodológicas básicas sobre a técnica de aplicação de produtos fitossanitários, foi realizado levantamento em base bibliográfica disponível para consulta no portal de periódicos da CAPES, revistas e bases bibliográficas de livre acesso disponíveis on-line (Internet); periódicos, jornais e revistas científicas disponíveis nas bibliotecas da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e Faculdade Integrado de Campo Mourão. Foram selecionados 200 trabalhos que tratam da aplicação de herbicidas, sendo 100 de publicações nacionais e 100 internacionais. Os trabalhos considerados foram aqueles com ano de publicação superior a 1990.

Como critério os trabalhos consultados foram, preferencialmente, classificados pelo critério Qualis referente ao triênio 2004/2006 (publicações nível A) que classifica os veículos de divulgação da produção intelectual (bibliográfica) dos programas de pós-graduação stricto sensu e é utilizado pela Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) para o processo de avaliação da pós-graduação, por ela promovido.

Foram verificadas a presença ou ausência das seguintes informações na descrição metodológica dos trabalhos científicos avaliados:

- Ponta de pulverização: sua descrição (tipo/modelo); seu ângulo de descarga (projeção) e o espectro de gotas formado;
- Pressão de trabalho: descrição da pressão de trabalho utilizada e sua manutenção;
- Taxa de aplicação: descrição do volume da calda aplicada por área;
- Concentração da calda aplicada: descrição da dose do ingrediente ativo utilizado por volume de aplicação aplicado;
- Temperatura do ar: sua informação no momento da aplicação;
- Umidade relativa do ar: sua informação no momento da aplicação;
- Velocidade do vento: sua informação no momento da aplicação;

Para as bases bibliográficas investigadas, nacionais e internacionais, os resultados das informações foram computados como presentes (Sim) ou ausentes (Não) sendo dispostos em gráficos em porcentagem, aglutinando as informações para uma visualização do panorama geral, para sua descrição e análise. Optou-se pela não identificação individual da

autoria dos trabalhos avaliados, por não se tratar do objetivo do presente trabalho, sendo apenas referenciada quantitativamente a sua origem de publicação (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Base do referencial bibliográfico consultado e sua distribuição quantitativa:

FONTE	Número de publicações avaliadas	
	Nacionais	Internacionais
Agronomy Journal	-	17
Arquivos do Instituto Biológico	5	-
Aspects of Applied Biology	-	9
Biosystems Engineering	-	7
Bragantia	7	-
Ciência e Agrotecnologia	5	-
Ciência Rural	13	-
Crop Protection	-	27
Engenharia Agrícola	8	-
Horticultura Brasileira	6	-
Journal of Agricultural Engineering Research	-	5
Journal of Environmental Quality	-	5
Journal of Environmental Science and Health	-	5
Pesquisa Agropecuária Brasileira	-	7
Planta Daninha	27	-
Revista Brasileira de Agrociência	5	-
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental	9	-
Revista Brasileira de Fruticultura	7	-
Revista Brasileira de Herbicidas	8	-
Transactions of the American Society of Engineering	-	6
Weed Science	-	6
Weed Technology	-	6
TOTAL	100	100

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados sobre a descrição dos tipos de pontas utilizadas (modelo), seu ângulo de pulverização e o tamanho de gotas formadas estão apresentadas na Figura 3.1.

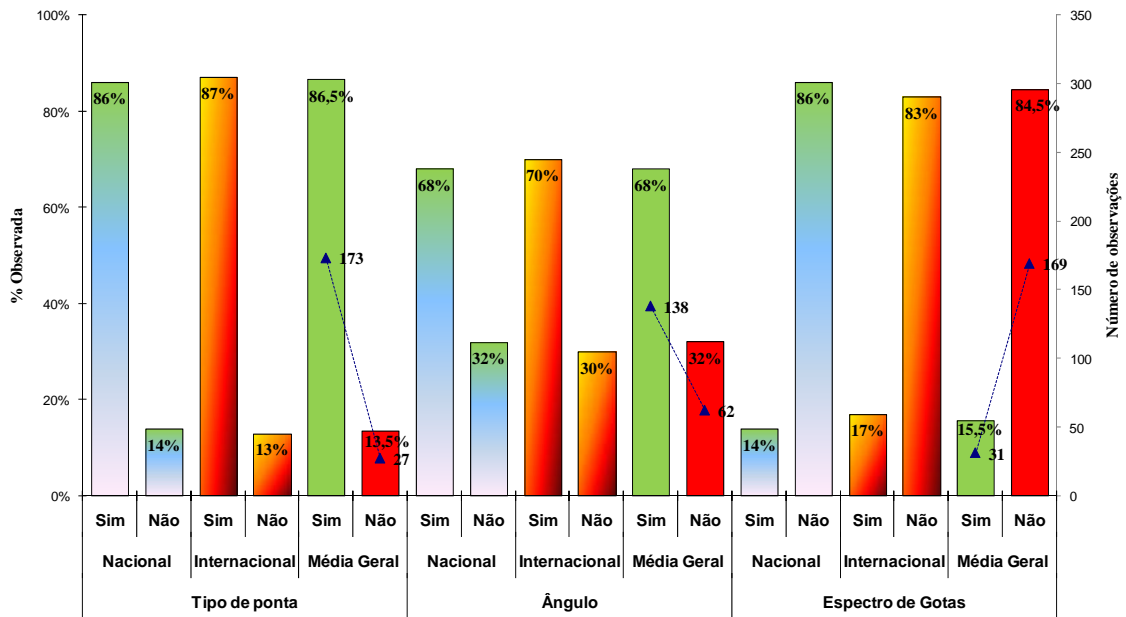


Figura 3.1 – Distribuição porcentual e numérica de informações sobre o tipo de ponta de pulverização utilizada, seu ângulo de projeção e espectro de gotas formadas em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de herbicidas.

Com o levantamento dos trabalhos fica evidente a necessidade de proposta (norma) para que, independente do foco investigativo principal da publicação, essa seja uma informação indispensável. Da mesma forma, a informação do ângulo de projeção, embora pareça não ser significativo, tendo em vista a possibilidade de consulta aos manuais de fabricantes e trabalhos específicos sobre o desenvolvimento e operação de pontas de pulverização, fornecem informações importantes sobre o espectro de gotas formadas e a disposição correta desse em relação ao alvo pretendido, já que cada tipo de ponta de pulverização possui uma característica própria, como afirma Matthews (2002). O fator mais preocupante é a falta de informação do espectro de gotas formado pelas pontas de pulverização. O grande desenvolvimento da tecnologia para as pontas de pulverização e as tentativas de normatização das mesmas através de esforços internacionais, buscando aplicações mais técnicas, precisas, seguras ao ambiente/saúde humana e econômicas de produtos fitossanitários focadas na redução do potencial de deriva, continua sendo apenas

uma tendência, como afirma Matthews (2004), visto que, dos 200 trabalhos avaliados, 169 (84,5%) não trazem essa valiosa informação.

A informação sobre a pressão de trabalho, que é o princípio básico da pulverização hidráulica, fundamental para a formação e manutenção da distribuição das gotas (Figura 3.2), não é metodologicamente descrita em 15,5% (31) dos trabalhos avaliados.

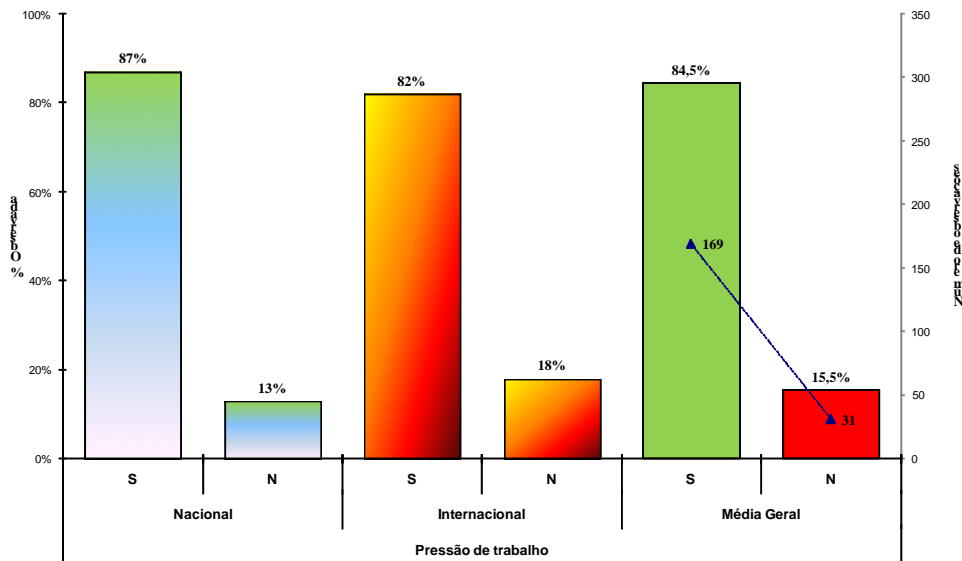


Figura 3.2 – Distribuição percentual e numérica de informações sobre a pressão de trabalho em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de herbicidas.

Essa situação deve ser mudada, devendo ser obrigatória sua menção em todos os trabalhos que tratam de pulverização de produtos fitossanitários, sem exceção. Por ser muito variável em diferentes equipamentos, pode inviabilizar a aplicação técnica de produtos fitossanitários, como também afirma Matthews (2004, 2008). Para esse autor, geralmente o uso de pressões excessivas, ou pontas de pulverização inadequadas, são as maiores causadoras de deriva. Afirma ainda que a informação sobre o volume de calda aplicado por unidade de área (taxa de aplicação) consta na maioria dos trabalhos, o que também foi apreciado para os trabalhos avaliados neste estudo (Figura 3.3). Para a dosagem do herbicida (concentração da calda), em 20,5% (42) dos trabalhos avaliados essa informação não estava disponível.

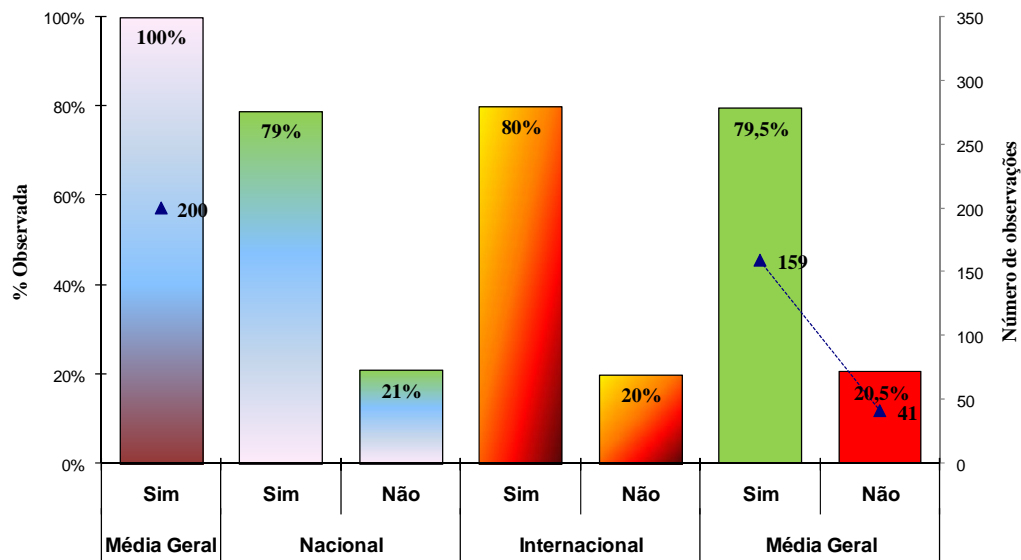


Figura 3.3 – Distribuição porcentual e numérica de informações sobre a taxa de aplicação e concentração da calda de pulverização praticada em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de herbicidas.

Como há a tendência, e têm sido praticadas pulverizações terrestres de herbicidas a taxas de aplicação menores que 200 L ha^{-1} , e levando ainda em consideração a recomendação de doses de herbicidas por unidade de área (ha), a indicação da concentração do ingrediente ativo (dose) por volume de aplicação é importante e deve ser citada. Apesar das doses recomendadas serem altas, se a técnica de aplicação não for apropriada o seu efeito pode ser reduzido ou potencializado em detrimento às transferências de doses resultando, em ambos os casos, em perdas (MATTHEWS, 2008).

Para o item avaliado, distância e posição das pontas em relação ao alvo (Figura 3.4), verificaram-se ser pouco apreciada e relevada nas publicações estudadas, exceto em trabalhos específicos. Essa informação inexistente em 58,5% (117) dos trabalhos é preocupante, pois, na técnica de pulverização, as diversas possibilidades de espaçamento entre as pontas e a relação desses espaçamentos com a altura (distância) ao alvo pode, em função do modelo, tecnologia da ponta utilizada, pressão de trabalho, tipo de calda, ângulo do jato emitido, topografia, densidade foliar e arquitetura da cultura, alterar expressivamente o resultado da pulverização, resultando em coeficientes de variação excessivos com conseqüente deposição desuniforme do produto aplicado. A aplicação desuniforme pode condenar a técnica utilizada na aplicação de herbicidas havendo, em muitos casos, a

necessidade de repasse para o efetivo controle pretendido conforme expõem Percin et al. (1998) e Peressin e Percin (2003).

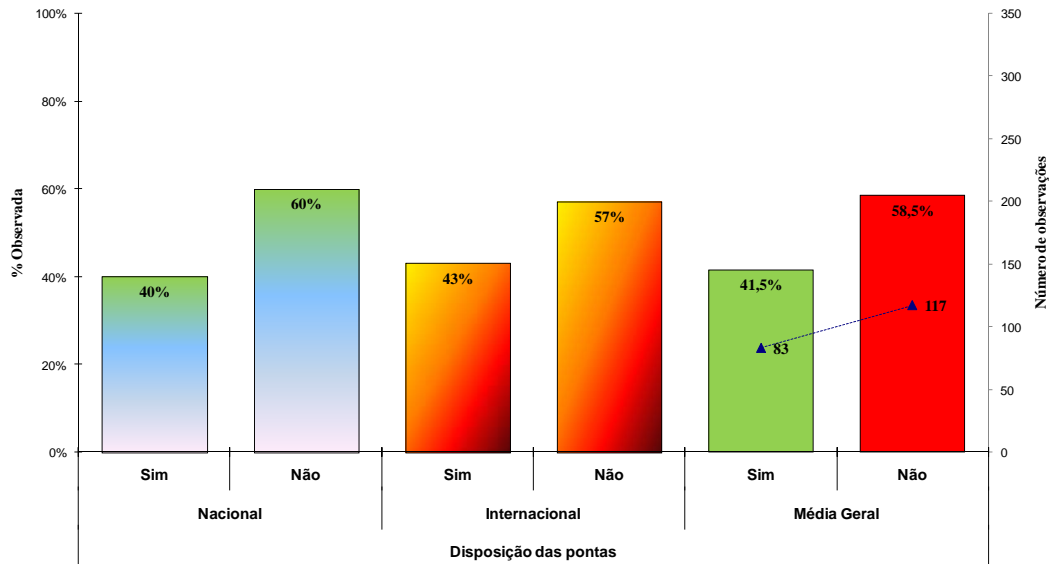


Figura 3.4 – Distribuição percentual e numérica de informações sobre a distância e posição da ponta em relação ao alvo em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de herbicidas.

A perspectiva de obtenção de avanços na área científica faz com que haja um excesso de zelo e preocupação com os objetivos e resultados a serem obtidos o que resulta, em alguns casos, em descuidos e negligência às descrições básicas em sua metodologia nas publicações de notas, comunicações, artigos técnicos e científicos em revistas e jornais de impacto para a comunidade científica. Slafer (2008) ressalta a importância, para jornais agrônômicos, da busca dos cientistas em publicar suas hipóteses mais relevantes naqueles com alto fator de impacto, sem desconsiderar a importância das publicações dos produtos desses trabalhos em jornais de ciência de plantas mais básicos.

Nessa mesma linha de raciocínio deve-se buscar publicar sem desconsiderar também aspectos metodológicos básicos. Quando avaliados os itens temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento (Figura 3.5), cabe o alerta da inobservância de sua importância, pelos resultados obtidos. Expressivos 60,5% (121), 61% (122) e 66,5% (133), dos trabalhos avaliados não apresentaram informações sobre a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, respectivamente, o que está de acordo com o que constantemente tem afirmado Ruedell (1995b, 1999, 2002) sobre a falta de preocupação das pesquisas com as condições do ambiente nas pulverizações.

Para o uso de herbicidas, embora com grande possibilidade de emprego de espectro de gotas categorizadas como grossas, muito grossas e extremamente grossas, principalmente quando para produtos sistêmicos, sabe-se que nem sempre, nessa configuração, oferecem os resultados esperados e não obstante as tecnologias disponíveis pode resultar em controle ineficiente (MATTHEWS, 2008). As observações e o critério descritivo dessas informações são fundamentais para a segurança e eficiência na aplicação de produtos fitossanitários possibilitando, quando possível, alterações significativas nas técnicas de aplicação, na constante busca da transferência ótima, homogênea e segura da dose requerida para o alvo objeto de controle.

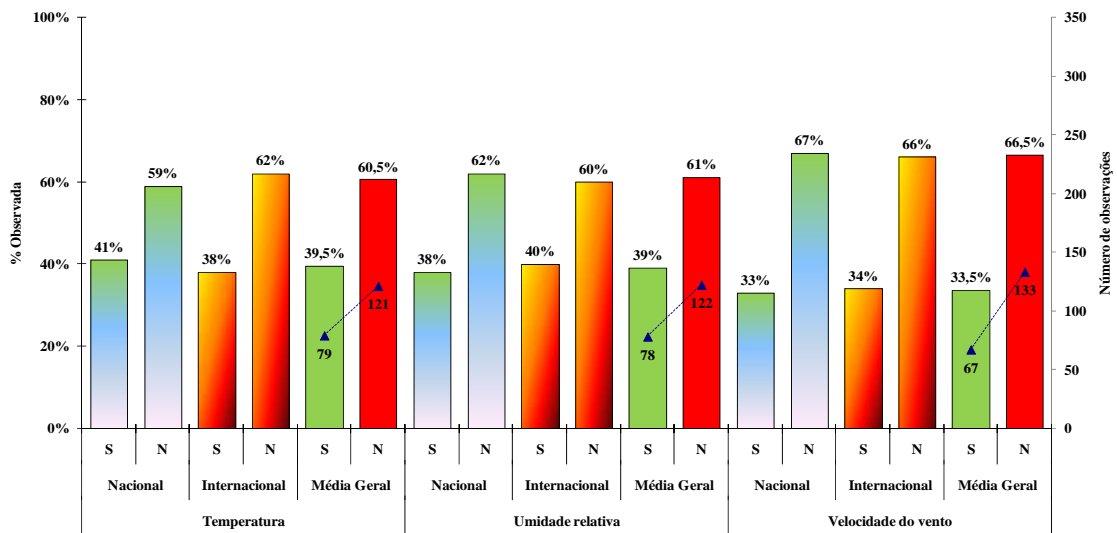


Figura 3.5 – Distribuição percentual e numérica de informações sobre as condições meteorológicas em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de herbicidas.

Em condições climáticas adversas, com temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade de vento aumentam-se o risco de contaminação ambiental por deriva. Quanto maior a intensidade dos ventos e menores as gotas produzidas, maior será a quantidade de gotas desviadas. Como a água é o agente de diluição da maioria dos produtos comercializados, o fenômeno da evaporação, que apresenta estreita relação entre o espectro de gotas formados com a umidade relativa do ar e temperatura, tem papel importante numa aplicação e deve ser evitada. Por outro lado, utilização de gotas com maior diâmetro diminui o risco de deriva, porém, devido ao seu peso, elas podem não aderir às superfícies das folhas e terminar no solo (TEIXEIRA, 1997).

Cabe salientar que o monitoramento climático além de ser efetuado, deve ser interpretado de forma mais compreensiva possível. Muitas vezes, a falta de atenção com a umidade relativa do ar, por estar “favoravelmente” acima do limite crítico de monitoramento de 70%, como proposto por Velloso e Costa (1996), pode favorecer a ocorrência do orvalho sobre as plantas influenciando na diluição do produto herbicida aplicado e até mesmo provocando seu escoamento, como descreve Ruedell (2002).

Face ao observado, propõe-se uma descrição metodológica simplificada, sem prejuízo a quem produz ciência ou ao concorrido espaço físico das revistas e jornais científicos.

A sugestão baseia-se no princípio básico metodológico científico da repetibilidade. Através da descrição dos itens propostos (Tabela 3.2) a identificação e reconhecimento se a técnica de aplicação foi eficiente ou não, pode ser favorecida. Alguns itens apenas reforçam e destacam a importância daquelas informações comumente descritas.

Tabela 3.2 – Proposta de itens que devem ser mantidos e acrescidos na descrição metodológica de artigos técnicos ou científicos que tratem da aplicação de herbicidas:

Descrição do produto				
Classe toxicológica	Formulação	Modo de ação; seletividade e fitotoxicidade	Adjuvante (s)	Dose recomendada X Dose utilizada
Descrever a classe toxicológica do produto a ser aplicado	Tipo de formulação do produto aplicado	Descrição se sistêmico ou de contato; sua seletividade ou não e condições de fitotoxicidade	Descrição, concentração e caracterização (quando utilizado)	Indicar a dose recomendada pelo fabricante (registrada). Indicar a dose utilizada na aplicação
Aplicação				
Fase da aplicação	Taxa de aplicação recomendada (L ha⁻¹)	Taxa de aplicação utilizada (L ha⁻¹)	Pressão de trabalho	Agente diluente
Pré-plantio; pré-emergência; pós-emergência	Informar o volume de calda recomendado pelo fabricante	Informar o volume de calda efetivamente aplicada	Identificar a pressão de trabalho utilizada (kPa)	Se disponível e possível, descrever a qualidade da água utilizada (dureza e pH)
Aplicações realizadas				
Data e horário	Número de aplicações	Intervalo entre aplicações	Descrição do alvo	Descrição do cultivo protegido
Informar a data e o horário da execução de cada aplicação realizada	Descrever o número de aplicações realizadas	Informar o intervalo em dias entre as aplicações realizadas	Descrever a idade, estágio fenológico e altura do alvo	Descrever a idade, estágio fenológico e altura
Ponta de pulverização				
Modelo	Ângulo de descarga (projeção)	Vazão (L min⁻¹)	Espectro de gotas formado*	Diâmetro mediano volumétrico (DMV)
Informar o modelo da ponta (fabricante)	Informar se disponível (graus)	informar a vazão nominal da ponta de pulverização	Categoria do espectro de gotas formado na pressão de trabalho utilizada	Informar se disponível
Equipamento				
Modelo	Tipo de barra	Espaçamento entre bicos	Ângulo dos bicos	Altura de operação da barra e utilização de jato de ar transportado
Descrever o tipo de equipamento, capacidade de operação e manutenção da pressão de trabalho	Comprimento e descrição de sua montagem no equipamento	Espaçamento entre os bicos de pulverização utilizado na aplicação	Se utilizado descrever a angulação dos bicos em relação à vertical.	Informar a distância utilizada entre as pontas de pulverização e o alvo pretendido. Informar o tipo de assistência de ar utilizada
Condições meteorológicas				
Temperatura	Umidade relativa	Velocidade do vento	Nebulosidade	Precipitação
Informar a temperatura no momento da aplicação.	Informar a umidade relativa do ar no momento da aplicação	Informar a velocidade do vento no momento e durante a aplicação	Identificar as condições de nebulosidade no momento da aplicação	Informar se ocorrer (antes, durante e após a aplicação)
Segurança				
Descrever o uso de equipamento de proteção individual (EPI) por ocasião do preparo da calda e aplicação do produto fitossanitário para reforçar sua necessidade para a segurança do operador.				

* A classificação do espectro de gotas internacional considerada a categoria de gotas formadas como muito fina, fina, média, grossa, muito grossa e extremamente grossa. Essa classificação está apresentada, inclusive com os padrões de cores das pontas de pulverização com a norma ASAE S-572 da ASABE (2004).

Com essas informações mínimas descritas a pesquisa poderá confrontar, relacionar e discutir melhor os resultados obtidos, multiplicando os esforços para o domínio e aprimoramento das técnicas relacionadas à aplicação de produtos fitossanitários. Nesse sentido, a produção científica será beneficiada e subsidiará informações aplicadas, em menor tempo, para os profissionais e difusores tecnológicos que pelo princípio de extensão rural, aplicarão essas informações à campo, beneficiando assim todos os segmentos da cadeia produtiva.

3.5 CONCLUSÕES

Descrições satisfatórias sobre a técnica de aplicação de herbicidas não tem sido observadas. Existem deficiências nas informações básicas sobre as pontas de pulverização utilizadas e suas características técnicas, concentração da calda pulverizada, pressão de trabalho e sua manutenção, posição das pontas em relação à cultura/ planta alvo e informações sobre as condições meteorológicas no momento da aplicação.

A utilização da proposta de descrição metodológica mínima é plausível para os tratamentos herbicidas, permitindo sua repetibilidade.

4. ARTIGO B. DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE DESCRIÇÃO METODOLÓGICA PARA TRABALHOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS QUE TRATAM DA AVALIAÇÃO DO EFEITO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS

4.1 RESUMO

O controle químico é uma ferramenta viável e praticamente indispensável no manejo e controle de doenças de plantas, mas detalhes insuficientes sobre os métodos de aplicação de produtos fitossanitários têm sido observados na maioria das publicações científicas que tratam da aplicação de fungicidas. Através de levantamento em 200 trabalhos científicos fez-se o apontamento da presença ou ausência de informações básicas sobre o método de aplicação. Observou-se que as descrições mínimas requeridas sobre a técnica de aplicação de fungicidas não têm sido atendidas. Destacam-se a insuficiência de descrição sobre o espectro de gotas formado pela pulverização, com ausência de informação em 85,5% (171) dos trabalhos avaliados; pressão de trabalho: 13% (26); concentração da calda: 35,5% (71); distância e posição das pontas de pulverização em relação ao alvo: 48,5% (97); temperatura: 49,5% (99); umidade relativa do ar: 53% (106) e velocidade do vento: 55% (110). Para todos os trabalhos foi observada a informação da taxa de aplicação utilizada ($L\ ha^{-1}$). Para alterar essa realidade observada e resgatar a devida importância da técnica de aplicação, propõem-se no presente trabalho uma descrição metodológica simplificada para a aplicação de produtos fitossanitários. A utilização da proposta de descrição metodológica mínima é plausível para os tratamentos fungicidas, permitindo sua reprodutibilidade.

Palavras-chave: Pontas de pulverização. Espectro de gotas. Pressão de trabalho.

DIAGNOSIS AND METHODOLOGICAL DESCRIPTION PROPOSAL FOR TECHNICAL-SCIENTIFIC WORKS THAT DEAL WITH THE ASSESSMENT OF THE EFFECT OF FUNGICIDES APPLICATION

Abstract

Chemical control is a viable tool and practically essential in the management and control of plants diseases, but insufficient details on application methods of pesticides have been observed in most scientific publications that deal with fungicides application. Through a survey with 200 scientific works the presence or absence of basic information on the application method was pointed out. It was observed that the minimum descriptions required on fungicides application technique have not been taken into consideration. It is emphasized the lack of description on the droplets spectrum formed by pulverization, with lack of information in 85.5% (171) of the evaluated works; operation pressure: 13% (26); concentration of the spray solution: 35.5% (71) distance and position of the pulverization nozzles in relation to the crop canopy target: 48.5% (97); temperature: 49.5% (99); relative air humidity: 53% (106) and wind speed: 55% (110). For all the works it was observed the

information of the application rate used ($L ha^{-1}$). In order to alter this observed reality and recover the proper importance of the application technique, it is proposed in the present work a simplified methodological description for the application of phytosanitary products. The use of the minimum methodological description proposal is plausible and can favor the fungicide treatments, enabling its repeatability.

Key-words: spray nozzles, droplets spectrum, operation pressure.

4.2 INTRODUÇÃO

O controle químico é uma alternativa viável para o manejo/controlado de doenças das plantas cultivadas. O seu uso tem contribuído para a agricultura garantindo a expressão de seu potencial produtivo desde que utilizado de maneira racional buscando minimizar a contaminação do ambiente, os danos à saúde do homem e o aparecimento de doenças fitopatogênicas resistentes.

Significativas mudanças e inovações tecnológicas, advindas do aumento da incidência de doenças fitopatogênicas de importância, têm ocorrido na defesa fitossanitária nos últimos 30 anos. Nesse contexto, visando o seu manejo e controle, os fungicidas historicamente têm contribuído em média com 21,54% do volume total de produtos fitossanitários (herbicidas, inseticidas e fungicidas) comercializados no Brasil de 1992 a 2005, contabilizando US\$ 6,54 bilhões (SINDAG, 2005).

Conceição (2006) destaca que, desde a descoberta dos fungicidas ditiocarbamatos na década de 30, comparativamente a redução expressiva da dose de ingrediente ativo de fungicidas recomendados e empregados no Brasil, entre o período compreensivo das décadas de 60, 70, 80 e 90, foi da ordem de 90,22%.

A utilização da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários busca a deposição da quantidade certa de ingrediente ativo no alvo pretendido, com o máximo de eficiência e da maneira mais econômica possível, evitando afetar o mínimo o ambiente (MATTHEWS, 2002; MATUO et al., 2006). O domínio dessa tecnologia é imprescindível para o aumento da eficiência do produto e a diminuição da contaminação do aplicador e do ambiente, bem como para a redução dos custos nas aplicações.

Hoje há tendência de diminuição de volume de calda com a intenção de redução de custos e aumento da eficiência das pulverizações. Matthews (2004, 2008) evidencia essa diminuição nas taxas de aplicação em pulverizações terrestres de $500 L ha^{-1}$ para volumes inferiores a $200 L ha^{-1}$ ressaltando enfaticamente que aprimoramentos na tecnologia de aplicação empregada no campo são requeridos.

Para Matthews (2008) os produtos fitossanitários são aplicados em situações diversas, mas, em cada situação, deve-se considerar a aplicação com a máxima precisão e dosagem ótima, com o mínimo de exposição da substância ativa para o operador. Destaca que o desenvolvimento de novas pontas de pulverização proporciona para os usuários uma maior flexibilidade, aperfeiçoando a distribuição dos produtos fitossanitários, enquanto diminuem os volumes de pulverização influenciando as transferências de doses.

A dosagem de produtos fitossanitários recomendados pelas empresas detentoras de moléculas é alta, sendo definidas por programas experimentais de ensaios à campo rigorosos e prolongados para garantia de seu registro junto aos agentes regulamentadores. Em muitos casos, relevando a diminuição significativa nas taxas de aplicação utilizadas atualmente, o usuário final é o principal responsável pela decisão do volume a ser aplicado (MATTHEWS, 2008).

O espectro de gotas formadas em pontas hidráulicas é determinado pelo modelo de ponta, tamanho do orifício (vazão nominal), ângulo de descarga (projeção), pressão de trabalho e formulação do produto fitossanitário. Esses fatores, portanto, estarão devidamente relacionados à cobertura do alvo pela calda pulverizada, uma vez que, fixando-se o volume de aplicação e a área da cultura a ser coberta, dentro dos limites da deriva e do ponto de escorrimento, a cobertura poderá ser afetada pela alteração do espectro de gotas. Essa constatação determina a essencialidade da seleção apropriada das pontas de pulverização responsáveis pela quantidade aplicada por área, uniformidade de aplicação, da cobertura obtida e pelo risco potencial de deriva (JOHNSON; SWETNAM, 1996; WOMAC et al., 1997, 1999; MATTHEWS, 2004, 2008).

O sistema internacional de classificação do espectro de gotas formadas e de pontas de pulverização baseia-se em dois componentes: distribuição do tamanho de gotas e risco de deriva (Miller et al., 2002). Essa classificação está apresentada, inclusive com os padrões de cores das pontas de pulverização com a norma ASAE S-572 da ASABE (2004).

O grande desafio da pesquisa neste sentido é a obtenção dessa cobertura ideal do alvo com distribuição uniforme das gotas produzidas. De um lado as gotas muito grandes, com problemas de cobertura insuficiente do alvo, desuniformidade de distribuição e excesso de massa que interfere em sua aderência ao alvo e perda para o solo; De outro lado gotas pequenas que apresentam a solução para todos esses problemas, mas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar, intensificando e provocando o fenômeno da deriva com o aumento do risco de contaminação ambiental (TEIXEIRA, 1997; CHRISTOFOLETTI, 1997, 1999; CROSS et al., 2001; FERREIRA,

2003; CUNHA et al., 2003). Há estreita relação entre o fenômeno da evaporação com o espectro de gotas produzidas e a condições meteorológicas como temperatura e umidade relativa do ar. Velloso e Souza (1996) relataram que a temperatura do ar acima de 30 °C e umidade relativa abaixo de 70% são fatores que favorecem a ocorrência desse fenômeno devendo ser monitoradas. Ruedell (1995b, 1999) diz que poucas pesquisas se preocupam com as condições do ambiente nas pulverizações.

Matthews (2002) afirma que cada ponta possui uma característica própria de distribuição volumétrica, sendo esta, específica para cada condição de altura da ponta em relação ao alvo e de espaçamento entre pontas na barra. É fato que se o volume aplicado não for adequado e uniforme, corre-se o risco de necessidade de aplicações adicionais para a compensação desses volumes pontuais ou em faixas não tratadas (PERECIN et al., 1998; PERESSIN; PERECIN, 2003). No Brasil comumente se utiliza o espaçamento entre conjunto de bicos de 50 cm, conhecendo-se a ponta de pulverização e o jato emitido pode-se buscar uma melhor relação entre esse espaçamento e altura mínima da barra em relação ao alvo buscando aquela que, dependendo da faixa de pressão de trabalho, deposite a calda pulverizada de maneira mais uniforme, com menor coeficiente de variação (CHRISTOFOLETTI, 2000; PERESSIN; PERECIN, 2003; CUNHA; RUAS, 2006).

Apesar de todas essas considerações e esforços para uma prática mais segura e eficiente de pulverização de produtos fitossanitários, observa-se que ainda é dada muita importância ao produto fitossanitário e pouca à técnica de aplicação (HISLOP, 1991; CUNHA et al., 2003). Para Ramos (2001) o desconhecimento dos conceitos de aplicação de produtos fitossanitários é evidente na literatura científica exemplificando que, com frequência, o volume de calda aplicado é considerado como parâmetro suficiente para caracterizar e proporcionar a repetibilidade de uma aplicação.

Mesmo na importante missão e objetivo em buscar notoriedade científica através de publicações em revista de grande impacto à comunidade científica (SLAFER, 2008), detalhes insuficientes sobre os métodos de aplicação de produtos fitossanitários têm sido reportados na maioria dessas publicações de acordo com Matthews (2004). Em seu trabalho (“Como os produtos fitossanitários tem sido aplicados?”) relata que a maioria dos trabalhos científicos não traz informações descritivas suficientes em detrimento aos métodos de aplicação utilizados. Afora o volume de água utilizada para diluição, presente em todas as publicações, o autor destaca falta de informações sobre o os tipos de pontas utilizadas, seu ângulo, a categoria do espectro de gotas formada, concentração da calda pulverizada, pressão de trabalho e sua manutenção, posição das pontas em relação à cultura e informações sobre as

condições meteorológicas no momento da aplicação o que prejudica a distinção se o que resultou em um tratamento fitossanitário ineficiente foi determinado pelo produto aplicado ou pela técnica inadequada de aplicação.

O objetivo deste trabalho foi verificar a presença ou ausência de descrições metodológicas básicas, a partir das sugestões de Matthews (2004), nas aplicações de fungicidas em trabalhos científicos publicados no Brasil e em outros países. Também propor descrição mínima necessária para possibilitar a verificação da adequação das condições de realização dos trabalhos, oferecendo assim subsídios técnicos que auxiliem a repetibilidade dos métodos de aplicação de fungicidas.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Com base no trabalho de Matthews (2004), considerando sua afirmação sobre a insuficiência de informações metodológicas básicas sobre a técnica de aplicação de produtos fitossanitários, foi realizado levantamento em base bibliográfica disponível para consulta no portal de periódicos da CAPES, revistas e bases bibliográficas de livre acesso disponíveis on-line (Internet); periódicos, jornais e revistas científicas disponíveis nas bibliotecas da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e Faculdade Integrado de Campo Mourão. Foram selecionados 200 trabalhos que tratam da aplicação de fungicidas, sendo 100 de publicações nacionais e 100 internacionais. Os trabalhos considerados foram aqueles com ano de publicação superior a 1990.

Como critério os trabalhos consultados foram, preferencialmente, classificados pelo critério Qualis referente ao triênio 2004/2006 (publicações nível A) que classifica os veículos de divulgação da produção intelectual (bibliográfica) dos programas de pós-graduação *stricto sensu* e é utilizado pela Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) para o processo de avaliação da pós-graduação, por ela promovido.

Foram verificadas a presença ou ausência das seguintes informações na descrição metodológica dos trabalhos científicos avaliados:

- Ponta de pulverização: sua descrição (tipo/modelo); seu ângulo de descarga (projeção) e o espectro de gotas formado;
- Pressão de trabalho: descrição da pressão de trabalho utilizada e sua manutenção;
- Taxa de aplicação: descrição do volume da calda aplicada por área;

- Concentração da calda aplicada: descrição da dose do ingrediente ativo utilizado por volume de aplicação aplicado;
- Temperatura do ar: sua informação no momento da aplicação;
- Umidade relativa do ar: sua informação no momento da aplicação;
- Velocidade do vento: sua informação no momento da aplicação;

Para as bases bibliográficas investigadas nacionais e internacionais, os resultados das informações foram computados como presentes (Sim) ou ausentes (Não) sendo dispostos em gráficos em porcentagem, aglutinando as informações para uma visualização do panorama geral, para sua descrição e análise. Optou-se pela não identificação individual da autoria dos trabalhos avaliados, por não se tratar do objetivo do presente trabalho, sendo apenas referenciada quantitativamente a sua origem de publicação (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Base do referencial bibliográfico consultado e sua distribuição quantitativa:

FONTE	Número de publicações avaliadas	
	Nacionais	Internacionais
Agronomy Journal	-	8
Aspects of Applied Biology	-	12
Australian Journal of Experimental Agriculture	-	5
Biosystems Engineering	-	7
Bragantia	20	-
Canadian Journal of Plant Pathology	-	4
Ciência e Agrotecnologia	-	5
Ciência Rural	15	-
Engenharia Agrícola	15	-
Fitopatologia Brasileira	8	-
Horticultura Brasileira	3	-
Journal of Agricultural Engineering Research		8
Pesquisa Agropecuária Brasileira	-	5
Phytopathology	-	9
Plant disease	-	23
Plant Pathology	-	4
Revista Árvore	3	
Revista Brasileira de Agrociência	3	-
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental	7	-
Revista Brasileira de Fruticultura	3	-
Scientia Agricola	8	
Summa Phytopathologica	10	
Transactions of the American Society of Engineering	-	15
TOTAL	100	100

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados sobre a descrição dos tipos de pontas utilizadas (modelo), seu ângulo de pulverização e o tamanho de gotas formadas estão apresentadas na Figura 4.1.

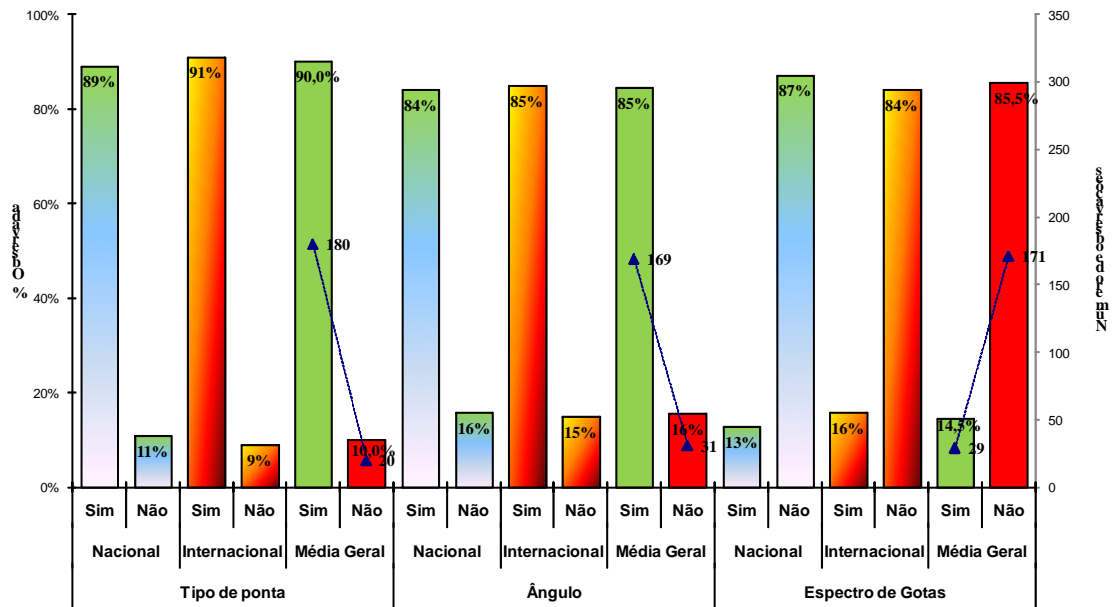


Figura 4.1 – Distribuição porcentual e numérica total de informações sobre o tipo de ponta de pulverização utilizada, seu ângulo de projeção e espectro de gotas formadas em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de fungicidas.

Com o levantamento dos trabalhos fica evidente a necessidade de proposta para que, independente do foco principal da publicação, essa seja uma informação indispensável assim como a informação do ângulo de operação. Essas informações, embora não pareçam ser significantes, tendo em vista a possibilidade de consulta aos manuais de fabricantes e trabalhos específicos sobre o desenvolvimento e operação de pontas de pulverização, fornecem informações importantes sobre o espectro de gotas formadas e a disposição correta dessas em detrimento ao alvo pretendido já que cada tipo de ponta de pulverização possui uma característica própria, como afirma Matthews (2002). O fator mais preocupante é a falta de informação da classe de tamanho de gotas formadas pelas pontas de pulverização. O grande desenvolvimento da tecnologia para as pontas de pulverização e as tentativas de normatização das mesmas através de esforços internacionais, buscando aplicações mais técnicas, precisas, seguras ao ambiente/ saúde humana e econômicas de produtos fitossanitários focadas na redução do potencial de deriva, continua sendo apenas

uma tendência como afirma Matthews (2004), visto que, dos 200 trabalhos avaliados, 171 (85,5%) não trazem essa informação.

A informação sobre a pressão de trabalho, que é o princípio básico da pulverização hidráulica, fundamental para a formação e manutenção da distribuição das gotas (Figura 4.2), não é metodologicamente descrita em 13% (26) dos trabalhos avaliados. Essa situação tem que ser mudada, devendo ser obrigatória sua menção nos trabalhos que tratam de pulverização de produtos fitossanitários, sem exceção. Por ser muito variável em diferentes equipamentos, pode inviabilizar a aplicação técnica de produtos fitossanitários.

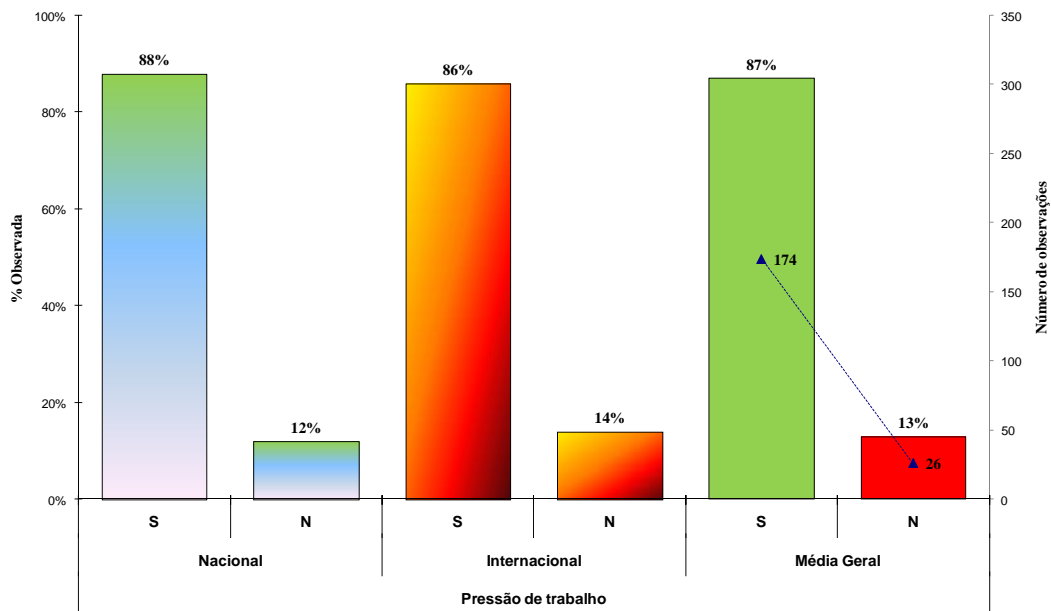


Figura 4.2 – Distribuição porcentual e numérica total de informações sobre a pressão de trabalho em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de fungicidas.

Geralmente o uso de pressões excessivas ou pontas de pulverização inadequadas são as maiores causadoras de deriva (MATTHEWS, 2004). Em suas observações este autor afirma ainda que a informação sobre o volume de calda aplicado por unidade de área (taxa de aplicação) consta na maioria dos trabalhos, o que também foi apreciado para os trabalhos avaliados neste estudo (Figura 4.3). Para a dosagem do fungicida (concentração da calda), em 35,5% (71) dos trabalhos avaliados essa informação não estava disponível.

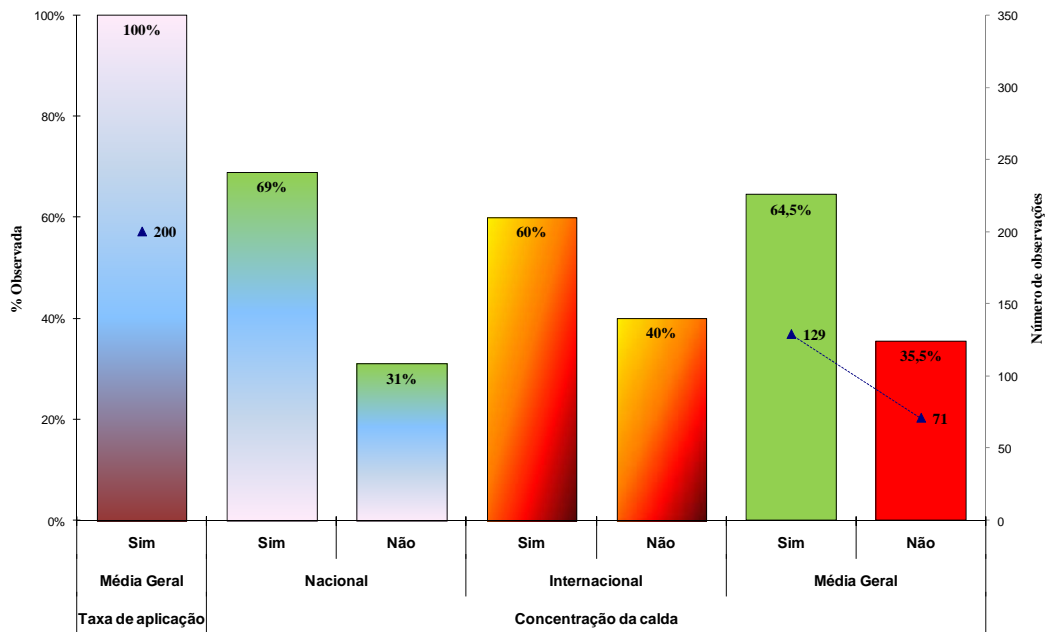


Figura 4.3 – Distribuição porcentual e numérica total de informações sobre a taxa de aplicação e concentração da calda de pulverização praticada em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de fungicidas.

Como há a tendência e têm sido praticadas pulverizações terrestres a taxas de aplicação baixas (200 L ha^{-1}) e levando ainda em consideração a recomendação de doses de fungicidas por unidade de área (ha), a indicação da concentração do ingrediente ativo (dose) por volume de aplicação é importante e deve ser referenciada, pois, apesar das doses recomendadas serem altas (MATTHEWS, 2008), se a técnica de aplicação não for apropriada o seu efeito pode ser reduzido ou potencializado em detrimento às transferências de doses resultando, em ambos os casos, em perdas (MATTHEWS, 2008).

Para o item avaliado, distância e posição da ponta em relação ao alvo (Figura 4.4) verificaram-se, exceto em trabalhos específicos, ser pouco apreciada e relevada nas publicações estudadas. Essa informação inexistente em 48% (97) dos trabalhos é preocupante, pois na técnica de pulverização, as diversas possibilidades de espaçamento entre as pontas e a relação desses espaçamentos com a altura (distância) ao alvo pretendido pode, em função do modelo, tecnologia da ponta utilizada, pressão de trabalho, tipo de calda, ângulo do jato emitido, topografia, densidade foliar e arquitetura da cultura, alterar expressivamente o resultado da pulverização resultando em coeficientes de variação excessivos com conseqüente deposição desuniforme do produto aplicado. Essa desuniformidade pode vir a acarretar a

necessidade de repasse nas áreas com novo tratamento o que pode condenar a técnica de aplicação conforme afirmam Perecin et al. (1998) e Peressin e Perecin (2003).

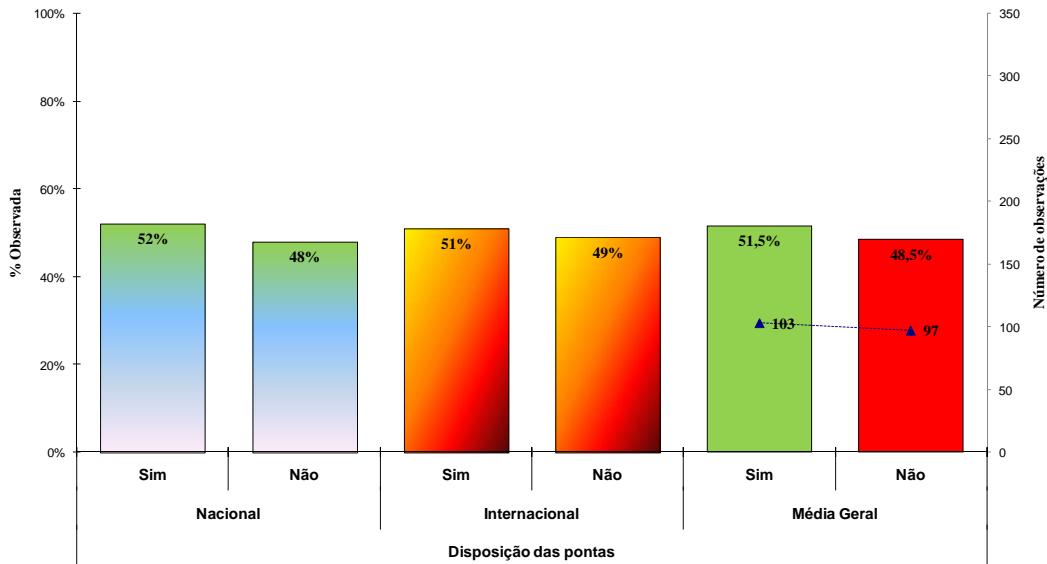


Figura 4.4 – Distribuição porcentual e numérica total de informações sobre a distância e posição da ponta em relação ao alvo em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de fungicidas.

A perspectiva de obtenção de avanços na área científica faz com que haja um excesso de zelo e preocupação com os objetivos e resultados a serem obtidos o que resulta, em alguns casos, em descuidos e negligência às descrições básicas em sua metodologia nas publicações de notas, comunicações, artigos técnicos e científicos em revistas e jornais de impacto para a comunidade científica. Slafer (2008) ressalta a importância, para jornais agrônômicos, da busca dos cientistas em publicar suas hipóteses mais relevantes naqueles com alto fator de impacto, sem desconsiderar a importância das publicações dos produtos desses trabalhos em jornais de ciência de plantas mais básicos.

Nessa mesma linha de raciocínio deve-se buscar publicar sem desconsiderar também aspectos metodológicos básicos. Quando avaliados os itens temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento (Figura 4.5) cabe o alerta da inobservância de sua importância, pelos resultados apreciados. Expressivos 49,5% (99), 53% (106), 55% (110), dos trabalhos avaliados não apresentaram informações sobre a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, respectivamente. Para o uso de fungicidas, embora com grande possibilidade de emprego de gotas finas, médias e eventualmente grossas, principalmente nesse caso, quando para produtos sistêmicos, sabe-se que nem sempre, nessa configuração,

oferecem os resultados esperados e não obstante as tecnologias disponíveis pode resultar em controle ineficiente (MATTHEWS, 2008). As observações e o critério descritivo dessas informações são fundamentais para a segurança e eficiência na aplicação de produtos fitossanitários possibilitando, quando possível, alterações significativas nas técnicas de aplicação, na constante busca da transferência ótima, homogênea e segura da dose requerida para o alvo objeto de controle.

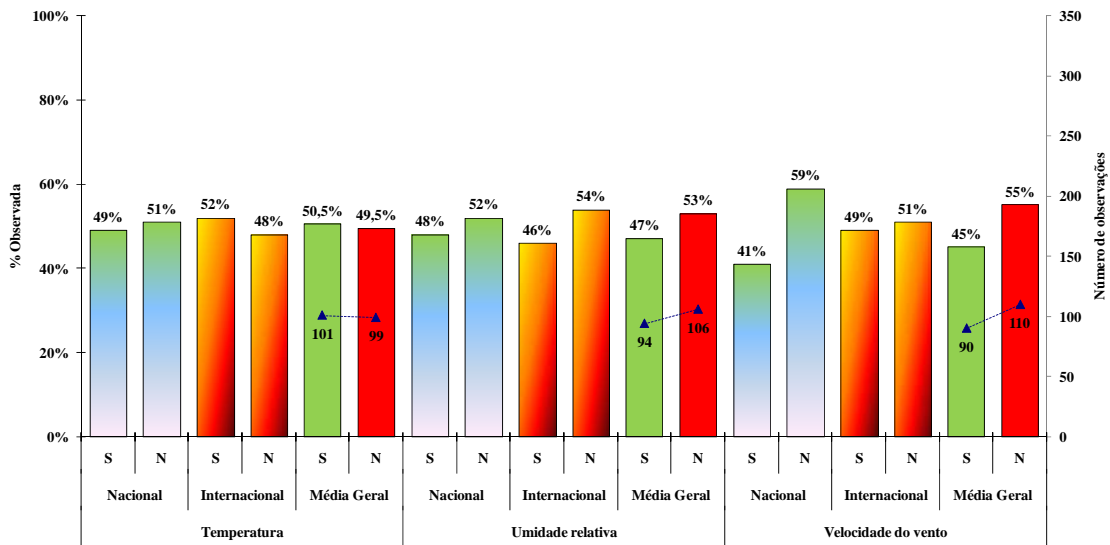


Figura 4.5 – Distribuição percentual e numérica total de informações sobre as condições meteorológicas em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de fungicidas.

Em condições climáticas adversas, com temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade de vento aumentam-se o risco de contaminação ambiental por deriva. Quanto maior a intensidade dos ventos e menores as gotas produzidas, maior será a quantidade de gotas desviadas. Como a água é o agente de diluição da maioria dos produtos comercializados, a evaporação tem papel importante numa aplicação e deve ser evitada. Por outro lado, utilização de gotas com maior diâmetro diminui o risco de deriva, porém, devido ao seu peso, elas podem não aderir às superfícies das folhas e terminar no solo (TEIXEIRA, 1997).

Face ao observado, propõe-se uma descrição metodológica simplificada, sem prejuízo a quem produz ciência ou ao concorrido espaço físico das revistas e jornais científicos.

A sugestão baseia-se no princípio básico metodológico científico da repetibilidade. Através da descrição dos itens propostos (Tabela 4.2) a identificação e reconhecimento se a técnica de aplicação foi eficiente ou não, pode ser favorecida. Alguns itens apenas reforçam e destacam a importância daquelas informações comumente descritas.

Tabela 4.2 – Proposta de itens que devem ser mantidos e acrescidos na descrição metodológica de artigos técnicos ou científicos que tratem da aplicação de fungicidas:

Descrição do produto				
Classe toxicológica	Formulação, grupo químico	Modo e mecanismo de ação, poder residual	Adjuvante (s)	Dose recomendada X Dose utilizada
Descrever a classe toxicológica do produto a ser aplicado	Descrever o tipo de formulação do produto aplicado e o grupo químico que pertence.	Descrição se sistêmico ou de contato, seu mecanismo de ação, poder residual e sua fitotoxicidade ou não	Descrição, concentração e caracterização (quando utilizado)	Indicar a dose recomendada pelo fabricante (registrada). Indicar a dose utilizada na aplicação.
Aplicação				
Objetivo	Taxa de aplicação recomendada (L ha⁻¹)	Taxa de aplicação utilizada (L ha⁻¹)	Pressão de trabalho	Agente diluente
Descrever se o tratamento tem finalidade preventiva ou curativa.	Informar o volume de calda recomendado pelo fabricante	Informar o volume de calda efetivamente aplicada	Identificar a pressão de trabalho utilizada (kPa)	Se disponível e possível, descrever a qualidade da água utilizada (dureza e pH)
Aplicações realizadas				
Data e horário	Número de aplicações	Intervalo entre aplicações	Descrição do alvo	Descrição do cultivo protegido
Informar a data e o horário da execução de cada aplicação realizada	Descrever o número de aplicações realizadas	Informar o intervalo em dias entre as aplicações realizadas	Descrever os níveis de incidência/ severidade; posição e progresso da infecção.	Descrever a idade, estágio fenológico e altura
Ponta de pulverização				
Modelo	Ângulo de descarga (projeção)	Vazão (L min⁻¹)	Espectro de gotas formado*	Diâmetro mediano volumétrico (DMV)
Informar o modelo da ponta (fabricante)	Informar se disponível (graus)	informar a vazão nominal da ponta de pulverização	Categoria do espectro de gotas formado na pressão de trabalho utilizada	Informar se disponível
Equipamento				
Modelo	Tipo de barra	Espaçamento entre bicos	Ângulo dos bicos	Altura de operação da barra e utilização de jato de ar transportado
Descrever o tipo de equipamento, capacidade de operação e manutenção da pressão de trabalho	Comprimento e descrição de sua montagem no equipamento	Espaçamento entre os bicos de pulverização utilizado na aplicação	Se utilizado descrever a angulação dos bicos em relação à vertical.	Informar a distância utilizada entre as pontas de pulverização e o alvo pretendido. Informar o tipo de assistência de ar utilizada
Condições meteorológicas				
Temperatura	Umidade relativa	Velocidade do vento	Nebulosidade	Precipitação
Informar a temperatura no momento da aplicação.	Informar a umidade relativa do ar no momento da aplicação	Informar a velocidade do vento no momento e durante a aplicação	Identificar as condições de nebulosidade no momento da aplicação	Informar se ocorrer (antes, durante e após a aplicação)
Segurança				
Descrever o uso de equipamento de proteção individual (EPI) por ocasião do preparo da calda e aplicação do produto fitossanitário para reforçar sua necessidade para a segurança do operador.				

* A classificação do espectro de gotas internacional considerada a categoria de gotas formadas como muito fina, fina, média, grossa, muito grossa e extremamente grossa. Essa classificação está apresentada, inclusive com os padrões de cores das pontas de pulverização com a norma ASAE S-572 da ASABE (2004).

Com essas informações mínimas descritas a pesquisa poderá confrontar, relacionar e discutir melhor os resultados obtidos, multiplicando os esforços para o domínio e aprimoramento das técnicas relacionadas à aplicação de produtos fitossanitários. Nesse

sentido, a produção científica será beneficiada e subsidiará informações aplicadas, em menor tempo, para os profissionais e difusores tecnológicos que pelo princípio de extensão rural, aplicarão essas informações à campo, beneficiando assim todos os segmentos da cadeia produtiva.

4.5 CONCLUSÕES

Descrições mínimas requeridas sobre a técnica de aplicação de fungicidas não tem sido observadas. Existem deficiências nas informações básicas sobre as pontas de pulverização utilizadas e suas características técnicas, concentração da calda pulverizada, pressão de trabalho e sua manutenção, posição das pontas em relação à cultura e informações sobre as condições meteorológicas no momento da aplicação.

A utilização da proposta de descrição metodológica mínima é plausível para os tratamentos fungicidas, permitindo sua repetibilidade.

5 ARTIGO C. DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE DESCRIÇÃO METODOLÓGICA PARA TRABALHOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS QUE TRATAM DA AVALIAÇÃO DO EFEITO DA APLICAÇÃO DE INSETICIDAS

5.1 RESUMO

O controle químico é uma ferramenta viável e praticamente indispensável no manejo e controle de pragas das plantas cultivadas, mas detalhes insuficientes sobre os métodos de aplicação de produtos fitossanitários têm sido reportados na maioria das publicações científicas que tratam da aplicação de inseticidas. Através de levantamento em 200 trabalhos científicos fez-se o apontamento da presença ou ausência de informações básicas sobre o método de aplicação. Observou-se que as descrições mínimas requeridas sobre a técnica de aplicação de inseticidas não tem sido atendidas. Destacam-se a insuficiência de descrição sobre o espectro de gotas formado pela pulverização, com ausência de informação em 86,5% (173) dos trabalhos avaliados; pressão de trabalho: 19% (38); concentração da calda: 26% (52); distância e posição das pontas de pulverização em relação ao alvo: 57% (114); temperatura: 64% (128); umidade relativa do ar: 67% (134) e velocidade do vento: 72,5% (145). Para todos os trabalhos foi observada a informação da taxa de aplicação utilizada ($L\ ha^{-1}$). Para alterar essa realidade observada e resgatar a devida importância da técnica de aplicação, propõe-se uma descrição metodológica simplificada para a aplicação de produtos fitossanitários. A utilização da proposta de descrição metodológica mínima é plausível para os tratamentos inseticidas, permitindo sua repetibilidade.

Palavras-chave: Pontas de pulverização. Espectro de gotas. Pressão de trabalho.

DIAGNOSIS AND METHODOLOGICAL DESCRIPTION PROPOSAL FOR SCIENTIFIC-TECHNOLOGICAL WORKS THAT DEAL WITH THE ASSESSMENT OF THE EFFECT OF INSECTICIDES APPLICATION

Abstract

Chemical control is a viable tool and practically essential in the management and control of plagues of grown plants, but insufficient details on application methods of pesticides have been taken into consideration in most scientific publications that deal with insecticides application. Through a survey with 200 scientific works the presence or absence of basic information on the application method was pointed out. It was observed that the minimum descriptions required on insecticides application technique have not been taken into consideration. It is emphasized the lack of description on the droplets spectrum formed by pulverization, with lack of information in 86.5% (173) of the evaluated works; operation pressure: 19% (38); concentration of the spray solution: 26% (52) distance and position of the pulverization nozzles in relation to the crop canopy target: 57% (114); temperature: 64% (128); relative air humidity: 67% (134) and wind speed: 72.5% (145). For all the works it was observed the information of the application rate used ($L\ ha^{-1}$). In order to alter this observed

reality and recover the proper importance of the application technique, it is proposed in the present work a simplified methodological description for the application of pesticides. The use of the minimum methodological description proposal is plausible and can favor the insecticide treatments, enabling its repeatability.

Key-words: Spray nozzles. Droplets spectrum. Operation pressure.

5.2 INTRODUÇÃO

O controle químico é uma alternativa viável para o manejo/controlado de pragas das plantas cultivadas. O seu uso tem contribuído para a agricultura garantindo a expressão de seu potencial produtivo desde que utilizado de maneira racional buscando minimizar a contaminação do ambiente, os danos à saúde do homem e o aparecimento de pragas resistentes.

Significativas mudanças e inovações tecnológicas, advindas do aumento das pragas de importância, têm ocorrido na defesa fitossanitária nos últimos 30 anos. Nesse contexto, visando o seu manejo e controle, os inseticidas historicamente têm contribuído em média com 25,73% do volume total de produtos fitossanitários (inseticidas, herbicidas e fungicidas) comercializados no Brasil de 1992 a 2005, contabilizando US\$ 7,80 bilhões (SINDAG, 2005).

Conceição (2006) destaca que, desde a descoberta dos inseticidas organoclorados e organofosforados na década de 40, comparativamente a redução expressiva da dose de ingrediente ativo e persistência de inseticidas recomendados e empregados no Brasil, entre o período compreensivo das décadas de 60, 70, 80 e 90, foi da ordem de 88,69%. Faz referência também a evolução das moléculas inseticidas, outrora reconhecidamente as mais tóxicas, sendo disponíveis com diferentes níveis de seletividade e baixa toxicidade.

Sobre a eficiência do controle pelo uso de inseticidas Graham-Brice (1975), para o controle de afídeos, apresentou um resultado de 0,02%, enquanto que Rainey (1974) relata que, em controle de insetos em condições de lavoura, a eficiência média da aplicação esteja por volta de 0,000001%.

A utilização da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários busca a deposição da quantidade certa de ingrediente ativo no alvo pretendido, com o máximo de eficiência e da maneira mais econômica possível, evitando afetar o mínimo o ambiente (MATTHEWS, 2002; MATUO et al., 2006). O domínio dessa tecnologia é imprescindível para o aumento da eficiência do produto e a diminuição da contaminação do aplicador e do ambiente, bem como para a redução dos custos nas aplicações.

Hoje há tendência de diminuição de volume de calda com a intenção de redução de custos e aumento da eficiência das pulverizações. Matthews (2004, 2008) evidencia essa diminuição nas taxas de aplicação em pulverizações terrestres de 500 L ha^{-1} para volumes inferiores a 200 L ha^{-1} ressaltando enfaticamente que aprimoramentos na tecnologia de aplicação empregada no campo são requeridos.

Para Matthews (2008) os produtos fitossanitários são aplicados em situações diversas, mas, em cada situação, deve-se considerar a aplicação com a máxima precisão e dosagem ótima, com o mínimo de exposição da substância ativa para o operador. Destaca que o desenvolvimento de novas pontas de pulverização proporciona para os usuários maior flexibilidade, aperfeiçoando a distribuição dos produtos fitossanitários, enquanto diminuem os volumes de pulverização influenciando as transferências de doses.

A dosagem de produtos fitossanitários recomendados pelas empresas detentoras de moléculas é alta, sendo definidas por programas experimentais de ensaios à campo rigorosos e prolongados para garantia de seu registro junto aos agentes regulamentadores. Em muitos casos, relevando a diminuição significativa nas taxas de aplicação utilizadas atualmente, o usuário final é o principal responsável pela decisão do volume a ser aplicado (MATTHEWS, 2008).

O espectro de gotas formadas em bicos hidráulicos é determinado pelo modelo de bico, tamanho do orifício da ponta (vazão nominal), ângulo de descarga (projeção), pressão de trabalho e formulação do produto fitossanitário. Esses fatores, portanto, estarão devidamente relacionados à cobertura do alvo pela calda pulverizada, uma vez que, fixando-se o volume de aplicação e a área da cultura a ser coberta, dentro dos limites da deriva e do ponto de escorrimento, a cobertura poderá ser afetada pela alteração do espectro de gotas. Essa constatação determina a importância da seleção apropriada das pontas de pulverização responsáveis pela quantidade aplicada por área, uniformidade de aplicação, da cobertura obtida e pelo risco potencial de deriva (JOHNSON; SWETNAM, 1996; WOMAC et al., 1997, 1999; MATTHEWS, 2004, 2008).

O sistema internacional de classificação do espectro de gotas formadas e de pontas de pulverização baseia-se em dois componentes: distribuição do tamanho de gotas e risco de deriva (MILLER et al., 2002). Essa classificação está apresentada, inclusive com os padrões de cores das pontas de pulverização com a norma ASAE S-572 da ASABE (2004).

O grande desafio da pesquisa neste sentido é a obtenção dessa cobertura ideal do alvo com distribuição uniforme das gotas produzidas. De um lado as gotas muito grandes, com problemas de cobertura insuficiente do alvo, desuniformidade de distribuição e

excesso de massa que interfere em sua aderência ao alvo e perda para o solo; De outro lado gotas pequenas que apresentam a solução para todos esses problemas, mas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar, intensificando e provocando o fenômeno da deriva com o aumento do risco de contaminação ambiental (TEIXEIRA, 1997; CHRISTOFOLETTI, 1997, 1999; CROSS et al., 2001; FERREIRA, 2003; CUNHA et al., 2003). Há estreita relação entre o fenômeno da evaporação com o espectro de gotas produzidas e a condições meteorológicas como temperatura e umidade relativa do ar. Velloso e Souza (1996) relataram que a temperatura do ar acima de 30 °C e umidade relativa abaixo de 70% são fatores que favorecem a ocorrência desse fenômeno devendo ser monitoradas. Ruedell (1995b, 1999) diz que poucas pesquisas se preocupam com as condições do ambiente nas pulverizações.

Matthews (2002) afirma que cada ponta possui uma característica própria de distribuição volumétrica, sendo esta, específica para cada condição de altura da ponta em relação ao alvo e de espaçamento entre pontas na barra. É fato que se o volume aplicado não for adequado e uniforme, corre-se o risco de necessidade de aplicações adicionais para a compensação desses volumes pontuais ou em faixas não tratadas (PERECIN et al., 1998; PERESSIN; PERECIN, 2003). No Brasil comumente se utiliza o espaçamento entre conjunto de bicos de 50 cm. Conhecendo-se a ponta de pulverização e o jato emitido pode-se buscar a melhor relação entre esse espaçamento e altura mínima da barra em relação ao alvo buscando aquela que, dependendo da faixa de pressão de trabalho, deposite a calda pulverizada de maneira mais uniforme, com menor coeficiente de variação (CHRISTOFOLETTI, 2000; PERESSIN; PERECIN, 2003; CUNHA; RUAS, 2006).

Apesar de todas essas considerações e esforços para uma prática mais segura e eficiente de pulverização de produtos fitossanitários, observa-se que ainda é dada muita importância ao produto fitossanitário e pouca à técnica de aplicação (HISLOP, 1991; CUNHA et al., 2003). Para Ramos (2001) o desconhecimento dos conceitos de aplicação de produtos fitossanitários é evidente na literatura científica exemplificando que, com frequência, o volume de calda aplicado é considerado como parâmetro suficiente para caracterizar e proporcionar a repetibilidade de uma aplicação.

Mesmo na importante missão e objetivo em buscar notoriedade científica através de publicações em revista de grande impacto à comunidade científica (SLAFER, 2008), detalhes insuficientes sobre os métodos de aplicação de produtos fitossanitários têm sido reportados na maioria dessas publicações, de acordo com Matthews (2004). Em seu trabalho (“Como os produtos fitossanitários tem sido aplicados?”) relata que a maioria dos

trabalhos científicos não traz informações descritivas suficientes em detrimento aos métodos de aplicação utilizados. Afora o volume de água utilizada para diluição, presente em todas as publicações, o autor destaca falta de informações sobre os tipos de pontas utilizadas, seu ângulo, a categoria do espectro de gotas formada, concentração da calda pulverizada, pressão de trabalho e sua manutenção, posição das pontas em relação à cultura e informações sobre as condições meteorológicas no momento da aplicação, o que prejudica a distinção se o que resultou em um tratamento fitossanitário ineficiente foi determinado pelo produto aplicado ou pela técnica inadequada de aplicação.

O objetivo deste trabalho foi verificar a presença ou ausência de descrições metodológicas básicas, a partir das sugestões de Matthews (2004), nas aplicações de inseticidas em trabalhos científicos publicados no Brasil e em outros países. Também propor descrição mínima necessária para possibilitar a verificação da adequação das condições de realização dos trabalhos, oferecendo assim subsídios técnicos que auxiliem a repetibilidade dos métodos de aplicação de inseticidas.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

Com base no trabalho de Matthews (2004), considerando sua afirmação sobre a insuficiência de informações metodológicas básicas sobre a técnica de aplicação de produtos fitossanitários, foi realizado levantamento em base bibliográfica disponível para consulta no portal de periódicos da CAPES, revistas e bases bibliográficas de livre acesso disponíveis on-line (Internet); periódicos, jornais e revistas científicas disponíveis nas bibliotecas da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e Faculdade Integrado de Campo Mourão. Foram selecionados 200 trabalhos que tratam da aplicação de inseticidas, sendo 100 de publicações nacionais e 100 internacionais. Os trabalhos considerados foram aqueles com ano de publicação superior a 1990.

Como critério os trabalhos consultados foram, preferencialmente, classificados pelo critério Qualis referente ao triênio 2004/2006 (publicações nível A) que classifica os veículos de divulgação da produção intelectual (bibliográfica) dos programas de pós-graduação stricto sensu e é utilizado pela Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) para o processo de avaliação da pós-graduação, por ela promovido.

Foram verificadas a presença ou ausência das seguintes informações na descrição metodológica dos trabalhos científicos avaliados:

- Ponta de pulverização: sua descrição (tipo/modelo); seu ângulo de descarga (projeção) e o espectro de gotas formado;
- Pressão de trabalho: descrição da pressão de trabalho utilizada e sua manutenção;
- Taxa de aplicação: descrição do volume da calda aplicada por área;
- Concentração da calda aplicada: descrição da dose do ingrediente ativo utilizado por volume de aplicação aplicado;
- Temperatura do ar: sua informação no momento da aplicação;
- Umidade relativa do ar: sua informação no momento da aplicação;
- Velocidade do vento: sua informação no momento da aplicação;

Para as bases bibliográficas investigadas, nacionais e internacionais, os resultados das informações foram computados como presentes (Sim) ou ausentes (Não) sendo dispostos em gráficos em porcentagem, aglutinando as informações para uma visualização do panorama geral, para sua descrição e análise. Optou-se pela não identificação individual dos trabalhos avaliados, por não se tratar do objetivo do presente trabalho, sendo apenas referenciada quantitativamente a sua origem de publicação (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Base do referencial bibliográfico consultado e sua distribuição quantitativa:

FONTE	Número de publicações avaliadas	
	Nacionais	Internacionais
Agronomy Journal	-	12
Arquivos do Instituto Biológico	9	-
Ciência Rural	20	-
Crop Protection	-	10
Engenharia Agrícola	12	-
International Journal of Agriculture Science	-	12
Journal of Applied Entomology	-	10
Journal of Economic Entomology	-	8
Journal of Stored Products Research	-	4
Neotropical Entomology	7	7
Pesquisa Agropecuária Brasileira	-	14
Pesticide Science	-	7
Phytoparasitica	-	8
Planta Daninha	4	-
Revista Brasileira de Agrociência	8	-
Revista Brasileira de Entomologia	20	-

FONTE	Número de publicações avaliadas	
	Nacionais	Internacionais
Revista Brasileira de Fruticultura	8	-
Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas	2	-
Scientia Agricola	10	-
Transactions of the American Entomological Society	-	15
TOTAL	100	100

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados sobre a descrição dos tipos de pontas utilizadas (modelo), seu ângulo de pulverização e o tamanho de gotas formadas estão apresentadas na Figura 5.1.

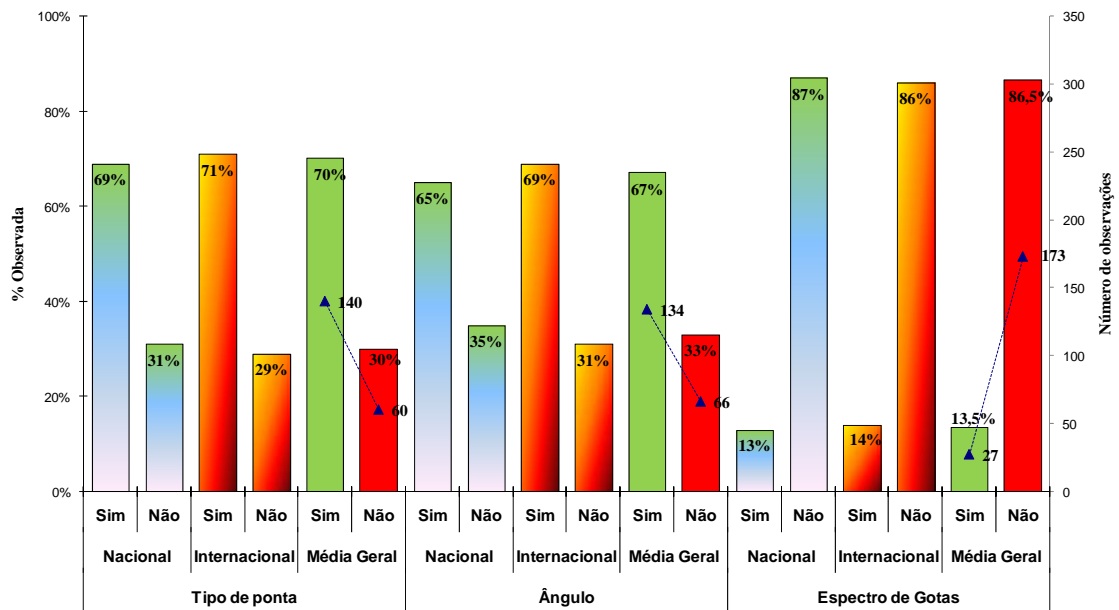


Figura 5.1 – Distribuição percentual e numérica total de informações sobre o tipo de ponta de pulverização utilizada, seu ângulo de projeção e espectro de gotas formadas em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de inseticidas.

Com o levantamento dos trabalhos fica evidente a necessidade de proposta para que, independente do foco principal da publicação, essa seja uma informação indispensável assim como a informação do ângulo de operação. Essas informações, embora não pareçam ser significativas, tendo em vista a possibilidade de consulta aos manuais de fabricantes e trabalhos específicos sobre o desenvolvimento e operação de pontas de

pulverização, fornecem informações importantes sobre o espectro de gotas formadas e a disposição correta dessas em relação ao alvo pretendido, já que cada tipo de ponta de pulverização possui uma característica própria, como afirma Matthews (2002). O fator mais preocupante é a falta de informação da classe de tamanho de gotas formadas pelas pontas de pulverização. O grande desenvolvimento da tecnologia para as pontas de pulverização, e as tentativas de normatização das mesmas através de esforços internacionais, buscando aplicações mais técnicas, precisas, seguras ao ambiente/saúde humana e econômicas de produtos fitossanitários focadas na redução do potencial de deriva, continua sendo apenas uma tendência, como afirma Matthews (2004), visto que, dos 200 trabalhos avaliados, 173 (86,5%) não trazem essa informação.

A informação sobre a pressão de trabalho, que é o princípio básico da pulverização hidráulica, fundamental para a formação e manutenção da distribuição das gotas (Figura 5.2), não é metodologicamente descrita em 19% (38) dos trabalhos avaliados. Essa situação tem que ser mudada, devendo ser obrigatória sua menção nos trabalhos que tratam de pulverização de produtos fitossanitários, sem exceção. Por ser muito variável em diferentes equipamentos, pode inviabilizar a aplicação técnica de produtos inseticidas.

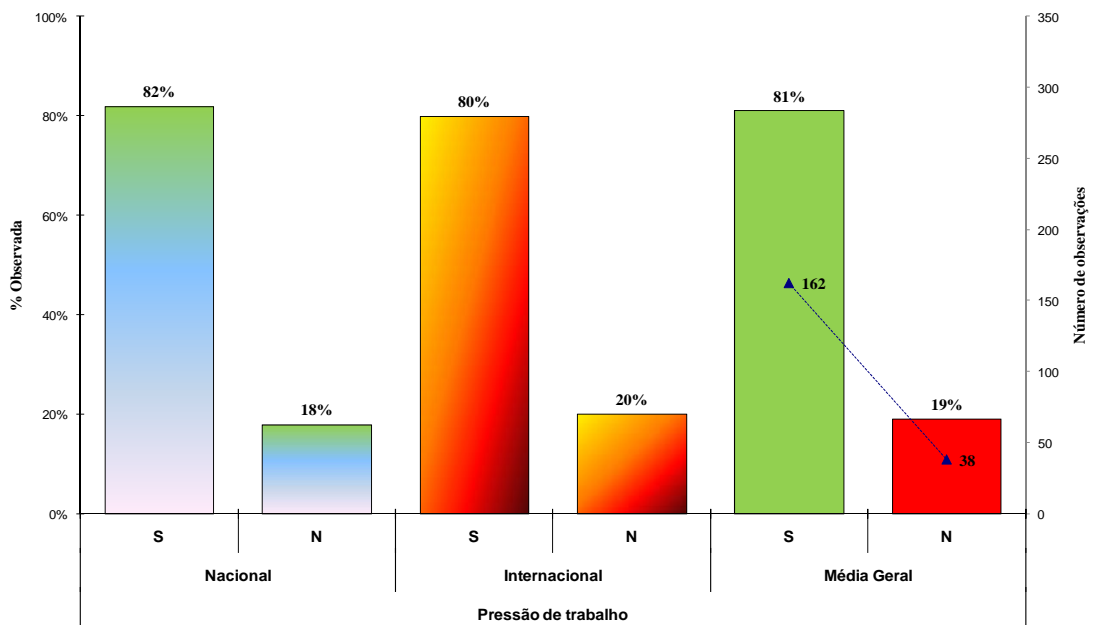


Figura 5.2 – Distribuição percentual e numérica total de informações sobre a pressão de trabalho em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de inseticidas.

Geralmente o uso de pressões excessivas ou pontas de pulverização inadequadas são as maiores causadoras de deriva (MATTHEWS, 2004). Em suas observações este autor afirma ainda que a informação sobre o volume de calda aplicado por unidade de área (taxa de aplicação) consta na maioria dos trabalhos, o que também foi apreciado para os trabalhos avaliados neste estudo (Figura 5.3). Para a dosagem do inseticida (concentração da calda), em 26% (52) dos trabalhos avaliados essa informação não estava disponível.

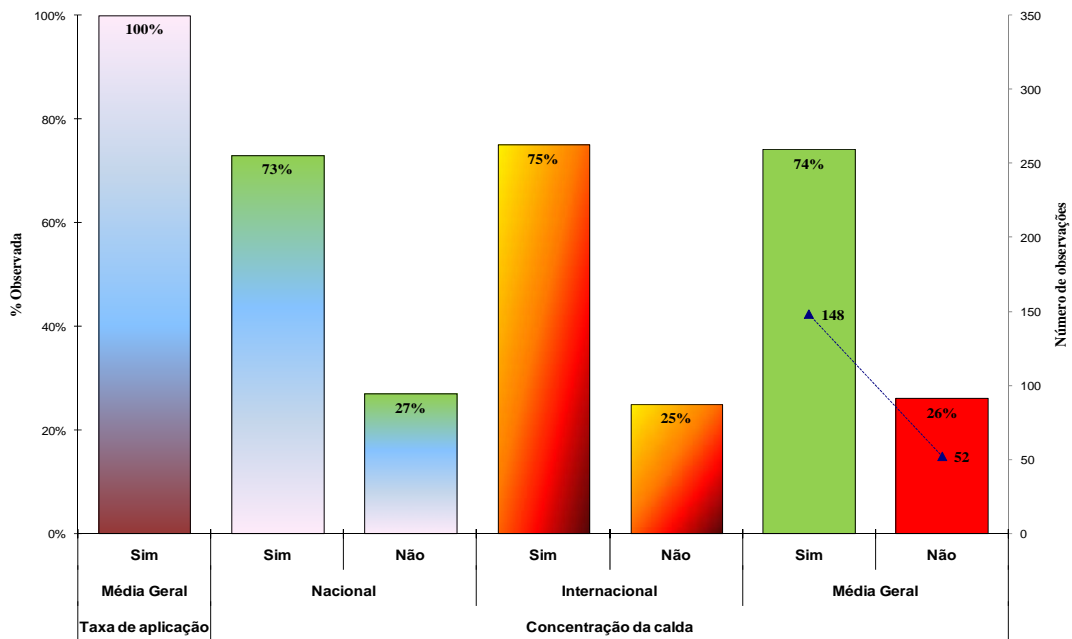


Figura 5.3 – Distribuição percentual e numérica total de informações sobre a taxa de aplicação e concentração da calda de pulverização praticada em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de inseticidas.

Como há a tendência e têm sido praticadas pulverizações terrestres a taxas de aplicação baixas (200 L ha^{-1}), e levando ainda em consideração a recomendação de doses de inseticidas por unidade de área (ha), a indicação da concentração do ingrediente ativo (dose) por volume de aplicação é importante e deve ser referenciada. Apesar das doses recomendadas serem altas, se a técnica de aplicação não for apropriada o seu efeito pode ser reduzido ou potencializado em detrimento às transferências de doses resultando, em ambos os casos, em perdas (MATTHEWS, 2008).

Para o item avaliado, distância e posição da ponta em relação ao alvo (Figura 5.4) verificaram-se ser pouco apreciada e relevada nas publicações estudadas, exceto em trabalhos específicos. Essa informação inexistente em 56% (111) dos trabalhos é

preocupante, pois na técnica de pulverização, as diversas possibilidades de espaçamento entre as pontas, e a relação desses espaçamentos com a altura (distância) ao alvo pretendido pode, em função do modelo, tecnologia da ponta utilizada, pressão de trabalho, tipo de calda, ângulo do jato emitido, topografia, densidade foliar e arquitetura da cultura, alterar expressivamente o resultado da pulverização resultando em coeficientes de variação excessivos com conseqüente deposição desuniforme do produto aplicado. Essa desuniformidade pode vir a acarretar a necessidade de repasse nas áreas com novo tratamento o que pode condenar a técnica de aplicação, conforme afirmam Perecin et al. (1998) e Peressin e Perecin (2003).

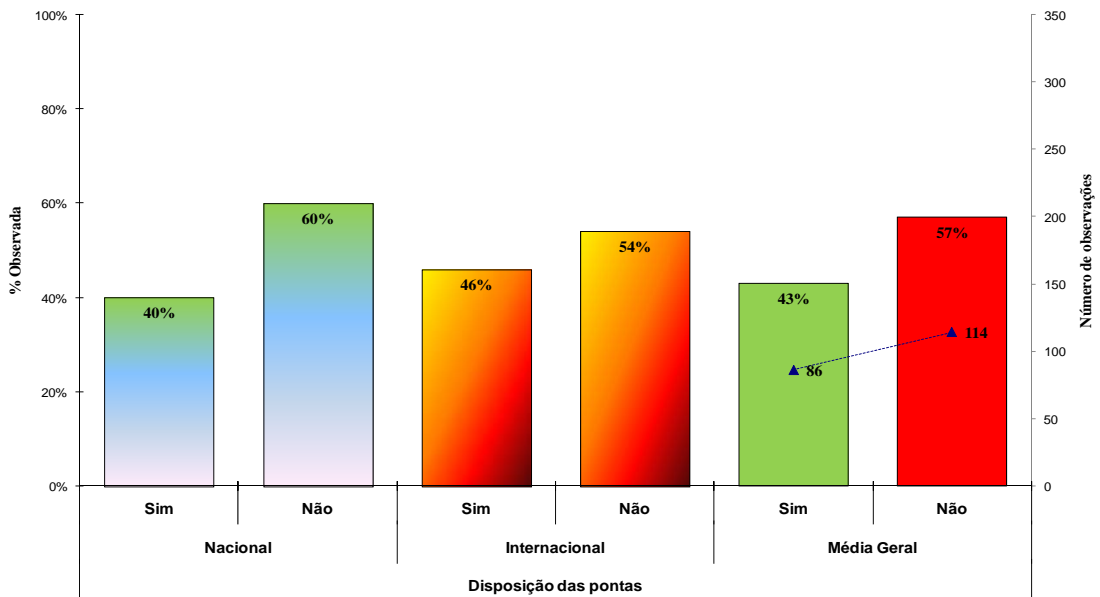


Figura 5.4 – Distribuição percentual e numérica total de informações sobre a distância e posição da ponta em relação ao alvo em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de inseticidas.

A perspectiva de obtenção de avanços na área científica faz com que haja um excesso de zelo e preocupação com os objetivos e resultados a serem obtidos. Em alguns casos pode resultar em descuidos e negligência às descrições básicas em sua metodologia nas publicações de notas, comunicações, artigos técnicos e científicos em revistas e jornais de impacto para a comunidade científica. Slafer (2008) ressalta a importância, para jornais agrônômicos, da busca dos cientistas em publicar suas hipóteses mais relevantes naqueles com alto fator de impacto, sem desconsiderar a importância das publicações dos produtos desses trabalhos em jornais de ciência de plantas mais básicos.

Nessa mesma linha de raciocínio deve-se buscar publicar sem desconsiderar também aspectos metodológicos básicos. Quando avaliados os itens temperatura, umidade

relativa do ar e velocidade do vento (Figura 5.5) cabe o alerta da inobservância de sua importância, pelos resultados apreciados. Expressivos 64% (128), 67% (134), 72,5% (145), dos trabalhos avaliados não apresentaram informações sobre a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, respectivamente. Para o uso de inseticidas, embora com grande possibilidade de emprego de gotas finas, médias e eventualmente grossas no caso de produtos sistêmicos, sabe-se que nem sempre oferecem os resultados esperados e, não obstante as tecnologias disponíveis, pode resultar em controle ineficiente (MATTHEWS, 2008). As observações e o critério descritivo dessas informações são fundamentais para a segurança e eficiência na aplicação de produtos fitossanitários possibilitando alterações significativas nas técnicas de aplicação, na constante busca da transferência ótima, homogênea e segura da dose requerida para o alvo direto ou indireto, objeto de controle.

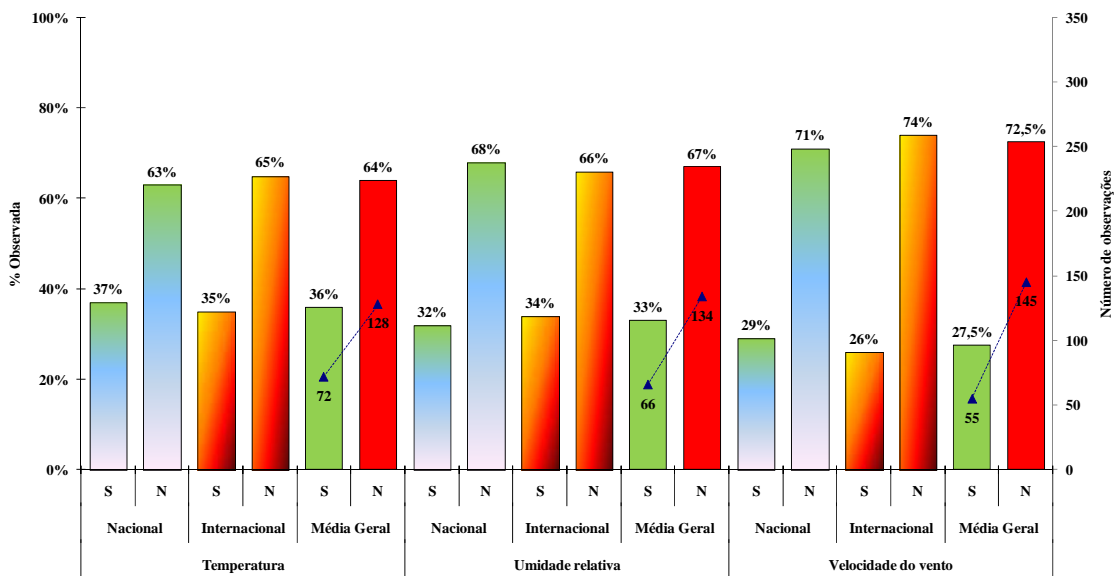


Figura 5.5 – Distribuição percentual e numérica total de informações sobre as condições meteorológicas em 100 trabalhos científicos nacionais e internacionais sobre aplicação de inseticidas.

Em condições climáticas adversas, com temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade de vento, aumentam-se o risco de contaminação ambiental por deriva. Quanto maior a intensidade dos ventos e menores as gotas produzidas, maior será a quantidade de gotas desviadas. Como a água é o agente de diluição da maioria dos produtos comercializados, a evaporação tem papel importante numa aplicação e deve ser evitada. Por outro lado, utilização de gotas com maior diâmetro diminui o risco de deriva,

porém, devido ao seu peso, elas podem não aderir às superfícies das folhas e terminar no solo (TEIXEIRA, 1997).

Face ao observado, propõe-se uma descrição metodológica simplificada, sem prejuízo a quem produz ciência ou ao concorrido espaço físico das revistas e jornais científicos.

A sugestão baseia-se no princípio básico metodológico científico da repetibilidade. Através da descrição dos itens propostos (Tabela 5.2), a identificação e reconhecimento se a técnica de aplicação foi eficiente ou não, pode ser favorecida. Alguns itens apenas reforçam e destacam a importância daquelas informações comumente descritas.

Tabela 5.2 – Proposta de itens que devem ser mantidos e acrescidos na descrição metodológica de artigos técnicos ou científicos que tratem da aplicação de inseticidas:

Descrição do produto				
Classe toxicológica	Formulação, grupo químico	Modo e mecanismo de ação, poder residual e seletividade	Adjuvante (s)	Dose recomendada X Dose utilizada
Descrever a classe toxicológica do produto a ser aplicado	Descrever o tipo de formulação do produto aplicado e o grupo químico que pertence.	Descrição se sistêmico ou de contato, seu mecanismo de ação	Descrição, concentração e caracterização (quando utilizado)	Indicar a dose recomendada pelo fabricante (registrada). Indicar a dose utilizada na aplicação.
Aplicação				
Atuação e sistema	Taxa de aplicação recomendada (L ha⁻¹)	Taxa de aplicação utilizada (L ha⁻¹)	Pressão de trabalho	Agente diluente
Identificar se o produto atua por contato, ingestão, fumigação, profundidade ou ação translaminar e por ação sistêmica. Identificar se o sistema de controle é preventivo ou curativo	Informar o volume de calda recomendado pelo fabricante	Informar o volume de calda efetivamente aplicada	Identificar a pressão de trabalho utilizada (kPa)	Se disponível e possível, descrever a qualidade da água utilizada (dureza e pH)
Aplicações realizadas				
Data e horário	Número de aplicações	Intervalo entre aplicações	Descrição do alvo	Descrição do cultivo protegido
Informar a data e o horário da execução de cada aplicação realizada	Descrever o número de aplicações realizadas	Informar o intervalo em dias entre as aplicações realizadas	Descrever os níveis de ataque e níveis de controle assim como o estágio biológico da praga a ser controlada, sua mobilidade e alocação	Descrever a idade, estágio fenológico e altura
Ponta de pulverização				
Modelo	Ângulo de descarga (projeção)	Vazão (L min⁻¹)	Espectro de gotas formado*	Diâmetro mediano volumétrico (DMV)
Informar o modelo da ponta (fabricante)	Informar se disponível (graus)	informar a vazão nominal da ponta de pulverização	Categoria do espectro de gotas formado na pressão de trabalho utilizada	Informar se disponível
Equipamento				
Modelo	Tipo de barra	Espaçamento entre bicos	Ângulo dos bicos	Altura de operação da barra e utilização de jato de ar transportado
Descrever o tipo de equipamento, capacidade de operação e manutenção da pressão de trabalho	Comprimento e descrição de sua montagem no equipamento	Espaçamento entre os bicos de pulverização utilizado na aplicação	Se utilizado descrever a angulação dos bicos em relação à vertical.	Informar a distância utilizada entre as pontas de pulverização e o alvo pretendido. Informar o tipo de assistência de ar utilizada
Condições meteorológicas				
Temperatura	Umidade relativa	Velocidade do vento	Nebulosidade	Precipitação
Informar a temperatura no momento da aplicação.	Informar a umidade relativa do ar no momento da aplicação	Informar a velocidade do vento no momento e durante a aplicação	Identificar as condições de nebulosidade no momento da aplicação	Informar se ocorrer (antes, durante e após a aplicação)
Segurança				
Descrever o uso de equipamento de proteção individual (EPI) por ocasião do preparo da calda e aplicação do produto fitossanitário para reforçar sua necessidade para a segurança do operador.				

* A classificação do espectro de gotas internacional considerada a categoria de gotas formadas como muito fina, fina, média, grossa, muito grossa e extremamente grossa. Essa classificação está apresentada, inclusive com os padrões de cores das pontas de pulverização com a norma ASABE S-572 da ASABE (2004).

Com essas informações mínimas descritas a pesquisa poderá confrontar, relacionar e discutir melhor os resultados obtidos, multiplicando os esforços para o domínio e aprimoramento das técnicas relacionadas à aplicação de produtos fitossanitários. Nesse sentido, a produção científica será beneficiada e subsidiará informações aplicadas, em menor tempo, para os profissionais e difusores tecnológicos que pelo princípio de extensão rural,

aplicarão essas informações à campo, beneficiando assim todos os segmentos da cadeia produtiva.

5.5 CONCLUSÕES

Descrições mínimas requeridas sobre a técnica de aplicação de inseticidas não tem sido observadas. Existem deficiências nas informações básicas sobre as pontas de pulverização utilizadas e suas características técnicas, concentração da calda pulverizada, pressão de trabalho e sua manutenção, posição das pontas em relação ao alvo e informações sobre as condições meteorológicas no momento da aplicação.

A utilização da proposta de descrição metodológica mínima é plausível para os tratamentos inseticidas, permitindo sua repetibilidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os 600 trabalhos diagnosticados, exceto para a informação sobre a taxa de aplicação utilizada, existem deficiências nas informações básicas sobre as pontas de pulverização utilizadas e suas características técnicas, pressão de trabalho, concentração da calda pulverizada, e sua manutenção, posição das pontas em relação à cultura/alvo pretendido e condições meteorológicas no momento da aplicação (Figura 6.1).

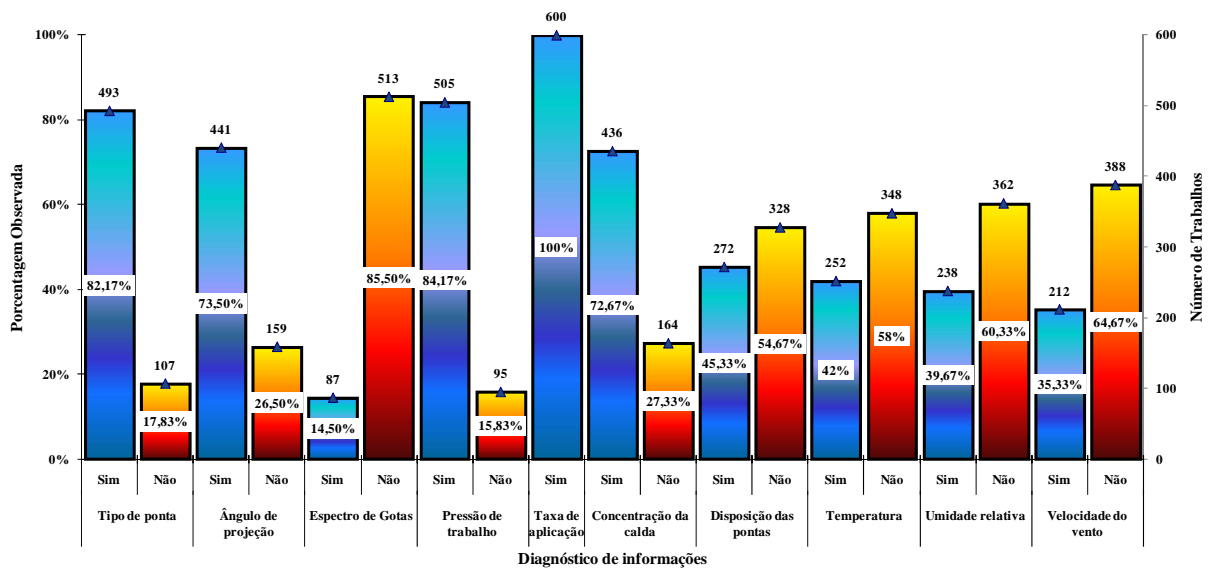


Figura 6.1 – Resultado percentual e numérico total dos 600 trabalhos avaliados com relação à presença e ausência de informações descritivas básicas.

7 CONCLUSÕES GERAIS

Descrições satisfatórias requeridas sobre a técnica de aplicação de produtos fitossanitários não tem sido observadas. A utilização da proposta de descrição metodológica mínima é plausível e pode favorecer o reconhecimento da importância da tecnologia de aplicação utilizada nos tratamentos fitossanitários, facilitando a determinação da melhor técnica a ser utilizada em sua aplicação, permitindo sua repetibilidade e conseqüente evolução tecnológica.

REFERÊNCIAS

- ABI SAAB, O. J. G. **Avaliação de cobertura e depósitos de agrotóxicos em videiras com o uso de diferentes técnicas de aplicação e condições operacionais**. Botucatu, 2000. 84p. Dissertação (Doutorado em Agronomia/ Energia na agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2000.
- ABI-SAAB, O. J. G. **Avaliação de um sistema de aplicação de defensivos utilizado em videiras no Município de Londrina/PR**. 1996. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1996.
- ALVES, A. P.; SERIKAWA, R. H. Controle químico de pragas do algodoeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 1197-1209, 2006.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS - ASABE. **Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra**. St. Joseph: ASAE, Norma S-572, p. 437-440, 2004.
- ANTUNIASSI, U. R. et al. Avaliação da cobertura de folhas em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004a. p. 48-51. 1 CD-ROM
- ANTUNIASSI, U. R. et al. Desempenho de sistema de aplicação terrestre para controle da ferrugem de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: EMBRAPA SOJA, 2005. p. 217-218.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Plantio Direto**, Pelotas, v. 15, p. 17-22, 2006.
- ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2004. p. 145-184.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL – ANDEF. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas: Linea Creativa, 2004. 50 p.

AZENHA, A. C.; TASSÁRA, D. A.; COLETO, R. **Guia de pulverização de fungicidas na cultura do cafeeiro**. São Paulo: Basf, 1999. 40 p.

AZEVEDO, L. A. S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. São Paulo, 2001. 230p.

BALAN, M. G.; ABBI SAAB, O. J. G.; SILVA, C. G. Deposição de três pontas de pulverização em diferentes horários. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004, p.96-99, 1 CD-ROM.

BALARDIN, R. S. Influência do volume de calda e pontas de pulverização sobre o controle das doenças de final de ciclo em duas cultivares de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 29., 2001, Porto Alegre. **Atas e Resumos... Porto Alegre**, 2001. p. 83.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. 3. ed. Piracicaba: L.A. Balastreire, 2007, 320p.

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**: estratégias de mudanças da Agenda 21. 6. Ed. Petrópolis, Vozes, 1997. 159 p.

BARCELLOS, L. C.; CARVALHO, Y. C.; SILVA, A. L. Estudo sobre a penetração de gotas de pulverização no dossel da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Engenharia Agrícola**, v. 6, n. 2, p. 81-94, 1998.

BARTHELEMY, P. et al. Choisir les outils de pulverisation. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1990. 160p.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004a.

BAUER, F.; C. G. RAETANO. Perfis de distribuição volumétrica de pontas XR11003 e TXVK-4 em diferentes condições de Pulverização. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 364-373, 2004b.

BAUER, F. C.; PEREIRA, F. A. R. Fitossanidade e produção agrícola. In: BAUER, F. C.; VARGAS JUNIOR, F. M. (Coord.). **Produção e gestão agroindustrial**. Campo Grande: Editora Uniderp, 2005. p.23-48 p.

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

BLANCA, A. L. **Maquinaria agrícola: constitución**, funcionamiento, regulación y cuidados. 3. ed. Madrid: Ministério da Agricultura, Pesca e Alimentação, 1999, 361p.

BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; BRAUN, E. Volumes de calda na aplicação de fungicida para controle da ferrugem da folha do trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003. Jundiá. **Anais...Goiânia**, 2003, CD-ROM.

BOLLER, W.; MACHRY, M. Efeito da pressão de trabalho e de modelos de pontas de pulverização sobre a eficiência de herbicida de contato. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 722-727, 2007.

BONELLI, M. A. P. O. **Eficiência do flutriafol e do flutriafol + tiofanato metílico aplicado com gotas finas ou médias no controle da ferrugem asiática da soja**, 2006. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

BUISMAN, P. et al. Field deposit patterns of a diflubenzuron spray mix, after application to apple orchard using an airblast sprayer, and a laboratory evaluation of physical properties and atomization characteristics. **Journal of Environmental Science and Health**, New York, v. 24, n. 4, p. 389-411, 1989.

BUTZEN, S. et al. Asian soybean rust: fungicide application technology. **Crop Insights**, v. 15, n. 1, p. 5, 2005.

CABRAS, P. et al. The effect of simulated rain on folpet and mancozeb residues on grapes and wine leaves. **Journal of environmental Science and Health**, v. 36, n. 5, p. 609-618, 2001.

CARRERO, J. M. **Maquinaria para tratamientos fitosanitarios**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 159 p.

CHAIM, A. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos: fatores que afetam a eficiência e o impacto ambiental. In: SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. (ed.). **Agrotóxicos e ambiente**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 289-317.

CHAIM, A. et al. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura de tomate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 741-7, 1999.

CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; PIO, L. C. Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão. **Pesticidas: R. Ecotoxicol e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 10, p. 13-22, jan./dez. 2000.

CHAPPLE, A. C.; HALL, F. R.; BISHOP, B. L. Assessment of single-nozzle patterning and extrapolation to moving booms. **Crop Protection**, Guildford, v. 12, p. 207-13, 1993.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **A importância da distribuição de uma ponta de pulverização**. Teejet, São Paulo. 2000. 7 p. (Boletim Técnico BT-10/2000)

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre deriva na pulverização**. São Paulo: TeeJet South América, 1999. 15 p. (Boletim Técnico. BT-04/99)

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Bicos de pulverização: seleção e uso**. Diadema: Spraying Systems do Brasil, 1997. 8 p.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Manual Shell de máquinas e técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Shell, 1992. 124p.

CONCEIÇÃO, M. Z. Defesa vegetal: legislação, normas e produtos fitossanitários. In: _____. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3. ed., Viçosa: UFV/DFP, 2008. p. 1-61.

CONCEIÇÃO, M. Z. Proteção de plantas. In: **ABEAS: Curso de proteção de plantas**. (Módulo 1 – 1.1). Brasília, DF, 2006. 56p.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CNUMAD), 1992. **Agenda 21**. Brasília: Senado Federal, 1996. 591 p.

COOPER, J., DOBSON, H. The benefits of pesticides to mankind and the environment. **Crop Protection**, v. 26, n. 9, p. 1337–1348, 2007.

CORDEIRO, A. M. C. Como a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pode contribuir para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado: fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. p. 683-721.

COSTA, J. J.; MARGHERITS, A. E., MARSICO, D. J. Introducción a la terapeutica vegetal. Hemisfério Sur, Buenos Aires, 1974. 533p.

COUTINHO, P.; CORDEIRO, C.M. A ponta de pulverização: cuidados na escolha. In: ENCONTRO TÉCNICO: TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2003, Cascavel. **Anais...** Cascavel: COOPAVEL/COODETEC/BAYER CropScience, 2003. 122 p.

CROSS, J. V. et al. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, v. 20, n. 2, p. 333-343, 2001.

CUNHA, J. P. A. R. **Tecnologia de aplicação do chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro**. 2003. 81 f. Tese (Doutorado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 344-348, 2001.

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. A. R.; TEIXEIRA, M. M; VIEIRA, R. F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 35 n. 5, p. 1060-74, 2005.

CUNHA, J. P. A. R.; RUAS, R. A. A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano duplo com indução de ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p.61-66, 2006.

DOBLE S. J. et al. A system for classifying hydraulic nozzles and other atomizers into categories of spray quality. **British Crop Protection Council**, v. 9, n. 1 p. 112-122, 1985.

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

EDWARDS-JONES, G. Do benefits accrue to 'pest control' or 'pesticides?': a comment on Cooper and Dobson. **Crop Protection**, v. 27, p. 965-967, 2008.

ETHERIDGE, R. E. et al. Effect of venturi-type nozzles and application volumes on postemergence herbicide efficacy. **Weed Technology**, Champaign, v.15, n. 1, p. 75-80, 2001.

FEDRIZZI, M. et al. Laser system for the movement track of a horizontal spray boom: equipment, methodology and first experimental results. **Rivista di Ingegneria Agrária**. Italy, v. 26, n. 3, p. 129-126, 1995.

FERREIRA, F. B. **Resposta do arroz irrigado (*Oryza sativa*) a subdoses de glyphosate e butroxydim simulando efeito de deriva**. 2003. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

FREITAS, F. C. L. et al. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo-teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 161-7, 2005.

FURLANETTI, A. C. **Uniformidade de deposição de combinações de bicos em barra lateral protegida para aplicação de herbicidas**. 1998. 81 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

GARCIA, L. C.; JUSTINO, A.; RAMOS, H. H. Análise da pulverização de um fungicida na cultura do feijão em função do tipo de ponta e do volume aplicado. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3, 291-295, 2002

GRAHAM-BRYCE, I. J. The future of pesticide technology: opportunities for research. In: BRITISH INSECTICIDE AND FUNGICIDE CONFERENCE, 8, **Proceedings...**, Brighton, 1975. p. 901-905.

HEWITT A. J. et al. Droplet size classification for agricultural sprays. In: ANNUAL CONFERENCE ON LIQUID ATOMIZATION AND SPRAY SYSTEMS, 11., 1998, Sacramento. **Proceedings Illass**. may. 1998.

HEWITT, A. J. Spray optimization through application and liquid physical property variables-I. **Environmentalist**, v. 28, p. 25-30, 2008.

HIMEL, C.M. Analytical methodology in ULV. In: SYMPOSIUM ON PESTICIDE APPLICATION BY ULV METHODS, Cranfield, 1974. **Proceedings...**, p.112-9 (BCPC Monograph 11).

HISLOP, E. C. Air assisted crop spraying: an introductory review. In: LAVERS, A.; HERINGTON, P.; SOUTHCOMBE, E. S. E. Air-assisted spraying in crop protection. Swansea: **British Crop Protection Council**, 1991. p.3-14 (BCPC Monograph, 46).

HUSNCHE, M. **Rainfastness of selected agrochemicals as affected by leaf surface characteristics and environmental factors**. 2006. 97p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universität Rheinischen Friedrich-Wilhelms, Göttingen, 2006.

IAMAUTI, M. T. Avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro. 1995. 93f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

IYER, R. M., WILLS, B. M. D. Factors determining the design of tractor-mounted sprayer booms – Splayer Nozzle characteristics. **Jornal Agricultural Engineering Researches**, v. 23, p. 37-43, 1978.

JACTO. **Manual técnico sobre orientação de pulverização**. Pompéia – SP. 2001. 24p.

JENSEN, P. K.; JORGENSEN, L. N.; KIRKNEI, E. Biological efficacy of herbicides and fungicides applied with low-drift and twin-fluid nozzles. *Crop Protection*, London, v. 20, p. 57-64, 2001

JOHNSON, M. P.; SWETNAM, L. D. **Sprayer nozzles: selection and calibration**. Lexington: University of Kentucky, 1996. 6p.

KAUL, P. et al. Modelling of direct drift of plant protection products: field sprayers. **Nachrichtenblatt-des-Deutschen- Pflanzenschutzdienstes**. German, v. 48, n. 2, p. 21-31; 1996.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para Caldas de Produtos Fitossanitários. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. H. B. **Tecnologia e Segurança na Aplicação de Agrotóxicos: Novas Tecnologias**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária/UFMS, 1998. p 95-104.

LANGENAKENS, J. 1999. Spraying nozzles: usability limits. St. Joseph: ASAE. 9 p. (ASAE Paper n.99-1027).

LEFEBVRE, A. H. **Atomization and sprays**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1989. 421 p.

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

LUNKES, J. A. **Efeito de subdoses de glyphosate e oxyfluorfen simulando deriva sobre a cultura do feijoeiro**. 1996. 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

MAGNOJET. **Produtos**: ADGA, características. Disponível em:
<<http://www.magnojet.com.br>> Acesso em: 20 jul. 2006.

MAIA, J. C. S. et al. Uniformidade na distribuição de produtos Fitossanitários. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.15, n. 1, p. 55-65, 2007.

MAROCHI, A. I.; SCHMIDT, W. **Plantio direto na palha**: tecnologia de aplicação e uso de Scorpion no sistema. Castro: Fundação ABC-DowElanco, 1996. 43 p.

MAROCHI, A. I. Tecnologia de aplicação de herbicidas dessecantes e pós-emergentes no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, p. 134-135, 1995.

MÁRQUEZ, L. Tecnología para la aplicación de defensivos agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 1997. CD-Rom.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. London: Longman, 1979. 334 p.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 2. ed. London: Longman, 1992. 405 p.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 2. ed. New York: Longman. 1982. 336p.

MATTHEWS, G. A. Developments in application technology. **Environmentalist**, v. 28, p. 19-24, 2008.

MATTHEWS, G. A. How was the pesticide applied? **Crop Protection**, v. 23, p. 651-653, 2004.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. Malden: Blackwell Science, 2000. 432p.

MATTHEWS, G. A. Pesticide applications: at the crossroads? **EPPO Bulletin**, v. 13, n. 3, p. 351-355, 1983.

MATTHEWS, G.A. The application of chemicals for plant disease control. In: WALLER, J. M.; LENNÉ, J. M.; WALLER, S. J. **Plant pathologist's pocketbook**. London: CAB, p.345-53, 2002.

MATTHEWS, G. A.; THORNHILL E.W. **Pesticide application equipment for use in agriculture**. Roma, FAO, 1994, 171p.

MATUO, T. **Desenvolvimento de um pulverizador intermitente operado fotoeletricamente para tratamento de pomares de citros**. 1988. 167 f. Tese (Livre-Docência) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 1988.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 138p.

MATUO, T. et al. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: ABEAS. **Curso de proteção de plantas**. (Módulo 2 – 2.1;2.2). Brasília: ABEAS, 2006. 100p.

MCNICHOL, A. Z.; TESKE, M. E.; BARRY, J. W. A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 40, n. 6, p. 1529-1536, 1997.

MENEGHETTI, R. C. **Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura do trigo**. Santa Maria. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/ Mecanização agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2006.

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

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

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C.; GILBERT, A. J. Extending the International BCPC spray classification scheme. **Aspects of Applied Biology**, v. 66, p. 17-24, 2002.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **J. Agric. Eng. Res.**, v. 75, p. 127-137, 2000.

NORDBY, A., SKUTERUD, R. The effects of boom height, working pressure and wind speed on spray drift. **Weed-Research**, v. 14, n. 6, p. 385-395, 1974.

OLIVEIRA, M. A. P. et al. Desempenho dos fungicidas flutriafol e tiofanato metílico + flutriafol, aplicados com gotas finas e gotas médias, no controle da ferrugem da soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 4., 2008, Ribeirão Preto. **Trabalhos**. Campinas : Instituto Agrônômico de Campinas, 2008.

OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea : aspectos práticos. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. H. B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos**: novas tecnologias. Santa Maria: UFSM, 1998. p 65-78

OZKAN, H. E. Herbicide formulations, adjuvants, and spray drift management. In: SMITH, A.E. **Handbook of weed management systems**. New York: Marcel Dekker, 1994. p.217-244.

PALLADINI, L. A.; SOUZA, R. T. Deposição obtida nas pulverizações de macieira com diferentes volumes de calda e temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF, 2004.

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

PERECIN, D. et al. Padrões de distribuição de líquidos obtidos com bicos TF-VS4, TJ60-11006 e TQ 15006 em mesa de prova. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 175-182, 1998.

PEREIRA, F. J. S. **Sistema de comutação de pontas na barra de pulverização para ajuste do tamanho de gotas às condições climáticas e aplicação em taxas variáveis**. 2006. 125 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2006

PERESSIN, V. A.; PERECIN, D. Avaliação do padrão de distribuição de bicos para aplicação de herbicidas: efeitos da altura do alvo nos padrões de distribuição. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 477-497, 2003.

PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. **Crop Protection**, Oxford, v. 16, n. 1, p. 25-33, 1997.

PIMENTEL, D.; LEVITAN, L. Pesticides: Amounts applied and amount reaching pests. **BioScience**, v. 36, n. 2, p. 86-91, 1986.

PIO, C. L. Caracterização de equipamentos adequados para aplicação de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Palestras e mesas redondas...** Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 155-161.

RAINEY, R. C. Flying insects as targets for ultralow volume spraying. In: SYMPOSIUM ON PESTICIDE APPLICATION BY ULV METHODS, 1974, Cranfield. **Proceedings**. Cranfield, 1974. p. 20-25. (BCPC Monograph 11).

RAMON, H., LANGENAKENS, J., Model-Based Improvement of the Spray Distribution by Optimal Positioning of the Spray Nozzles, **Crop Protection**, 1996, v. 15, n.2, p. 153-158.

RAMOS, H. H. Perdas ligadas à má aplicação de agrotóxicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001. **Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente** Disponível em: <www.iac.br/cea/Sintag/AHamilton.PDF> em 14/11/2002. Acesso em: 23 dez. 2008.

RAMOS, H. H.; PIO, L. C. Tecnologia de aplicação de Produtos Fitossanitários. In: **O QUE os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3. ed. Viçosa: UFV/DFP, 2008. p. 155-224.

RILEY, C. M.; WIESNER, C. J. On-target and off-target deposition. In: ECOBICHON, D. J. **Occupational hazards of pesticide exposure**. Philadesphia: Taylor & Francis, 1999. p. 9-50.

RODRIGUES, G. J. et al. Eficiência de uma barra de pulverização para aplicação de herbicida em lavouras de café em formação. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 459-465, 2003.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia vegetal e sua importância na tecnologia de aplicação de defensivos**. *Biológico*, São Paulo, v. 65, n. 1/2, p. 59-61, jan./dez., 2003.

RUEDELL, J. Controle de plantas daninhas. In: MATZENBACHER, R. G. **A cultura da aveia no sistema de plantio direto**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO/SENAR, p. 85-119, 1999.

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995a, 134 p.

RUEDELL, J. Tecnologia de aplicação de defensivos. *Plantio Direto*, Brasília, v. 19, n. 6, p.0-11, 2002.

RUEDELL, J. Tendências e estratégias na tecnologia de aplicação de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Florianópolis. **Palestras...** Florianópolis: SBHED/UFSC, p.67-69.1995b.

SALYANI, M. **Optimization of sprayer output at different volume rates**. St. Joseph: ASAE, 1999. 16p. ASAE Paper n^o. 99-1028

SANCHOTENE, D. M. et al. Influência de sais e do pH da água na eficiência de imazethapyr + imazapic no controle de arroz vermelho. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 2, p. 415-419, 2007

SANTOS, J. M. F. Fundamentos básicos e utilização adequada com pulverizadores terrestres e aviões agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., 2001, Campo Grande. **Mini curso: tecnologia de aplicação de pesticidas (terrestre e aérea)**, 2001. 59 p.

SANTOS, S. R. dos et al. Volume de calda e diferentes pontas de pulverização para o controle de doenças do trigo. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., São Pedro, 2004. **Anais...** São Pedro, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola – SBEA, 2004. CD – ROM.

SARTORI, S. Equipamentos tratorizados para culturas de baixo fuste: situação no Cone-sul. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS, 1., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Jaboticabal: IAC/UNESP, 1997. p.110-12.

SATOW, T. et al. **Influence of droplet size of spray on drift characteristics**. Res. Bull. Obihiro Univ., v. 18, p. 97-104, 1993.

SENAR. **Aplicação de agrotóxicos com pulverizador de barras: trabalhador na aplicação de agrotóxicos**. Curitiba: SENAR/PR, 1999. 48 p.

SIDAHMED, M. M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. **Transactions of the ASAE**, v. 41, n. 3, p. 531-536, 1998.

SILVA, O. C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M.G.; PRIA, M.D.; SILVA, O.C. (ed.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 127-137.

SILVEIRA, G. M. **Máquinas para plantio e condução de culturas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 334p. (Série Mecanização, v. 3).

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA A DEFESA AGRÍCOLA (SINDAG), ANDEF. Disponível em: <http://www.sindag.com.br/html/estat_dezembro.html>. Acesso em: 23 dez. 2008.

SLAFER, G. A. Should crop scientists consider a journal's impact factor in deciding where to publish? **European Journal of Agronomy**, v. 29, p. 208-212, 2008.

SOARES, J.; LEÃO, M. **Optimização da pulverização em médio e baixo volume na produção integrada de pêsco**. Disponível em: <www.bayercropscience.pt/download/pi_pera_rocha.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2008.

SOUTHCOMBE, E. S. E. 1997. The International (BCPC) Spray Classification System including a drift potential factor. **Proceedings**, Brighton Crop Protection Conference. Weeds, 1997. p. 371-380.

SOUZA, R. O.; VELLOSO, J. A. R. O. Tecnologia na aplicação de herbicidas. In: SOUZA, R. O.; VELLOSO, J. A. R. O. (ed.). **Tecnologia e segurança na aplicação de produtos fitossanitários**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. p. 41-53.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. Chemical application. In: **ENGINEERING principles of agricultural machines**, St. Joseph: ASAE, 1994. p.265-324.

STEDEN, C. **Untersuchungen zum einfluss der tropfengröße auf die belagsbildung und die biologische wirksamkeit gegen Berk. an reben.** 1992. 118f. Inaugural Dissertation (zur Erlangung des Doktorgrades Justus-Liebig-Universität Gießen) - Justus-Liebig-Universität Gießen.

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

SUMNER, P. E. **Reducing spray drift.** Georgia: University of Georgia, 1997. 11 p. (ENG97-005)

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

TEWARI, V. K.; MURALIKRISHNA, R. V. S.; PANDYA, A. C. **Performance evaluation and computer aided design of valve type hollow cone nozzles.** St. Joseph: ASAE, 1998. 15 p. (ASAE Paper n.98-1025).

THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática.** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2004. 90 p.

TIPLER, P. **Physics for scientists and engineers**, 3. ed. New York: Worth Publishers, 1991. 299 p.

TOMAZELA, M. S. **Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da densidade populacional de *Brachiaria plantaginea* (Link) Wicth, volume e ângulo de aplicação.** 1997. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

TRACKER, J. R. M.; YOUNG, R. D. F. Effects of six adjuvants on the rainfastness of chlorpyrifos formulated as an emulsifiable concentrate. Extended Summaries: IUPAC Conference - **Pesticide Science**, v. 55, p. 198-200.

UGALDE, M. G. **Controle de Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na Cultura da Soja.** 2005. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2005.

VELLOSO, J. A. R. O., GASSEN, D. N., JACOBSEN, L. A. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra**. Passo Fundo: EMBRAPA - CNPT, 1984. 50 p. (Documentos, 5).

VELLOSO, J. A. R. O.; SOUZA, R. O. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizador de barra. In: GUEDES, J. C. et al. **Tecnologia e segurança na aplicação de produtos fitossanitários**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. p. 31-60.

VIANA, R. G. et al. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-1. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 211-218, 2007

VOLL, C. E.; CASTRO, J. A. V.; GADANHA JR, C. D. Uniformidade de distribuição volumétrica do bico de pulverização hidráulico de jato plano XR11003 sob diferentes condições operacionais. In SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Resumos**. Botucatu, 2004. p. 256-259.

WOLF, R. E. **Strategies to reduce spray drift**. Kansas: Kansas State University, 2000. 4 p. (Application Technology Series)

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 dropletscan software**. St. Joseph: ASAE, 2002. 7 p. (ASAE Paper n.02-1101)

WOMAC, A. R.; GOODWIN, J. C.; HART, W. E. **Comprehensive evaluation of droplet spectra from drift reduction nozzles**. St. Joseph: ASAE, 1997. 47 p. (ASAE Paper n.97-1069)

WOMAC, A. R.; MAYNARD II, R. A.; KIRK, I. W. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 3, p. 609-616, 1999.

ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3. ed. Viçosa: UFV/DFP, 2008. 464p.