



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

GUSTAVO MIGLIORINI DE OLIVEIRA

**REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE DE
RESULTADOS EM TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO**

Londrina
2015

GUSTAVO MIGLIORINI DE OLIVEIRA

**REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE DE
RESULTADOS EM TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO**

Tese do Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Curso de Doutorado da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Otavio Jorge Grigoli Abi Saab

Londrina
2015

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

O48r Oliveira, Gustavo Migliorini de.

Revisão sistemática e metanálise de resultados em tecnologia de aplicação /

Gustavo Migliorini de Oliveira. – Londrina, 2015.

112 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, 2015.

Inclui bibliografia.

1. Defensivos vegetais – Tecnologia de aplicação – Teses. 2. Pulverização –
Teses. 3. Produtos químicos agrícolas – Adjuvantes – Teses. 4. Pragas agrícolas –
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 632.982

GUSTAVO MIGLIORINI DE OLIVEIRA

**REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE DE RESULTADOS EM
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO**

Tese do Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Curso de Doutorado da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Otavio J. G. Abi Saab
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Pesquisador Dr. Anderson de Toledo
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira
Universidade São Paulo - UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Ricardo Ralisch
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 4 de maio de 2015.

AGRADECIMENTOS

A gratidão é um dos sentimentos mais nobres da natureza humana, assim explicitá-la de maneira coerente torna-se difícil, pois este sentimento está relacionado com a percepção de cada indivíduo em um determinado momento. Portanto, agradeço:

Primeiramente à Deus e Nossa Senhora Aparecida por estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida, sempre dando-me poder e força para superar todos os obstáculos de minha caminhada;

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida, tornando possível a realização do curso de doutorado;

Ao meu orientador Otavio J.G. Abi Saab, pela orientação e ajuda na minha formação acadêmica e pessoal como um todo, decorrente principalmente de sua amizade singular;

Ao Marcelo G. Canteri, pesquisador e pessoa à qual eu admiro, pela amizade e também pela orientação - indubitavelmente necessários para realização deste estudo.

À banca examinadora desta tese, em função da solicitude e dos aspectos pertinentes colocados em suas considerações;

Ao Seiji Igarashi, outro grande amigo que fiz desde o ingresso na Universidade, pelo privilégio de poder interagir com sua pessoa, trazendo assim sempre grandes ensinamentos;

Ao tráfego aéreo, representado pelos colegas e instrutores do curso ATM 005, pois foi neste curso que aprendi a importância de ter na vida "olhos de águia e ouvidos de lince", mas principalmente por ter vivenciado uma época de grande crescimento pessoal.

Em especial, à Josiane Fukami pela consideração, paciência, conselhos e força transmitidos à minha pessoa, a qual serei eternamente agradecido.

Epígrafe

“A confiança é um ato de fé e esta dispensa raciocínio”. (Carlos Drummond de Andrade em O Avesso das Coisas, p.46).

OLIVEIRA, G. M. DE. **Revisão sistemática e metanálise de resultados em tecnologia de aplicação.** 2015. 112 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

Os produtos fitossanitários têm como objetivo fundamental reduzir as perdas e danos ocasionados por plantas daninhas, insetos-praga e doenças, e possibilitar que as culturas expressem seu máximo potencial produtivo. Para isto dependem de uma pulverização eficiente, em que diversos fatores atuam concomitantemente, especialmente aqueles ligados ao momento biológico de controle e a tecnologia de aplicação adotada. Este trabalho teve por objetivo levantar e investigar as diferentes características e situações estudadas e avaliadas em artigos científicos publicados neste âmbito, identificando os aspectos mais e menos recorrentes (Artigo A), bem como estudar, a partir da Metanálise de resultados apresentados em trabalhos científicos, o efeito dos temas assistência de ar, adjuvantes, taxa de aplicação e o tamanho de gotas pulverizadas no controle de organismos nocivos às culturas agrícolas em pulverizações de produtos fitossanitários (Artigo B e C). O artigo A levantou artigos de periódicos publicados no Brasil e no exterior, inerentes à tecnologia de aplicação e ao controle químico de forma geral. Em linhas gerais foi evidenciado que: os periódicos publicados no exterior tiveram uma maior diversificação de países em que foram desenvolvidos os trabalhos; aumentou-se o número de trabalhos desenvolvidos a partir da década de 90; as grandes culturas anuais foram as culturas mais representativas, conduzidas principalmente em situações de campo; o pulverizador costal pressurizado com barras foi o equipamento mais utilizado; a maior parte dos artigos que avaliaram a aplicação apresentaram variáveis relacionadas à deposição da calda; os artigos que avaliaram o nível de controle de um organismo nocivo tiveram como tema de estudo mais observado a comparação de produtos fitossanitários e suas respectivas doses, sendo que os fungicidas e os herbicidas foram os produtos mais utilizados. Já os Artigos B e C, referente a Metanálise de seus respectivos temas, demonstraram que: a utilização de assistência de ar não exerceu efeito nos níveis de controle dos organismos nocivos às culturas agrícolas; a adição de adjuvantes à calda de pulverização aumentou os níveis de controle destes organismos nocivos; o uso de taxas de aplicação $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$, em comparação a taxas de aplicação maiores, resultaram em aumento no controle de doenças de plantas e redução no controle de plantas daninhas, pela pulverização de fungicidas e herbicidas, respectivamente; a pulverização de gotas menores proporcionou níveis de controle maior do que a pulverização de gotas maiores, independentemente do produto aplicado (fungicida ou herbicida).

Palavras-chave: Controle químico. Pulverização. Fungicida. Inseticida. Herbicida. Adjuvantes.

OLIVEIRA, G. M.de. **Systematic review and meta-analysis of results in application technology**. 2015. 112 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

The fundamental objective of the pesticide is to reduce the damages caused by weeds, insect-pests and diseases, and possibly that the agricultural crops can express its maximum yield potential. For an application be considered effective, several factors act simultaneously, especially the timing of application and the application technology. Thus, this study aimed to investigate the characteristics and situations of scientific papers published in this area, identifying the aspects more and less recurrent (Article A), and to study the effect of the subjects like air assistance, adjuvants on the spray solution, application rate and droplet size in the control of harmful organisms to the agricultural crops in pesticides sprays (Article B and C). The article A get different scientific papers published in national and international journals, related to the application technology and the chemical control in general. The results showed, in a general analysis, that: international journals had a greater diversification of countries where the work was developed; there were an increase in the number of papers developed from the 90s; the annual crops were the most representative, mainly conducted in field situations; the pressurized backpack sprayer with bars was the most used equipment; variables related to the deposition of the droplets were the most expressive in articles that evaluated the application; and the comparison of products and its respective dosage were the issues most observed in articles that evaluated the level of control of harmful organisms, being the fungicides and herbicides the most used products. The articles B and C studied their respective subjects by the meta-analysis of the results presented in scientific papers. The results showed that: the use of air assistance had no effect on the level of control of harmful organism to the agricultural crops; the addition of adjuvants to the spray solution increased the control levels of these harmful organisms; the use of application rates $\leq 150 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, compared to higher application rates, resulted larger levels of disease control with fungicide applications, unlike the herbicide applications for weed control had an decrease in the control level with less application rate; the spray of smaller droplets provided better control levels than larger droplets, independently of the product used (fungicide or herbicide).

Key words: Chemical control. Spray. Fungicide. Insecticide. Herbicide. Adjuvants.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1	CONTROLE QUÍMICO	11
2.1.1	Aspectos gerais	11
2.1.2	Evolução e desenvolvimento dos produtos fitossanitários	14
2.1.3	Formulações dos produtos fitossanitários	17
2.1.4	Calda de pulverização	18
2.2	TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO	21
2.2.1	Tipos de Aplicação	21
2.2.2	Momento Biológico de Controle	22
2.2.3	Alvo Biológico	26
2.2.4	Pulverização	27
2.2.4.1	Taxa de aplicação	27
2.2.4.2	Pontas de pulverização e tamanhos de gota	29
2.2.4.3	Influência das condições meteorológicas	32
2.2.4.4	Parâmetros avaliados em tecnologia de aplicação	36
2.3	REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA E METANÁLISE	39
3	ARTIGO A - CARACTERÍSTICAS E SITUAÇÕES DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS RELACIONADOS À TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS	43
3.1	RESUMO	43
3.2	ABSTRACT	45
3.3	INTRODUÇÃO	46
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	47
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71

4	ARTIGO B – METANÁLISE DE TRABALHOS CIENTÍFICOS ENVOLVENDO O USO DE ASSISTÊNCIA DE AR E ADJUVANTES EM PULVERIZAÇÕES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS	73
4.1	RESUMO	73
4.2	ABSTRACT	74
4.3	INTRODUÇÃO	75
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	76
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4.6	CONCLUSÕES	84
5	ARTIGO C – METANÁLISE DE TRABALHOS CIENTÍFICOS ENVOLVENDO TAXA DE APLICAÇÃO E TAMANHO DE GOTA EM PULVERIZAÇÕES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS	85
5.1	RESUMO	85
5.2	ABSTRACT	86
5.3	INTRODUÇÃO	87
5.4	MATERIAL E MÉTODOS	88
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
5.6	CONCLUSÕES	97
	CONCLUSÕES GERAIS	98
	Referências	100

1 INTRODUÇÃO

No início do século 20 o desenvolvimento dos produtos químicos aplicados nas culturas agrícolas teve grande crescimento, principalmente com o advento das tecnologias de síntese de produtos orgânicos pela indústria química. Produtos estes, muitas vezes, sistêmicos nos tecidos vegetais e específicos para determinados agentes nocivos. Assim, a utilização de produtos fitossanitários frente aos organismos nocivos às culturas agrícolas, como herbicidas, inseticidas e fungicidas, é uma constante na atualidade, devido principalmente a sua economicidade, praticidade e eficácia de controle em relação a outros métodos que possam ser utilizados, como físico e cultural, por exemplo. Tais produtos têm como objetivo reduzir as perdas e danos ocasionados por plantas daninhas, insetos-praga e doenças, e possibilitar que as culturas expressem seu máximo potencial produtivo, tanto em aspectos quantitativos como qualitativos.

Para que um produto fitossanitário alcance sua máxima eficiência de controle, sem causar toxicidades contra os organismos não alvos e riscos ao meio ambiente, aspectos relativos ao momento biológico de controle, ação comprovada do produto e a tecnologia de aplicação empregada são de indubitável importância. A maximização dos sistemas de produção no campo, com cultivos cada vez mais intensos, sob monocultivos em diversas situações, pode aumentar a ocorrência de epidemias de organismos nocivos ou até mesmo o surgimento de novos organismos que até então não eram problemáticos. Isto se daria principalmente devido a resistência destes organismos aos produtos fitossanitários, ou até mesmo a eliminação de inimigos naturais que poderiam combatê-los quando as aplicações são realizadas em momento inoportuno. Tais ocorrências podem causar prejuízos relacionados tanto em curto prazo (redução da qualidade e produtividade dos produtos colhidos), como também em longo prazo (inviabilidade de produção em determinadas áreas e retirada de produtos fitossanitários do mercado devido à perda de eficácia de controle).

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é importante para que se alcance a eficiência de controle, pois ela é definida como o emprego de todos os conhecimentos técnico-científicos que proporcionem a melhor colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma econômica e com mínimo de contaminação ambiental (MATUO et al., 2006). Baseado nesta premissa conclui-se que a pulverização, principal forma de aplicação, sofre influência de diferentes fatores, que atuam concomitantemente, e que estão envolvidos na eficiência de uma aplicação. Os principais fatores são: o momento biológico de controle, a técnica de aplicação utilizada (taxa de

aplicação, ponta de pulverização, tamanho de gota, equipamento, condições meteorológicas no momento da aplicação, etc), as características do alvo (arquitetura das plantas, superfície foliar, local de desenvolvimento de pragas e doenças) e a calda de pulverização (produto utilizado, adjuvantes, qualidade da água, etc).

Assim, devido à dinâmica espaço-temporal que existe entre as plantas cultivadas e seus organismos nocivos, e os diferentes aspectos relacionados às técnicas empregadas no momento da pulverização, há a necessidade contínua de pesquisas científicas neste âmbito, identificando os fatores e a suas respectivas formas de atuação, e analisando conjuntamente os resultados de diferentes estudos, sem desconsiderar as suas respectivas características intrínsecas, a fim de que se obtenha uma melhor compreensão e resultados mais precisos. Ante o exposto, este estudo teve por objetivo levantar e investigar as características e situações estudadas e avaliadas em artigos científicos publicados neste âmbito, identificando os aspectos mais e menos recorrentes (Artigo A), bem como estudar, a partir da Metanálise de resultados de trabalhos científicos, o efeito dos temas assistência de ar, adição de adjuvantes à calda de pulverização, taxa de aplicação e tamanho de gotas pulverizadas no controle de organismos nocivos às culturas agrícolas em pulverizações de produtos fitossanitários (Artigo B e C).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.2 CONTROLE QUÍMICO

2.1.1 Aspectos gerais

A produção agrícola, desde seus primórdios com o intuito meramente de subsistência, sofre interferências de organismos nocivos (doenças, insetos-praga e plantas daninhas) que podem comprometer a produtividade dos cultivos. Para combater a população destes organismos, pode ser utilizado o controle químico, método que consiste no uso de aplicações de qualquer produto de natureza química (fungicidas, inseticidas, herbicidas). Os sistemas de produção intensificados, característica de produção agrícola de grande parte dos agricultores, apesar de apresentarem maiores produtividades do que no passado, estão mais sujeitos aos riscos de perdas, em face do maior investimento na implantação das culturas exploradas. Inseridos nesta problemática, os produtos fitossanitários têm a função de controlar tais organismos, reduzindo os danos ocasionados nas plantas e por consequência as perdas de produção.

Azevedo (2007) define os produtos fitossanitários como substâncias de natureza química ou biológica, bem como organismos vivos destinados a prevenir, destruir, atrair ou repelir, direta ou indiretamente, qualquer forma de agente patogênico ou de vida animal ou vegetal que seja nociva às culturas agrícolas. Todavia, os produtos misturados a calda de pulverização ou a formulação de outros produtos para que se melhore a eficiência da aplicação, os chamados adjuvantes (ARAUJO e RAETANO, 2011), são também denominados como produtos fitossanitários, pois, embora não atuem diretamente, estão ligados a um eventual controle de um organismo nocivo.

A legislação nacional (Lei nº 7.802/89) que trata destes produtos utiliza o termo agrotóxico como denominação formal. Segundo este ordenamento jurídico, a definição de agrotóxicos é mais abrangente, considera todos os “produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos”.

Diferentes nomenclaturas para estes produtos, por sua vez, são também usuais no meio agrônomo: agroquímicos, pesticidas, defensivos agrícolas, etc. Já no meio científico o termo “produto fitossanitário” é o mais utilizado, pois este termo dá a conotação que estes produtos promovem a sanidade vegetal, combatendo os diferentes organismos nocivos, e não exercendo efeito maléfico sobre as culturas agrícolas quando aplicados nas doses recomendadas. Dentre os produtos fitossanitários, encontram-se basicamente os fungicidas (controle de fungos), inseticidas (controle de insetos), acaricidas (controle de ácaros) e herbicidas (controle de plantas invasoras).

Devido à possibilidade de ação toxicológica tanto nos organismos alvo (plantas daninhas, insetos-praga e doenças) como também nos organismos não-alvo (homem, animais, inimigos naturais, etc), ou seja, todo ambiente ecológico, os produtos fitossanitários são vistos por parte da sociedade, como também por determinada classe de pesquisadores, como prejudiciais ao ser humano e ao ambiente. No meio científico, por exemplo, Cooper e Dobson (2007) em um estudo acerca de artigos publicados sobre estes produtos, encontraram uma relação de um artigo científico com uma visão positivista contra 40 com uma ótica negativa. Estes autores relatam que os problemas referentes à saúde e ao meio ambiente são decorrentes principalmente de acidentes ou exposição excessiva das pessoas, e que mais de 50 benefícios são evidenciados, tanto no âmbito social, econômico e ambiental, a partir do uso de tais produtos. Dentre estes benefícios estão o aumento na área plantada, a redução nas perdas de produtividade, o aumento na qualidade dos alimentos e o menor uso de energia e degradação ambiental.

Edward Jones (2008), analisando criticamente o trabalho de Cooper e Dobson (2007), afirma que não se podem confundir os benefícios oriundos do controle químico (controle de doenças, por exemplo) com o uso de produtos fitossanitários propriamente ditos, uma vez que existem outras formas alternativas de controle (controle mecânico, cultural, biológico), e que deveriam ser consideradas. Mas, este autor ressalva que o controle químico, em muitas situações, oferece mais vantagens em relação aos outros métodos de controle, e que estas vantagens estão associadas principalmente às características do uso, velocidade e efetividade de controle e redução no risco de danos.

Intrínseco a esta discussão, Soares e Porto (2009), em trabalho no âmbito da situação econômica do Paraná, concluíram que o custo relacionado à intoxicação dos aplicadores e/ou manipuladores é maior do que os benefícios proporcionados ao sistema de produção, especialmente em áreas pequenas. Este fato se deve principalmente ao baixo nível educacional deste grupo social com relação à toxicidade dos produtos químicos. As

intoxicações humanas e as contaminações ambientais sempre irão existir, mas, segundo estes autores, podem ser minimizados com a adoção de determinadas medidas: certificação ou emissão de licenças para os aplicadores, aumento no fomento a educação ambiental e a saúde pública e a conscientização da importância do manejo integrado das pragas, doenças e plantas daninhas nos sistemas de produção agrícola. Baseado nestes aspectos, a própria indústria química, vem promovendo melhorias neste cenário, ao disponibilizar para o mercado novos produtos, com menor grau de toxicidade e mecanismos de ação mais específicos para determinados organismos.

O entendimento das vantagens e desvantagens do uso de produtos fitossanitários torna necessária a busca a todo tempo da utilização racional, de forma estritamente segura, a fim de proteger seus aplicadores e/ou manipuladores, consumidores finais dos produtos colhidos, e também todo o ambiente natural em que está inserido seu uso. Porém, a racionalidade do uso deve estar atrelada a eficácia de controle dos agentes nocivos às culturas, o que torna, portanto, o manejo integrado do sistema como um todo estritamente necessário.

Embora o conceito de manejo integrado iniciou-se na área de pragas agrícolas, ele atualmente pode ser empregado tanto para o manejo de doenças como plantas daninhas. O “manejo integrado de pragas” (MIP), que se deu em função do uso indiscriminado de inseticidas organoclorados (DDT e BHC) pelos agricultores, que provocou a seleção de espécies de insetos-praga resistentes, ocasionando ressurgimento de pragas previamente controláveis, surtos epidêmicos de pragas até então secundárias e redução substancial dos inimigos naturais (BERGAMIN FILHO e AMORIM, 1996). Em função destes acontecimentos, começou-se a repensar o modelo de controle de insetos-praga que até então era apenas baseado no controle químico e novas ações foram incorporadas ao manejo, como rotação de culturas, quebra ventos, plantas armadilhas, entre outros.

A premissa do manejo integrado está baseada no princípio fundamental do limiar de dano econômico, ou seja, manter os danos causados por plantas daninhas, insetos-praga e doenças abaixo deste limite e controlar tais agentes somente quando existir a possibilidade do dano ser maior que o custo para o controle. Para tanto, considera-se a inter-relação de diferentes tipos de métodos de controle: genético, mecânico, cultural e químico. Azevedo (2007) relata que para o manejo integrado ser efetivo, ajustes contínuos e periódicos de todo o sistema agrícola são necessários, e deve ser entendido de forma multidimensional, multidisciplinar e flexível, por utilizar ou combinar diferentes métodos de controle,

necessários para manterem a epidemia destes organismos abaixo do limiar de dano econômico, sem prejuízos e agressão ao meio ambiente.

2.1.2 Evolução e desenvolvimento dos produtos fitossanitários

Os produtos fitossanitários devem ser eficazes contra os organismos nocivos e inócuos para a cultura agrícola explorada. Os principais produtos fitossanitários são os herbicidas, inseticidas, acaricidas, fungicidas e adjuvantes. Os primeiros produtos utilizados na agricultura, desde o final do século XIX, foram os classificados como inorgânicos, a base de cobre e enxofre (ações de herbicida e fungicida) e os orgânicos de origem vegetal, a partir da nicotina e piretro (ação de inseticida). Em meados do século XX, foram descobertos novos compostos com atividades fitossanitárias, porém com moléculas orgânicas sintéticas em sua constituição (CONCEIÇÃO, 2003).

O grupo dos inseticidas orgânicos sintéticos, primeiramente pelos organoclorados, teve grande relevância tanto no cenário agrícola como na saúde pública. O inseticida DDT (Dicloro-difenil-tricloroetano), por exemplo, sintetizado em 1874, com posterior descoberta das propriedades inseticidas em 1939, foi largamente utilizado após a segunda guerra no combate aos mosquitos causadores da malária e do tifo. Outro importante inseticida, o BHC (Hexacloroeto de benzeno), foi sintetizado pela primeira vez em 1825, porém suas propriedades inseticidas foram descobertas em 1942. Outro grupo, denominado como fosforado, foi desenvolvido a partir de 1936, e teve como um de seus compostos o inseticida mais utilizado no mundo: o parathion. O grupo dos carbamatos, por sua vez, foi desenvolvido em 1925, proveniente de produtos naturais presentes nas sementes de feijão Calabar (*Physostigma venenosum*). Porém, os primeiros produtos deste grupo somente foram liberados no mercado por volta de 1950. Posteriormente - na década de 70 - vieram os grupos dos piretróides (derivados das piretrinas naturais presentes nas flores de crisântemos) e dos neonicotinóides (derivados da molécula de nicotina). A primeira atividade inseticida deste grupo foi demonstrada em 1972, porém o primeiro produto (imidaclopride) disponível no mercado foi liberado apenas em 1992 (GUEDES et al., 2008; GALLO et al., 1978).

Inseticidas dos grupos organoclorados, organofosforados e carbamatos foram muito eficazes no controle de insetos-praga durante as últimas décadas, minimizando perdas de produtividade. Todavia, estes produtos de maneira geral são pouco seletivos e apresentam elevados graus de toxicidade ao homem e ao ambiente ecológico. Em função deste fato, foi proibido o uso dos produtos do grupo dos organoclorados nos campos

brasileiros. Outros produtos do grupo dos organofosforados e carbamatos têm tido seu uso proibido ou desestimulado. Atualmente, esforços no que se refere ao desenvolvimento de novos compostos mais seletivos e menos agressivos ao ambiente têm sido desenvolvidos. Dentre eles, o desenvolvimento de grupos que afetam o processo de desenvolvimento dos insetos, como a inibição da síntese de quitina, mimetizadores de hormônios juvenis, antagonistas da ecdisona, ou grupos que atuam em sítios bioquímicos específicos, inibindo ou retardando a atividade da respiração e glândulas salivares dos sugadores (ISHAAYA e HOROWITZ, 1998).

Outras fontes de controle de insetos-praga também têm sido desenvolvidas, com bastante efetividade, como no caso de plantas transgênicas que apresentam o gene de expressão proveniente da bactéria *Bacillus thuringiensis*, e produzem substâncias tóxicas contra determinadas pragas, especialmente aqueles pertencentes à ordem Lepidoptera. Além da utilização de produtos alternativos contra insetos-praga específicos, como extratos de óleos de plantas, detergentes, óleos minerais.

Por sua vez, os herbicidas podem ser definidos como qualquer produto químico que aniquila ou reduz o crescimento e desenvolvimento das plantas. O uso de produtos químicos para o controle de plantas daninhas tem sido praticado desde o final do século de XIX. Iniciou-se na França e Inglaterra com os produtos inorgânicos como o sulfato de cobre para o controle seletivo de plantas invasoras em cereais, o sulfato ferroso, o ácido sulfúrico e o cloreto de sódio nos Estados Unidos da América. Entretanto, o grande desenvolvimento destes produtos, em função da síntese de produtos orgânicos, se deu em função da descoberta da fitotoxicidade seletiva do grupo químico dos fenoxiacéticos, descoberto depois da segunda grande guerra (ANDERSON, 1983). No Brasil, o primeiro herbicida oficialmente registrado foi o 2,4 D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético), com nome, em inglês, “Weed no more” (DEUBER, 1992 apud VICTORIA FILHO, 2003).

Posteriormente vieram outros grupos químicos como as anilidas, por meio do uso do herbicida propanil em arroz irrigado, o grupo das dinitroanilinas aplicados em algumas culturas anuais, incluindo a soja, e o grupo químico das triazinas amplamente utilizado na cultura do milho (KISSMAAN, 2000).

A primeira preocupação com relação aos herbicidas foi o desenvolvimento de produtos seletivos, seguido da preocupação relativa às espécies infestantes, até então não controladas pelos herbicidas convencionais. Isto gerou uma grande demanda por novos grupos e produtos no mercado (KISSMAAN, 2000). Salienta-se que o conceito de planta daninha ou planta invasora é sempre relativo, pois depende fundamentalmente do cultivo

explorado em questão, uma vez que nenhuma planta é invasora por natureza. Existem situações nas quais algumas determinadas espécies de plantas podem ser indesejadas, pois interferem na vida ou na atividade de outros seres vivos no meio ambiente em que estão inseridos, incluindo tanto o meio agrícola como o urbano.

Com relação aos fungicidas, estes são conceituados como substâncias químicas que aplicadas nas plantas protegem-nas da penetração e/ou do posterior desenvolvimento de fungos patogênicos em seus tecidos. Podem ser utilizados no controle de doenças de plantas, como também no tratamento e preservação de madeiras, tecidos, embalagens de produtos alimentícios, tratamentos de paredes contra bolores, etc (AZEVEDO, 2007). A utilização destes produtos teve início com a descoberta da atividade antifúngica da calda bordalesa (mistura de sulfato de cobre e cal hidratada) em 1882.

O desenvolvimento dos produtos orgânicos sintéticos se iniciou a partir dos produtos que apresentavam o metal mercúrio em sua constituição - descobertos no século XX e utilizados para o tratamento químico de sementes. Nos anos 30 surgiram os fungicidas do grupo dos ditiocarbamatos, produtos de contato a base de cobre (CONCEIÇÃO, 2003). Na década de 60 foram descobertos os fungicidas do grupo dos benzimidazóis, fungicidas utilizados tanto no tratamento de sementes como em aplicações na parte aérea das plantas, pois são absorvidos pelo tecido vegetal e podem erradicar patógenos que infectaram e colonizaram estes tecidos. Podem proteger ainda as partes que não entraram em contato direto com o fungicida devido à ação sistêmica destes produtos (COUTINHO et al., 2006; GUINI e KIMATI, 2002).

Outros importantes grupos sistêmicos descobertos e bastante utilizados atualmente são os triazóis e as estrobilurinas. O primeiro foi descoberto no final da década de 1970, tendo como primeiro produto lançado no mercado (tebuconazole) em 1980. Já o grupo das estrobilurinas tiveram seu surgimento no início da década de 90, a partir do produto denominado difeconazole. Após esse período surgiram outras moléculas do grupo dos triazóis e estrobilurinas, além do grupo das oxazolidinedionas, utilizada especificamente no controle da requeima da batata (agente causal *Phytophthora infestans*) (ZAMBOLIM e JESUS JUNIOR, 2008).

Apesar do avanço nos métodos de síntese e de produção de novas moléculas, os fungicidas a base de enxofre e cobre continuam sendo utilizados na agricultura de forma eficaz para o controle de patógenos específicos, como é o caso do gênero *Oidium* spp.

Contudo, para que os produtos fitossanitários alcancem os objetivos propostos a estes, ou seja, de controlar os organismos nocivos às culturas, deve se levar em consideração a característica de cada cultura, o ciclo biológico de cada agente a que se deseja controlar, bem como as características relacionadas aos produtos que existem no mercado. Segundo Conceição (2003), em função do desconhecimento destes fatores, a utilização dos produtos fitossanitários, independentemente de qual era o organismo nocivo a ser controlado, teve várias fases:

- Fase da subsistência: fase em que o controle era baixo e com grande dependência da resistência natural das plantas (determinadas por fatores muitas vezes desconhecidos) e das práticas culturais usadas.
- Fase da exploração: utilização indiscriminada dos produtos, baseada principalmente na calendarização prévia das aplicações, mas com elevados níveis de controle para época;
- Fase da crise: redução nos níveis de controle decorrente da ampla utilização de produtos poucos seletivos, que resultou em diminuição dos inimigos naturais, além do surgimento organismos resistentes;
- Fase do desastre: abandono de áreas de cultivo devido ao baixo nível de controle e ao alto custo das aplicações;
- Fase do manejo integrado: fase caracterizada pelo aprimoramento do conceito da utilização de diferentes métodos de controle, sem deixar de considerar, sobretudo, os fatores que contribuem para ao aumento da produtividade das culturas, minimizando as perdas ocasionadas pelos agentes nocivos e promovendo efeitos positivos para o controle no futuro.

2.1.3 Formulações dos produtos fitossanitários

Os produtos fitossanitários, assim como qualquer outro produto químico de uso doméstico, farmacêutico ou industrial, apresentam em sua formulação ingredientes ativos e ingredientes inertes. Azevedo (2007) define os ingredientes ativos como frações ativas de natureza química ou biológica que conferem atividade tóxica aos produtos frente a determinados organismos, e os ingredientes inertes como frações não ativas dos produtos e substâncias utilizadas como diluentes ou veículos na manipulação dos produtos - os chamados

aditivos nas formulações. Assim, os ingredientes ativos, sejam eles no “composto original” ou na transformação em outros compostos no interior do tecido vegetal (determinados produtos sistêmicos), são os compostos que irão exercer ação sobre o agente nocivo que se pretende controlar: plantas daninhas (herbicidas), insetos-praga (inseticidas), ácaros (acaricidas) e fungos fitopatogênicos (fungicidas).

De acordo com Conceição (2003), os produtos fitossanitários são aplicados a partir de formulações e não como ingredientes ativos isolados, devido ao fato de que estes ingredientes ativos são muitas vezes insolúveis em água e possuem ainda características físico-químicas, como ponto de fusão, viscosidade, fluidez e ponto de vapor, não compatíveis para uma aplicação em condições de campo.

Dentre as diferentes formulações existentes, cabe salientar que elas são determinadas basicamente pelas características físico-químicas dos ingredientes ativos. Porém, devido ao custo de fabricação e à maior praticidade de manuseio, aliados ainda ao objetivo de se reduzir eventuais problemas relativos, por exemplo, a má homogeneização no tanque dos equipamentos de aplicação, entupimento de peneiras e pontas de pulverização, existe a tendência de utilizar formulações emulsificantes ou que diluem em água. Porém, produtos formulados nas formas de pó molhável (WP) e de granulado dispersível (WG) são ainda bastante utilizados na agricultura, principalmente em pulverizações em que se deseja que o produto aplicado não se solubilize quando da precipitação pluviométrica ou da presença do orvalho.

2.1.4 Calda de pulverização

As aplicações de produtos fitossanitários na forma líquida são as mais frequentes em comparação à aplicação de produtos na forma sólida. Isto é devido à maior praticidade e segurança proporcionada ao aplicador no manuseio e dosagem destes produtos junto ao pulverizador, como também à maior uniformidade da aplicação na área a ser tratada. Existe ainda o aspecto relativo à maior concentração de ingrediente ativo neste tipo de formulação, o que possibilita redução nos custos com transporte e armazenamento das indústrias, revendedores e produtor rural.

Baseado neste fato, a água, considerada “solvente universal”, é o principal agente diluente das aplicações de produtos fitossanitários. Atualmente, devido ao custo ambiental, energético, econômico e operacional ligado ao seu uso, as aplicações na forma líquida tendem a utilizar cada vez menos volume de água por área nas aplicações. Balan

(2009) relata que esta tendência está atrelada principalmente ao custo de transporte para o campo, à perda de tempo decorrente de interrupções, deslocamento e reabastecimento dos pulverizadores.

No Brasil, a água utilizada nas aplicações de produtos fitossanitários no meio agrícola é obtida principalmente de rios, açudes e poços (comuns e artesianos). Desta forma, as características físico-químicas desta água utilizada nas aplicações são de fundamental importância, uma vez que ela pode interferir na eficiência de controle dos agentes nocivos as culturas pelos produtos aplicados.

A água proveniente de rios e açudes normalmente contém detritos grosseiros, e estes podem entupir o sistema hidráulico dos equipamentos de pulverização. Contém ainda partículas extremamente pequenas (argilas) e compostos orgânicos em suspensão, e que também podem adsorver determinados ingredientes ativos, reduzindo a eficiência biológica de controle. Em função destes fatos, muitos agricultores utilizam a água proveniente de poços artesianos. No entanto, estas fontes algumas vezes apresentam sais dissolvidos em sua constituição, oriundos da característica do material de formação do solo, do lençol freático e por ventura de fertilizantes utilizados pelos agricultores (QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008; AZEVEDO, 2007). A concentração, por exemplo, de carbonatos de cálcio e magnésio, determina o grau de dureza da água (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Classificação da água quanto à concentração de CaCO_3 .

Classe	ppm de CaCO_3	Grau de dureza (°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

Fonte: CONCEIÇÃO, 2003.

Quanto maior a concentração de sais dissolvidos, especialmente aqueles que apresentam em sua constituição os átomos de cálcio e magnésio, maior a possibilidade de insolubilização de determinados ingredientes ativos e ingredientes inertes presentes nos produtos fitossanitários. Isto se dá pela substituição dos átomos Na^+ e/ou K^+ presentes nas moléculas de determinados produtos fitossanitários pelos átomos Ca^{++} e Mg^{++} provenientes

dos carbonatos, sulfatos, nitratos que possam estar presentes na água. Este fato tende a reduzir o efeito biológico dos produtos, causando ainda o entupimento do sistema hidráulico de pulverizadores pela precipitação de compostos (AZEVEDO, 2007; CONCEIÇÃO, 2003; QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008).

O potencial hidrogeniônico (pH) da água é outro importante parâmetro que afeta a eficiência dos produtos fitossanitários. O pH neutro ($\text{pH} = 7$) é encontrado apenas em água destilada, o que denota que as águas utilizadas em aplicações terão comportamento ácido ($\text{pH} < 7$) ou alcalino ($\text{pH} > 7$). A influência do pH pode se dar em virtude da hidrólise de muitos produtos químicos quando diluídos em água, cuja velocidade de degradação está diretamente relacionada ao pH da calda de pulverização.

Em aplicações de herbicidas de grupamentos ácidos, por exemplo o glifosate e o 2,4 D, o pH alcalino da água pode exercer efeito no resultado da aplicação, ao acelerar a degradação do herbicida por hidrólise alcalina, alterando a relação de moléculas dissociadas e não dissociadas. Esta relação influenciará no processo de absorção pelo tecido vegetal, haja vista que a absorção é diferente tanto para moléculas íntegras, como ânions e cátions resultantes da dissociação (KISSMANN, 1998).

Baseado nestes aspectos, os produtos fitossanitários têm em sua constituição ingredientes ativos associados a adjuvantes próprios. Estes muitas vezes têm como função manter o pH da calda de pulverização próximo ao ideal a fim de que o produto promova seu objetivo proposto no momento da pulverização. Contudo, embora seja proibida no Brasil a recomendação agrônômica de mistura de produtos fitossanitários em uma mesma calda de pulverização, a chamada “mistura de calda”, é comum este tipo de ação pelos agricultores, o que pode alterar as propriedades físico-químicas da calda, causando efeitos como a redução na eficiência de controle contra um organismo nocivo e até mesmo consequências indesejáveis, muitas vezes desconhecidas, no meio ambiente. Estes efeitos podem ser: aditivo, em que a mistura será semelhante ao da aplicação dos produtos individualmente, ou seja, um produto não interfere na eficácia do outro; sinérgico, em que o efeito da aplicação da mistura será superior ao da aplicação dos produtos individualmente, ou seja, um produto melhora a eficiência do outro; e antagônico, em que o efeito da aplicação da mistura será inferior ao da aplicação dos produtos individualmente, ou seja, um produto piora a eficácia do outro (AZEVEDO, 2007; QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008).

Atualmente existem ainda outros adjuvantes para misturas à calda de pulverização, como óleos minerais e vegetais, surfactantes, anti-espumantes, anti-evaporantes, acidificantes, entre outros (ARAUJO e RAETANO, 2011). Cada um deles tem uma finalidade

distinta, reduzir a tensão superficial com o intuito de aumentar a porcentagem de cobertura e evitar escorrimento das gotas na superfície vegetal (FORSTERS et al., 2004; BUTLER ELLIS; WEBB; WESTERN, 2004), incrementar a absorção dos produtos através da cutícula da superfície foliar (AZEVEDO, 2007), aumentar o tamanho das gotas pulverizadas para reduzir o potencial de deriva (BUTLER ELLIS; TUCK; MILLER, 1997), entre outros.

2.2 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

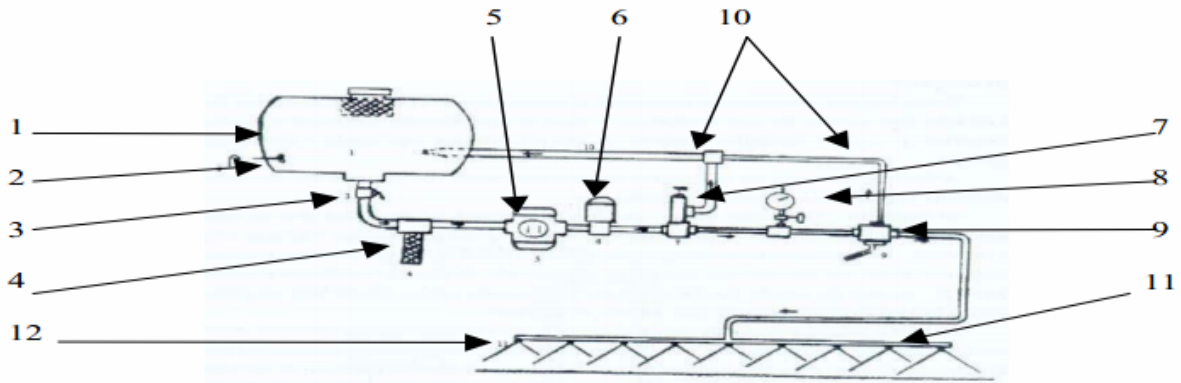
2.2.1 Tipos de Aplicação

O desenvolvimento dos equipamentos de pulverização se deu simultaneamente às primeiras descobertas das atividades fitossanitárias dos produtos químicos, em razão do interesse dos agricultores em maximizar a operacionalidade das aplicações (CHAIM, 2009). Os princípios relativos à aplicação preconizados naquele período não diferem do conceito de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários atual, com exceção das questões relativas ao meio ambiente. A definição atual é “o emprego de todos os conhecimentos técnico-científicos que proporcionem a melhor colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma econômica e com mínimo de contaminação ambiental (MATUO et al., 2006)”.

A classificação dos equipamentos pode ser feita de diferentes maneiras (tipo de deslocamento, acionamento), como também a partir do estado físico do produto que irá ser aplicado (sólido, líquido ou gasoso). Os produtos sólidos, grânulos ou pós, são aplicados pelos equipamentos denominados granuladoras e polvilhadoras, respectivamente, enquanto que os produtos líquidos são aplicados pelos equipamentos chamados de pulverizadores. Estes são chamados genericamente como pulverizadores costais (manual ou motorizado), tratorizados (de barra e turboatomizados) ou de aplicação aérea (aviões ou helicópteros) (MATUO et al., 2006; CANAVATE, 1995).

Os componentes principais dos pulverizadores hidráulicos estão apresentados na Figura 2.1.

Figura 2.1 – Circuito hidráulico de um pulverizador convencional de barras. 1-tanque; 2-agitador; 3-registro; 4-filtro; 5-bomba; 6-câmara de compressão; 7-regulador de pressão; 8-manômetro; 9-registro de seções; 10-tubulação de retorno; 11-barra; 12-bicos de pulverização.



Fonte: MATUO et al., 2006.

Embora existam vários tipos de equipamentos utilizados em aplicações de produtos fitossanitários, a pulverização é o método mais frequente, em virtude principalmente da maior operacionalidade do equipamento, aliado ainda a maior uniformidade da aplicação do produto na forma líquida na área. A pulverização é feita basicamente por meio da pressurização do líquido pelo sistema hidráulico, impulsionando a passagem da calda pelos bicos pulverizadores, gerando gotas através do orifício de saída.

2.2.2 Momento Biológico de Controle

A importância do momento biológico de controle está inserida substancialmente na filosofia do manejo integrado, em que a aplicação de produtos fitossanitários deve ser realizada em um determinado momento, cujo custo de aplicação ou controle seja menor que o dano ocasionado à cultura – limiar de dano econômico (LDE). O momento biológico de controle, comumente chamado de “timing de aplicação”, tem em sua denominação o termo biológico, pois considera as relações existentes entre as plantas daninhas, insetos-praga e doenças, as plantas cultivadas e o ambiente em que todos estes estão inseridos.

No entanto, em decorrência das interações existentes entre cada organismo nocivo em relação a uma determinada cultura e o ambiente em que estes estão inseridos, em um espaço-temporal específico, o cálculo exato deste limiar é praticamente impossível. Contudo, em função da baixa eficiência de controle das aplicações quando efetuadas

inoportunamente e suas eventuais implicações desfavoráveis ao meio ambiente, estudos com o objetivo de melhorar o entendimento destas interações devem ser realizados continuamente.

No caso dos herbicidas, o momento de aplicação depende da seletividade do produto, do tipo de planta daninha a ser controlada e da situação do campo. Estes parâmetros poderão determinar, por exemplo, se é melhor aplicar antes ou após a emergência da cultura a ser cultivada, ou seja, uma aplicação pré-emergente ou pós-emergente, respectivamente. O uso de herbicidas em pré-emergência oferece a vantagem do controle de plantas daninhas antes que estas possam competir com a cultura e provocar redução do rendimento. Eles podem ser usados: no preparo convencional e no sistema de plantio direto; na operação de semeadura, com equipamentos acoplados à semeadora. Por não necessitarem de incorporação, haverá economia de tempo, de máquinas e combustível, além da menor exposição do solo à erosão, reduzindo os impactos ambientais (VARGAS e ROMAN, 2006). Já as aplicações pós-emergentes podem ser realizadas em períodos estrategicamente definidos, e possibilitam ainda a aplicação localizada dos produtos.

Sá Pereira et al. (2000), estudando o controle de plantas daninhas nos dois sistemas de semeadura da soja, convencional e semeadura direta, observaram que as espécies *Brachiaria plantaginea* e *Amaranthus viridis* predominaram no sistema de semeadura convencional, enquanto que a *Euphorbia heterophylla* predominou no sistema de semeadura direta. Na semeadura convencional, os herbicidas de pré-emergência proporcionaram melhor controle de *A. Viridis* do que de *B. plantaginea*, enquanto que o controle com herbicidas pós-emergentes foi insatisfatório para ambas as espécies. Já no sistema de semeadura direta, o controle de *E. heterophylla* foi insatisfatório em todos os sistemas de controle testados. Estes resultados demonstram que para esta situação estudada, o momento biológico de controle está diretamente relacionado ao período antes da emergência das plantas cultivadas.

Ovejero et al. (2003), em um trabalho relativo ao momento de aplicação do herbicida nicosulfuron em pós-emergência na cultura do milho, não encontraram alterações no desenvolvimento fenológico da cultura. Porém, evidenciaram redução na produtividade quando aplicado mais tardiamente, em razão da fitotoxicidade causada pelo herbicida na cultura.

O momento biológico de controle está também relacionado diretamente ao controle dos insetos-praga. Em um estudo referente ao controle da lagarta do cartucho no milho (*Spodoptera frugiperda*), maiores eficiências de controle foram verificadas quando as aplicações se efetuaram no início do ataque da praga (100% lagartas pequenas, com menos de 1,5cm de comprimento e sintomas de folhas raspadas) em comparação a aplicação realizada

quando existia dano severo (30% lagartas pequenas e 70% lagartas grandes, com mais de 1,5cm de comprimento e sintomas de folhas raspadas e cartuchos destruídos) (SILVA, 1999).

Miranda, Coelho e Ferreira (2004), em um estudo mais complexo envolvendo 5 experimentos em locais distintos do estado de São Paulo, evidenciaram que aplicações de inseticida antecipadas (meses de novembro e dezembro) para o controle da cigarrinha (*Mahanarva fimbriolata*) em cana-de-açúcar proporcionaram níveis de controle superiores aos aplicados nos meses seguintes. Os autores afirmaram que isto se deu principalmente em função do tipo de dano provocado por esta praga, muitas vezes irreversível a cultura, o que demonstrou a necessidade da aplicação no momento correto.

Para algumas culturas já foram estabelecidas a relação de nível de dano provocado por um determinado inseto-praga, baseada nos índices populacionais destes. Ao se atingir tal nível de dano, deve-se utilizar o controle químico por meio de inseticidas. Os níveis de dano estabelecidos para os principais insetos praga da soja em que são recomendadas as aplicações de inseticidas são (EMBRAPA, 2011): > 20 lagartas grandes (>1,5 cm) por metro linear ou quando a desfolha atingir 30% (antes da floração) e 15% (primeiras flores) para as lagartas desfolhadoras (*A. gemmatalis* e *P. includens*); > 2 percevejos adultos ou ninfas (> 0,5 cm) (*Euschistus heros*, *Piezodorus guildinii*, *Nezara viridula*) por metro linear para campos comerciais e 1 percevejo ou ninfa por metro linear em campos de produção de sementes; 25-30% dos ponteiros atacados pela broca das axilas (*Epinotia aporema*); > de 1 adulto por metro linear até o estágio fenológico V3 ou 2 adultos para as plantas no estágio V4 a V6 para o tamanduá da soja (*Sternechus subsignatus*); > de 10% das vagens atacadas para a lagarta das vagens (*Spodoptera cosmioides*, *S. eridania* e *S. albula*).

Para o bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*) a Embrapa recomenda, em função do trabalho de Bastos et al. (2005), que a partir do surgimento dos primeiros botões florais deve-se iniciar amostragem com intervalo de cinco dias, caminhando-se pela lavoura em zigue e zague, avaliando-se tais botões em pelo menos 100 plantas. Recomenda-se que a aplicação de inseticidas seja realizada quando se verificar pelo menos 10% de botões com danos. Existe ainda o monitoramento por meio de armadilhas com feromônios que atraem os insetos, devendo-se utilizar o controle químico (RUMMEL et al., 1995 apud BASTOS et al., 2005) caso exista de 1 até 4 bicudos por armadilha por semana, desde que haja botões florais danificados, ou o número de insetos por armadilha por semana exceda a 10, independentemente se exista botões danificados.

Táticas de manejo para pragas consideradas de difícil controle, como o percevejo *Dichelops melacanthus* que atacam milho e trigo, são menos elaboradas, devido

principalmente ao alto dano provocado na cultura. Brustolin, Bianco e Neves (2011), por exemplo, avaliaram a eficiência de inseticidas aplicados em pré e pós emergência, com e sem tratamento de sementes, no controle deste percevejo em milho. Os autores observaram que a melhor forma de controle é a associação de inseticida aplicado em pós-emergência e o tratamento químico de sementes. Os autores verificaram que aplicações em pré-emergência para o controle desta praga promovem pouco ou nenhum efeito residual, e que provavelmente parte do insucesso da aplicação neste momento se deve a presença de plantas daninhas que podem servir de “abrigo” ou “efeito guarda-chuva” para os percevejos, impedindo a ação direta dos inseticidas.

No tocante à aplicação de fungicidas, o momento de aplicação exerce papel fundamental na eficácia de controle de diversas doenças. Oliveira (2013) relata que o atraso na aplicação para o controle da ferrugem da folha (agente causal *Puccinia triticina*) do trigo reduz substancialmente o nível de controle da doença e conseqüentemente a produtividade da cultura. Para este trabalho, reduções na ordem de 80 kg.ha⁻¹ por dia de atraso nas aplicações são observadas quando da manifestação dos sintomas. A Embrapa (2011) afirma que a aplicação de fungicidas para o controle do oídio da soja (agente causal *Erysiphe diffusa*) se dá quando a severidade da doença alcança níveis de até 40% sobre a cultura. Entretanto, isto não é corroborado por Igarashi et al. (2010), uma vez que os níveis de danos depende, dentre outros fatores, do estágio fenológico em que ocorre a infecção inicial efetiva do oídio na soja, e não exclusivamente pela quantidade de doença observada nas plantas.

Como as doenças são provenientes de organismos microscópicos, a determinação do momento biológico de controle é baseada principalmente na fitopatometria e calendarização, porém em nenhuma situação estes são os melhores métodos. Isto se deve ao fato de que os processos infectivos das doenças sobre as culturas podem ter ocorrido sem a manifestação sintomática até então, e, conseqüentemente, podem produzir danos e dificultar o controle pelos fungicidas no caso dos fungos fitopatogênicos. Baseados nestes aspectos, estão sendo desenvolvidos os chamados sistemas de previsão de doenças ou sistemas de aviso (GARDIANO et al., 2010; IGARASHI et al., 2008; DEL PONTE et al., 2006; CANTERI et al., 2005; IGARASHI e BALAN, 2004), que consideram parâmetros meteorológicos, do hospedeiro e do patógeno a fim de prever períodos em que haja condições favoráveis para o desenvolvimento de determinada doença tanto em nível local como regional (YANG, 2006).

Assim tais informações auxiliam na tomada de decisão da aplicação de fungicidas, aumentando a eficiência de controle, além de reduzir possíveis contaminações ambientais e outras conseqüências indesejáveis (BARRETO; SCALOPPI, 2000). Todavia,

Reis e Bressolin (2004) argumentam que para um sistema de previsão ser efetivamente válido no campo, este deve ser simples, gerando, informações relevantes à tomada de decisão para o controle.

2.2.3 Alvo Biológico

Alvo biológico é o organismo no qual o produto fitossanitário aplicado deve exercer seu efeito. Este é variável em função da classe de produto aplicado (inseticida, fungicida e herbicida), podendo ser o tecido vegetal de uma cultura que sofrerá o ataque de um inseto-praga ou uma doença, uma faixa de solo em que se desenvolverá uma planta invasora, ou até mesmo os próprios agentes nocivos a serem combatidos.

O termo aplicação, erroneamente utilizado como sinônimo da pulverização refere-se à devida colocação das gotas pulverizadas sobre um alvo específico. Portanto, uma percepção real do alvo é de extrema importância, pois dependendo de onde as plantas daninhas, insetos-praga ou doenças estão localizadas ou causarão danos, há a necessidade de uma maior penetração ou não das gotas no dossel das culturas pelos produtos aplicados (COUTINHO; CORDEIRO, 2003).

A aplicação de produtos fitossanitários tem por objetivo único e específico controlar os organismos nocivos às culturas. Baseado nestes pressupostos, Matthews (2008) relata que os produtos fitossanitários são aplicados em situações diversas, e que para cada situação deve-se considerar uma aplicação com a máxima precisão e dosagem ótima. Para as plantas invasoras, normalmente controláveis por herbicidas no estágio inicial de seu desenvolvimento (tamanho reduzido), deve-se ter uma maior quantidade de gotas pulverizadas por área, a fim de aumentar a probabilidade de impactos nestas. Isto pode ser alcançado pelo aumento da taxa de aplicação ($L \cdot ha^{-1}$) ou pela redução no tamanho de gotas pulverizadas. As aplicações para o controle de doenças devem ser realizadas da mesma forma, pois estas normalmente têm seu desenvolvimento inicial nas folhas baixas e/ou internas das culturas, devido à menor exposição à radiação solar e ao maior número de horas de molhamento foliar neste local. Para as pragas, o objetivo também é o mesmo - as gotas devem depositar sobre estes organismos ou sobre os pontos de ataque no vegetal. Contudo, os insetos pragas têm uma peculiaridade, eles são móveis. Neste sentido, tais características comportamentais devem ser consideradas no momento da aplicação dos inseticidas, especialmente para as pragas de ciclo caracterizadas como longo e aquelas de ciclo muito curto, com muitas gerações sobrepostas (GUEDES e MAZIERO, 2011).

O percevejo marrom (*Euschistus heros*) da soja, por exemplo, é facilmente encontrado nas lavouras durante as primeiras horas do dia e nos finais de tarde, pois nas horas mais quentes do dia ele se abriga no dossel inferior da cultura. As lagartas, por sua vez, podem ter hábitos alimentares diferentes, a lagarta falsa-medideira (*Pseudoplusia includens*) tem hábito de alimentar-se de folhas mais velhas e abrigar-se nas folhas baixas da cultura, enquanto que a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*) consome as folhas mais novas, situando-se normalmente no dossel superior da cultura.

Neste sentido, conhecer o ciclo biológico de cada planta daninha, inseto-praga e doença é de substancial importância para alcançar níveis de controle satisfatórios. A característica morfo-anatômica e de crescimento de cada cultura também influencia no desenvolvimento de uma determinada planta invasora, inseto-praga e doença, assim como na forma de aplicação requerida para o controle destes agentes nocivos. Isto é exemplificado quando se compara as arquiteturas foliares das culturas. As plantas de soja apresentam maior densidade e sobreposição de folhas, e as folhas do trigo são eretas e finas. Já a cultura do milho apresenta maior altura e folhas eretas, enquanto a do algodão apresenta folhas dispostas de forma espiralada. No caso de culturas perenes, o raciocínio é similar, plantas de citros apresentam densidade de folhas superior do que as de pessegueiro, e ambas são conduzidas de forma totalmente distinta da cultura da uva (latada ou espaladeira).

Em face disto, torna-se necessário conhecer a arquitetura das plantas cultivadas, o índice de área foliar (IAF), o ciclo biológico da cultura e do agente nocivo a ser controlado para se alcançar um controle eficiente por meio da aplicação de produtos fitossanitários.

2.2.4 Pulverização

2.2.4.1 Taxa de aplicação

A taxa de aplicação refere-se ao volume de calda aplicado por área. Devido à quantidade de calda pulverizada na agricultura, convencionou-se utilizar este índice nas unidades de litro por hectare ($L \cdot ha^{-1}$). As taxas de aplicação podem ser distintas dependendo da cultura e do agente nocivo que se deseja controlar, variando desde 5 a mais de $1000 L \cdot ha^{-1}$. Mathews (1979) classifica as taxas e aplicação em diferentes categorias (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 – Categorias das taxas de aplicação (L.ha-1) em função do tipo de cultura.

Categorias	Culturas anuais	Culturas perenes
Alto	> 600	> 1000
Médio	200 - 600	500 – 1000
Baixo	50 - 200	200 – 500
Muito baixo	5 - 50	50 – 200
Ultra baixo	< 5	< 50

Fonte: (MATHEWS, 1979).

Quanto maior a taxa de aplicação maior é a tendência de penetração das gotas no dossel das culturas e aumento no percentual de cobertura sobre o alvo aplicado. Esta prerrogativa baseia-se no fato do maior número de gotas pulverizadas, que aumenta a probabilidade de interceptação sobre o alvo. Este fato pode ser evidenciado matematicamente pela equação de Courshee, que estabelece a cobertura teórica de uma pulverização (MATUO et al., 2006):

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

Em que: C = Porcentagem de cobertura; V = taxa 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 na área; D = diâmetro de gotas.

O percentual de cobertura é uma variável que está relacionada à eficiência de controle de uma aplicação. Maiores percentuais promovem aumento nos níveis de controle por fungicidas de contato, ou seja, produtos que não são absorvidos e translocados nos tecidos vegetais, e maior absorção de fungicidas sistêmicos (AZEVEDO, 2007; FORSTERS et al., 2004). Este mesmo raciocínio vale tanto para herbicidas como inseticidas. O uso de produtos que são considerados como de contato normalmente requerem um maior nível de cobertura

sobre o alvo, pois não são translocados no interior do tecido vegetal para outros locais, como é o caso de produtos que são sistêmicos.

Contudo, aumentar a taxa de aplicação sem critério, visando apenas o incrementar a porcentagem de cobertura, pode incorrer em algumas situações não desejáveis: maior escorrimento das gotas da superfície vegetal para o solo e aumento no consumo de água, custo de aplicação e tempo dispensado no processo de aplicação. Portanto, considerando aspectos operacionais e econômicos, a tendência atual é de se reduzir as taxas de aplicação mantendo-se níveis de controle satisfatórios. Para tanto, o tamanho das gotas pulverizadas exercem papel relevante na obtenção de maiores níveis de cobertura, pois se pulveriza um maior número de gotas por área, além do que as gotas menores apresentam maior superfície específica (MARTIN et al., 2000).

2.2.4.2 Pontas de pulverização e tamanhos de gota

A ponta de pulverização é um dos componentes do bico de pulverização, que é composto pelo corpo e capa do bico, filtro e a ponta. Embora elas sejam os últimos componentes do sistema hidráulico dos pulverizadores, elas são consideradas o principal componente de um pulverizador hidráulico. A forma e o tamanho do orifício de saída, associado à pressão de trabalho sobre o líquido irá determinar a vazão ($L \cdot \text{min}^{-1}$), a forma do jato e o tamanho das gotas produzidas (CUNHA et al., 2007; VIANA et al., 2007; FREITAS et al., 2005).

Assim como a taxa de aplicação ($L \cdot \text{ha}^{-1}$), o tamanho das gotas é outro importante fator determinante para a qualidade das pulverizações. Em uma mesma taxa de aplicação, quanto menor o tamanho de gotas pulverizado maior é a cobertura produzida sobre o alvo, em função da maior superfície específica. O número teórico de gotas em aplicações de líquidos pode ser estimado pela equação abaixo (MATUO et al., 2006):

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

Em que: N = número de gotas por área (cm^2); d = diâmetro da gota (μm); Q = taxa de aplicação ($L \cdot \text{ha}^{-1}$).

Com relação à forma do jato e a uniformidade de distribuição, as pontas de pulverização são classificadas basicamente em cônico (vazio e cheio), com deposição circular

vazia e cheia no centro do jato, respectivamente, e de jato plano (comum e uniforme), com orifício no formato de uma fenda que origina um jato em forma de leque com deposição não linear e linear, respectivamente, na projeção do jato (MATUO et al., 2006). Devido às diferentes necessidades de controle dos agentes nocivos nas culturas agrícolas, diferentes pontas de pulverização estão no mercado. As primeiras pontas de pulverização produzidas eram cônicas, mas devido ao menor tamanho de gota gerado, seu uso acabou sendo substituído pelas pontas de jato plano.

Apesar das gotas pequenas promoverem teoricamente maiores níveis de cobertura, elas não necessariamente repercutem o mesmo efeito em pulverizações no campo. Por apresentarem menor massa e volume, elas estão sujeitas as interferências das condições meteorológicas durante seu deslocamento até o alvo, que são basicamente o desvio da trajetória das gotas pela ação do vento (deriva) e evaporação em virtude da temperatura e umidade relativa do ar (RAMOS; PIO, 2008). Christofolletti (1999) afirma que à medida que a gota perde seu volume, por conta da evaporação, sua massa também diminui e, automaticamente, a sua velocidade de queda.

Neste contexto, presume-se que condições de temperatura do ar acima de 30 °C, umidade relativa abaixo de 55% e ventos com velocidade acima de 10 km.h⁻¹ não são favoráveis para a aplicação fitossanitária (RAMOS; PIO, 2008).

Como cada ponta de pulverização produz um espectro de gotas de diferentes tamanhos e volumes, diversos parâmetros são considerados para caracterizar as gotas produzidas no processo de pulverização. O principal parâmetro é o diâmetro mediano volumétrico (DMV), que nada mais é que o diâmetro da gota (μm) que divide o volume aplicado em duas proporções iguais. Este parâmetro é utilizado para classificar as gotas em relação ao seu tamanho. De acordo com Pereira (2006 apud BALAN, 2009), o sistema internacional de classificação baseado na norma ASAE S-572, classifica as gotas em classes de tamanho em função do DMV: muito finas ($< 100\mu\text{m}$), finas (100-175 μm), média (175-250 μm), grossas (250-375 μm) e muito grossas (375-450 μm).

Outro parâmetro é o diâmetro mediano numérico (DMN), que é o diâmetro da gota (μm) que divide o número de gotas pulverizadas em duas partes iguais. Neste contexto, o DMV pode ser igual ou maior que o DMN, porque para um mesmo volume precisa-se de um número maior de gotas menores do que gotas maiores.

Como as pulverizações geram um espectro de gotas de diferentes tamanhos, parâmetros que mensuram a uniformidade das gotas tornam-se necessários. Proposto por Johnstone (1978, apud MATUO et al., 2006), o índice proveniente da razão DMV/DMN

expressa a uniformidade das gotas pulverizadas. Quanto mais próximo este índice estiver de 1, maior é a homogeneidade das gotas. Considera-se um espectro de gotas relativamente homogêneo até o índice de 1,4. Outro parâmetro referente à uniformidade do espectro de gotas é a chamada amplitude relativa (AR), que pode ser calculada pela equação:

$$AR = \frac{D_{v\ 0,9} - D_{v\ 0,1}}{D_{v\ 0,5}}$$

Em que: $D_{v\ 0,9}$ = diâmetro da gota no qual o volume pulverizado totaliza 90%; $D_{v\ 0,1}$ = diâmetro da gota no qual o volume pulverizado totaliza 10%; $D_{v\ 0,5}$ = é o diâmetro mediano volumétrico.

Mathews (1979), baseado no diâmetro mediano volumétrico (DMV), classifica os tamanhos de gota recomendáveis para cada tipo de alvo em específico (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas para cada tipo de alvo.

Alvo	Tamanho da gota (µm)
Insetos em voo	10 – 50
Insetos sobre as folhas	30 -50
Superfície vegetal	40 -100
Solo	250 – 500

Fonte: MATHEWS, 1979.

Contudo, este referencial não deve ser seguido à risca, pois conforme já explicitado, as condições meteorológicas influenciam diretamente no deslocamento das gotas até o alvo. Somam-se ainda a este fato a característica peculiar de cada alvo (planta daninha, inseto-praga e doença) inerente ao seu ciclo biológico, ao seu comportamento e a sua localização, e principalmente a sua inter-relação com as plantas cultivadas, que apresentam diferentes características morfo-fisiológicas (arquitetura, índices de área foliar, espessura da cutícula, entre outros).

2.2.4.3 Influência das condições meteorológicas

Para que uma aplicação alcance sua máxima eficiência de controle sobre os organismos nocivos que se deseja controlar, fatores como o produto e a dose utilizada, o momento biológico de controle e a tecnologia de aplicação adotada são de indubitável importância. A técnica utilizada na pulverização exerce papel fundamental na deposição das gotas pulverizadas sobre o alvo, maximizando a ação dos produtos e reduzindo os níveis de perdas. No entanto, a pulverização é um tipo de aplicação considerado ineficiente, devido às perdas da calda para fora do alvo.

Balan, Abi Saab e Silva (2006), em aplicações com turbo-atomizador em videira, observaram perdas de até 60% da calda de pulverização para fora do alvo, apresentando diferenças entre os níveis de perdas em função dos tipos de sistema de aplicação. Chaim et al. (1999) estudando os níveis de depósitos em aplicações na cultura do tomateiro, verificaram que a altura das plantas influenciaram diretamente nas quantidades de calda depositadas sobre estas, e conseqüentemente, nos níveis de perdas para o solo e local desconhecido. Estes autores encontraram perdas da ordem de 50 a 76%, dependendo do porte das plantas.

As perdas dos produtos fitossanitários aplicados para fora do alvo podem se ocasionadas por três razões: exoderiva - deslocamento das gotas para fora do alvo pela ação do vento; endoderiva - depósito das gotas pulverizadas no solo, em função das gotas não atingirem o dossel da cultura ou por escorrimento das gotas na superfície foliar; e evaporação – vaporização das gotas durante o seu deslocamento até o alvo.

As condições meteorológicas no momento da pulverização exercem influência direta na qualidade da aplicação. A superfície específica do líquido aumenta substancialmente no momento da pulverização devido à formação de gotas, tornando-se estas mais sujeitas ao risco de evaporação e deriva para fora do alvo (MATHEWS, 1979). As condições meteorológicas (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento), inerentes a massa de ar situada entre a ponta de pulverização e o alvo da aplicação, exercem efeito no comportamento das gotas e conseqüentemente na qualidade da aplicação.

Gotas menores são mais propensas à evaporação e deriva em condições meteorológicas adversas em função de sua menor massa e maior superfície específica. E quanto maior a distância da ponta de pulverização e o alvo, maior é a probabilidade das gotas não alcançarem este local. Christofolletti (1999) afirma que à medida que a gota perde seu

volume, por conta da evaporação, sua massa também diminui e automaticamente a velocidade de sua queda em função da ação da gravidade.

A influência da temperatura pode ser avaliada por meio da chamada equação de Amsden (MATUO et al., 2006), desenvolvida para estimar o tempo de “vida” da gota de água:

$$T = d^2/80 \Delta t$$

Em que: 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.

O tempo de vida de uma gota, em sua trajetória entre a ponta de pulverização e o alvo, dependendo do seu tamanho, aumenta quando a aplicação é feita a 20°C e umidade relativa de 80%, comparada com aplicações a 30°C e 50% de UR (MATHEWS, 1979).

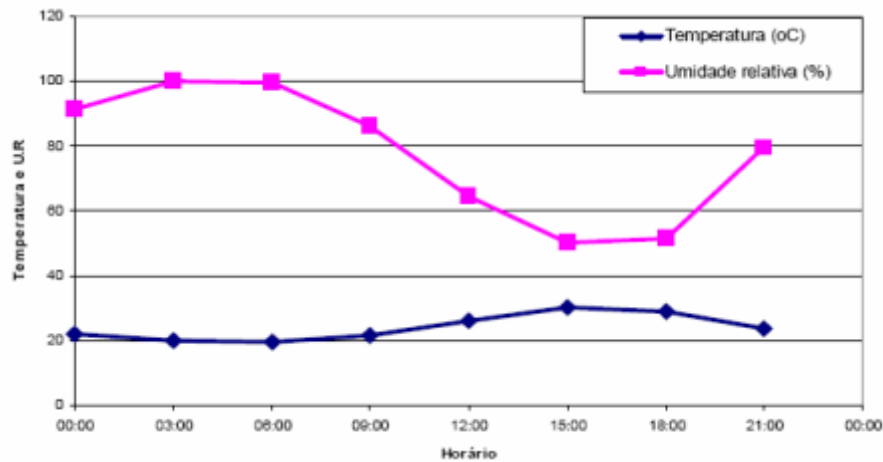
Tabela 2.4 – Tempo de via (s) e distância percorrida (m) pela gota de água na queda, em duas condições de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%).

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	20 $^{\circ}\text{C}$		30 $^{\circ}\text{C}$	
ΔT (bulbo seco e úmido)	2,2		7,7	
UR (%)	80%		50%	
Diâmetro inicial	Tempo de extinção	Distância percorrida	Tempo de extinção	Distância percorrida
50	14 s	0,5 m	4 s	0,15 m
100	57 s	8,5 m	16 s	2,4 m
200	227 s	136,4 m	65 s	39 m

Fonte: MATHEWS, 1979.

Balan et al., (2004) avaliando a variação da deposição da calda de pulverização na ausência de vento, observaram variação na deposição da ordem de 100% entre os horários que produziram maior (0 às 6 horas) e menor quantidade de depósitos (15 às 18 horas) quando se pulverizou gotas classificadas como finas. A mesma amplitude de variação não ocorreu quando se pulverizou tamanhos de gota maiores. Os autores reforçam a idéia da escolha correta da ponta de pulverização para diferentes condições meteorológicas, como temperatura e umidade relativa do ar.

Figura 2.2 – Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) em diferentes horários para Londrina – PR.



Fonte: BALAN et. al, 2004.

O vento, por sua vez, pode influir na mudança de trajetória das gotas pulverizadas, podendo carregá-las para fora do alvo. A exoderiva reduz a eficiência da aplicação e a eficiência de controle pelos produtos fitossanitários, podendo ainda contaminar outros ambientes e comprometer o desenvolvimento de campos de produção vizinhos. Da mesma forma para as condições de temperatura e umidade relativa do ar, quanto menor o diâmetro das gotas pulverizadas maior é o efeito do vento no carregamento das gotas.

Costa et al., (2007) avaliando o efeito de pontas de pulverização, pressão de trabalho e velocidade do vento, observaram que a velocidade do vento é determinante nos níveis de deriva. A utilização de pontas de pulverização e maiores pressões de trabalho, que geram menor tamanho de gotas, proporcionam maiores níveis de deriva. Neste sentido, temperatura do ar acima de 30 °C, umidade relativa abaixo de 55% e ventos acima de 10 km.h⁻¹ são parâmetros meteorológicos não recomendados para a pulverização de produtos fitossanitários (RAMOS; PIO, 2008).

Inserido neste contexto, a assistência de ar em pulverizações tem demonstrado resultados positivos, melhorando a distribuição dos produtos fitossanitários aplicados em diversas partes da planta alvo (MATTHEWS; THOMAS, 2000) e reduzindo os níveis de perdas. Esta tecnologia pode ser utilizada tanto em pulverizadores de barra, normalmente usados em culturas anuais, bem como em pulverizadores com uso destinado a plantas arbóreas.

Bauer e Raetano (2000) comparando os níveis de deposição de dois equipamentos de pulverização de barra na cultura da soja, com e sem assistência de ar, não

verificaram diferenças nos níveis de depósitos entre os equipamentos na parte superior das plantas de soja. Existiram apenas diferenças nos terços médio e inferior das plantas, em que uso de assistência de ar promoveu maiores depósitos. Os autores relatam ainda que a exoderiva foi consideravelmente maior para o equipamento sem assistência de ar, não apresentando diferenças entre os equipamentos para endoderiva – depósitos nas entrelinhas da cultura. Antuniassi e Abi Saab (1998), estudando tipos de pulverizações na cultura da uva (conduzidas em latada), afirmam também a importância do uso de jato transportado (turboatomizador) como ferramenta na aplicação de produtos fitossanitários, pois verificaram aumento na porcentagem de cobertura na face abaxial das folhas desta cultura.

Com a intenção de reduzir os riscos de deriva e evaporação, podem também ser adicionados adjuvantes “redutores de deriva” à calda de pulverização, que têm sido desenvolvidos especificamente para aumentar o tamanho das gotas ou reduzir sua susceptibilidade à evaporação (BUTLER ELLIS; TUCK; MILLER, 1997).

Outros fatores meteorológicos, como a chuva e a presença água líquida na superfície vegetal (orvalho), podem exercer influência direta na eficiência das aplicações. O efeito da chuva se deve a “lavagem” dos produtos na superfície vegetal após as aplicações, podendo reduzir a ação do produto. Já o orvalho pode tanto aumentar como reduzir a eficiência das aplicações, ao possibilitar maior espalhamento das gotas nas superfícies vegetais ou diluir a concentração de ingrediente ativo e conseqüentemente a absorção de produtos sistêmicos pelo tecido vegetal, respectivamente.

A concentração de ingrediente ativo na superfície foliar depende da dose e da taxa de aplicação utilizada, além da presença ou não de orvalho e do horário de aplicação, haja vista que a presença de orvalho tende a diminuir nas horas de maior temperatura do dia. Normalmente, para produtos sistêmicos, quanto maior a concentração do produto maior é a absorção pelas plantas, o que acarretaria maior nível de controle de um determinado agente nocivo.

Em aplicações do herbicida glifosate, Santos et al. (2004) verificaram redução nos níveis de controle de *Brachiaria decumbens* quando as aplicações foram feitas na presença de orvalho. Os autores relatam que a interferência do orvalho parece estar mais relacionada com seu tempo de ocorrência após as pulverizações – o que manteria por mais tempo o produto diluído, dificultando a absorção no tecido vegetal.

Todavia, Forcelini (2008), Oliveira et al. (2007) e Oliveira (2012), estudando os efeitos da concentração de fungicida na calda de pulverização, por meio da relação de diferentes doses e taxas de aplicação, no controle da ferrugem asiática da soja

(*Phakopsora pachyrhizi*), ferrugem da aveia (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*) e ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) e mancha amarela (*Pyrenophora tritici repentis*) do trigo, respectivamente, encontraram melhores níveis de controle com o uso de maiores taxas de aplicação e doses isoladamente, não havendo efeito da concentração dos produtos.

Além da diluição do produto na superfície foliar, a presença de orvalho pode possibilitar o escorrimento das gotas para fora da superfície vegetal, principalmente quando se utiliza gotas de maior tamanho e caldas de pulverização com maior tensão superficial, que dificulta o espalhamento da gota sobre a superfície. Desta forma, adjuvantes (espalhantes e/ou surfactantes – denominações comerciais) vêm sendo utilizados com o intuito de reduzir a tensão superficial da calda de pulverização, aumentando a área de contato da gota sobre o alvo e incrementando os níveis de absorção (BUTLER ELLIS; TUCK; MILLER, 1997; OZEKI, 2006; AZEVEDO, 2007).

Partindo-se deste aspecto Butler Ellis; Webb; Western (2004) encontraram maiores níveis de retenção da calda sobre as folhas do trigo com a redução da tensão superficial da calda. Os autores relataram que tal fenômeno pode ser oriundo do fato que o uso de surfactantes reduziu o tamanho das gotas, aliado ainda a menor força de impacto destas gotas sobre as folhas, o que ocasionou, contudo, em menores perdas para fora das folhas propriamente dita.

2.2.4.4 Parâmetros avaliados em tecnologia de aplicação

Diversos são as variáveis avaliadas em estudos relacionados à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. Elas podem ser divididas em variáveis ligadas a avaliação da aplicação (cobertura, deposição, penetração, absorção) e a avaliação de controle (nível de controle de um determinado agente nocivo). Como o objetivo fundamental das aplicações é controlar as plantas daninhas, insetos-praga e doenças, existe a tendência natural de testar a eficiência de produtos fitossanitários diretamente em experimentos de campo. Todavia estes experimentos são demorados e sofrem influência da interface hospedeiro, agente nocivo e ambiente em que estão inseridos, e, por conseguinte, podem apresentar resultados incongruentes devido a gama dos fatores envolvidos (ABI SAAB, 2000).

A variável denominada cobertura refere-se à distribuição das gotas sobre o alvo da aplicação. Ela é uma avaliação qualitativa que expressa a porcentagem de cobertura das gotas pulverizadas sobre a superfície analisada. Esta variável sofre influência da taxa de

aplicação, tamanho da gota pulverizada, fator de espalhamento destas gotas, superfície analisada (MATUO et al., 2006).

A mensuração da porcentagem de cobertura da pulverização pode ser realizada nas plantas alvo (alvos naturais) ou em alvos simulados (alvos artificiais) (FOX et al., 2001). Para alvos naturais, o uso de marcadores fluorescentes na calda de pulverização é um método bastante utilizado (PALLADINI, RAETANO e VELINI, 2005; ABI SAAB, 1996 e 2000). O uso de traçantes fluorescentes é simples, porém pode sofrer degradação pela radiação solar (SALYANI, 1999). Já os alvos artificiais são os mais utilizados, devido sua maior praticidade de manuseio. Eles podem ser dispostos sobre a superfície foliar ou em suporte específico no interior da cultura. Os alvos artificiais podem ser feitos a partir de papel cartolina (BALAN et al., 2005) ou papel tipo kromekote (PESSOA e CHAIM, 1999), necessitando, contudo de um corante na calda de pulverização para a marcação das gotas sobre o papel.

Atualmente, os cartões de papel hidrossensível são os mais utilizados, por não precisarem de corante na calda de pulverização, e apresentarem softwares específicos para avaliação (SALYANI e FOX, 1994). Estes cartões são papéis semi-rígidos, com uma camada composta de azul de bromofenol, que reflete a cor azul quando em contato com a água, devido a mudança de pH de 2,8 para 4,6 (TURNER; HUNTINGTON, 1970). Contudo, uma característica indesejável dos cartões de papel hidrossensível é que em ambientes com alta umidade relativa do ar, acima de 85%, sua superfície se torna azul, o que inviabiliza seu uso. Outro fator limitante, é que o uso de taxas de aplicação elevadas promove a interpolação das gotas, causando manchas contínuas no papel que distorcem a interpretação do tamanho das gotas, ao ponto de impossibilitar o cálculo do número de impactos por área e seu tamanho (FOX et al., 2001; Degre et al., 2001). Outra dificuldade é a pulverização de gotas de tamanho menor que 50 micra (HOFFMAN; HEWITT, 2005) ou 80 micra (SALYANI e FOX, 1999), pela não identificação das gotas pelos softwares específicos.

A deposição é uma variável que relaciona a quantidade depositada da calda de pulverização sobre o alvo. Embora, o aumento na quantidade de calda depositada proporcione aumento na porcentagem de cobertura, estes dois parâmetros não têm uma relação direta, pois uma determinada cobertura não reflete necessariamente em maiores níveis de deposição, e vice versa. Da mesma forma que para a cobertura, os níveis de deposição podem ser estudados tanto em alvos naturais como em alvos artificiais. A determinação da quantidade de calda depositada pode ser mensurada por diversas técnicas analíticas de determinação de compostos, a partir da “lavagem” dos alvos com água destilada. Os métodos

de determinação podem ser espectrofotometria (CUNHA et al.,2005), fluorometria, colorimetria, cromatografia (ABI SAAB, 2000), condutividade elétrica (BALAN et al., 2008), etc.

Outra variável estudada em experimentações ligadas á tecnologia de aplicação é a penetração das gotas. Esta variável é avaliada pela distribuição da porcentagem de cobertura ou níveis de depósitos da calda de pulverização em diferentes locais do dossel das culturas. Tal variável é de grande importância em experimentações relacionadas a aplicações de fungicidas e inseticidas, uma vez que cada doença ou inseto-praga pode situar em locais específicos das culturas, como por exemplo, folhas baixas e/ou internas do dossel, ou também diferentes faces foliares (abaxial ou adaxial).

A absorção dos produtos fitossanitários sistêmicos também é outra variável amplamente estudada em estudo de tecnologia de aplicação. Isto se deve a característica da camada externa de cera da cutícula das folhas, que tem natureza hidrofóbica, evita a perda de água do tecido foliar para o ambiente e por consequência dificulta a entrada dos produtos. Vários fatores influenciam na espessura de tal camada, dentre elas estão a espécie vegetal, o nível de radiação solar, a umidade relativa do ar, entre outros, apresentando, geralmente, maior espessura na face adaxial das folhas (FERREIRA, 2002 e 2003; WANG; LIU, 2007; KIRKWOOD, 1999). A maior parte dos estudos relativos à absorção dos produtos fitossanitários em cultivos está relacionada aos herbicidas, com a finalidade principal de entender quais são os fatores que exercem efeito na seletividade dos produtos (CARDINALI et al., 2010; PETER et al., 2007; WEICHEL e NAUEN, 2003; LICHTNER, 1983). No entanto, estudos acerca da absorção de inseticidas (FONSECA et al., 2011; BYRNE, MORSE e KRIEGER, 2009; BUCHHOLZ, NAUEN, 2001) e fungicidas (BARTLETT, et al., 2002; EASTON, 1985) são também estudados para melhor entendimento da ação dos produtos no controle.

A absorção dos produtos vem sendo estudada também quanto ao uso de adjuvantes na calda de pulverização e ao tamanho de gota pulverizado (FORSTERS et al., 2004 e 2006; KNOCHE et al., 1998; KNOCHE; BUKOVAC, 1999 e 2000; WANG; LIU, 2007; KIRKWOOD, 1999). Ela pode ser determinada analiticamente pelas mesmas técnicas da deposição, a partir da “lavagem” dos produtos nas folhas, contudo, considera-se um tempo mínimo para que estes produtos sejam absorvidos. Existem ainda estudos que não determinam a quantidade de produto absorvido, especialmente com fungicidas, mas sim fazem uma estimativa da absorção indiretamente por meio do efeito residual de controle (LENZ et al., 2011; EASTON, 1985). Fazem-se aplicações de fungicidas nas plantas e após inoculam as

mesmas com os patógenos a serem estudados. A partir da comparação com plantas testemunhas, que não receberem aplicações de fungicida, infere-se que os produtos foram absorvidos e tiram-se conclusões pertinentes ao objetivo do trabalho. Este tipo de experimento foi realizado por Lenz et al. (2011) para a ferrugem asiática da soja (agente causal *Phakopsora pachyrhizi*), que observaram que gotas de menor tamanho proporcionam maior velocidade de absorção de fungicidas e que trifólios mais novos absorvem mais rapidamente os fungicidas.

2.3 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA E METANÁLISE

O acesso à informação nos dias atuais pelos diferentes meios de comunicação, em especial pela internet, faz com que a disseminação das teorias e resultados de pesquisas científicas sejam amplamente conhecidas, tornando possível a seleção de diferentes trabalhos relativos a um mesmo objeto de pesquisa, que poderão ser analisados nas revisões bibliográficas de literatura.

A revisão de literatura tem duas linhas básicas: apresentar informações já estudadas ou discutidas acerca de um determinado tema, a fim de nortear a argumentação a ser discutida posteriormente em um trabalho de pesquisa; ou sintetizar estas mesmas informações apresentadas, obtendo-se assim conclusões específicas. Nestas duas linhas, esta revisão de literatura pode ser denominada como revisão de literatura narrativa, pois se baseia em determinadas conclusões isoladamente de cada trabalho, considerando-as, contudo, de forma conjunta.

Quando o objetivo desta revisão é meramente obter conclusões específicas sobre um determinado assunto, este tipo de revisão pode gerar conclusões contraditórias ou até mesmo tendenciosas entre os autores que a elaboram, uma vez que estes podem ter óticas diferentes sobre um mesmo tema (BORESTEIN et al., 2009).

Neste sentido, a revisão sistemática de literatura surgiu para diminuir a subjetividade, a partir do uso de critérios objetivos. Este tipo de revisão utiliza metodologias sistemáticas específicas, em função principalmente da área de conhecimento, com o intuito de identificar, selecionar e avaliar, de modo crítico, estudos concernentes a um mesmo objeto de pesquisa (SOUSA e RIBEIRO, 2009).

A partir deste tipo de revisão, ou seja, realizada de forma criteriosa, os dados publicados nos trabalhos científicos podem ser combinados e analisados estatisticamente. A utilização de procedimentos estatísticos neste âmbito é comumente

denominada como metanálise, e tem a possibilidade de obter conclusões adicionais de dados preexistentes, a partir da aplicação de uma ou mais técnicas estatísticas. Assim, a metanálise pode ser considerada como um método quantitativo, que permite combinar os resultados de diferentes estudos realizados de forma independente, e sintetizar as suas conclusões, corroborando ou não com as conclusões iniciais (LUIZ, 2002).

O primeiro pesquisador a utilizar a metanálise no contexto da sumarização de resultados de estudos publicados estava atrelado a área da psicologia, Gene Glass, em seu artigo intitulado “Primary, secondary and meta-analysis research”, que estudou o efeito da psicoterapia no tratamento de doenças na década de 1970 (SOUSA e RIBEIRO, 2009; LUIZ, 2002).

Este tipo de técnica pode ser empregada em praticamente todas as áreas do conhecimento, principalmente àquelas que envolvem experimentações ou tipos de levantamentos abrangentes, ou seja, desde áreas ligadas à medicina, ecologia, ciências sociais, agronomia, entre outras.

Na Fitopatologia, por exemplo, esta técnica iniciou-se no final da década de 1990, em que o primeiro estudo tinha como objetivo verificar quais eram a eficiência da fumigação do solo com diferentes produtos no cultivo do morangueiro na Califórnia - Estados Unidos da América (SHAW; LARSON, 1999). Outro trabalho importante na Fitopatologia é o de Rosenberg et al. (2004), em que estes autores apresentaram e discutiram a utilidade da meta-análise para a fitopatologia, estimulando vários outros autores a utilizar tal técnica, especialmente relacionados à eficiência de fungicidas no controle de doenças de plantas.

Para a realização de uma metanálise não é necessário que os dados sejam provenientes apenas de trabalhos publicados em periódicos científicos ou em anais de congressos e simpósios, mas também de dados de pesquisas não publicadas até o momento. A utilização desta técnica é utilizada principalmente em redes de pesquisa de diferentes instituições, o que possibilita uma síntese dos resultados das pesquisas desenvolvidas.

Contudo, para se realizar uma metanálise, é necessário definir uma medida de efeito, comumente reportada na língua inglesa como "effect size", e que deve ser comum entre os estudos considerados na análise, aliada ainda a dados relativos à variabilidade destas mesmas medidas. Assim, as variáveis avaliadas em cada estudo devem ser semelhantes, ou transformadas em uma mesma variável comum. Como exemplo, as principais medidas de efeito no âmbito agrônomo podem estar ligadas à produtividade, porcentagem de controle de um agente nocivo às culturas, crescimento de raiz ou parte aérea, entre outras, desde que tenham a mesma unidade de medida.

Após a análise dos dados, obtém-se uma medida de efeito única, podendo ser chamada de medida de efeito geral, com um nível de variância, também calculada em função da variabilidade dos dados utilizados na análise estatística (PAUL et al., 2011). Basicamente, a metanálise consiste em atribuir maior peso aos estudos que tenham dados com menor variabilidade, e, por conseguinte, maior precisão, e estimar finalmente uma medida única geral deste efeito, com uma margem de erro para mais ou para menos e com determinado nível de confiança estatística.

Com o intuito de explicar a variabilidade ou a amplitude desta medida de efeito geral após a análise, os dados podem ser agrupados e analisados separadamente em função de diferentes variáveis moderadoras que são comuns entre os trabalhos, e que quando considerados conjuntamente comporiam o cálculo para a medida de efeito geral inicial. Estas variáveis moderadoras podem ser as mais diferentes possíveis, por exemplo: ano de condução do trabalho, local, cultivar utilizado, produto fitossanitário utilizado, técnica de aplicação, entre outras. Este tipo de desmembramento poderia explicar se há ou não maior influência no resultado final obtido a partir de dados relacionados a um determinado ano, local, produto fitossanitário utilizado, ou qualquer outra variável considerada.

Existem dois modelos que podem ser utilizados para a realização da metanálise (modelo de efeito fixo ou aleatório). Para utilização do modelo de efeito fixo deve-se assumir que a medida de efeito é idêntica para todos os trabalhos, e que a variação deste efeito é decorrente apenas do erro amostral. Já o modelo aleatório pressupõe que as medidas de efeito não são idênticas entre os estudos, e que os estudos selecionados representam apenas amostras aleatórias das medidas de efeito que poderiam ser observadas (BORESTEIN et al., 2009). Existe ainda um índice conhecido como Higgins & Thompson, que verifica a heterogeneidade dos dados, e quando seu valor é superior a 1,5, é recomendável utilizar o modelo aleatório (MADDEN e PAUL, 2011).

É oportuno mencionar ainda que embora a metanálise seja de grande importância no contexto científico, em função principalmente da utilização de técnicas estatísticas, ela pode também produzir conclusões errôneas ou tendenciosas, em virtude da escolha sem critério, por exemplo, de determinados dados de determinados estudos, que são muitas vezes favoráveis à hipótese que o pesquisador acredita ser verdadeira. Outra forma de tendência está na escolha apenas de trabalhos publicados em periódicos científicos, pois os autores e até mesmo os editores, salvo algumas exceções, buscam publicar apenas os resultados positivos encontrados em suas pesquisas. Contudo, conforme descreve LUIZ

(2002), este tipo de situação, como em toda a atividade humana, não é inerente ao método, mas sim a ao seu mau uso.

3 ARTIGO A - CARACTERÍSTICAS E SITUAÇÕES DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS RELACIONADOS À TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

3.1 RESUMO

Diferentes fatores contribuem para que uma aplicação de produto fitossanitário seja eficiente ou não, desde aspectos ligados ao produto, às relações entre a cultura e o agente nocivo, e às técnicas utilizadas nas aplicações. Assim, várias pesquisas científicas na área da tecnologia de aplicação vêm sendo desenvolvidas para o entendimento das relações existentes entre estes vários fatores. Baseado nisto, este estudo teve como objetivo levantar e investigar as diferentes características e situações em que os trabalhos envolvendo pulverizações de produtos fitossanitários estão sendo desenvolvidos, possibilitando assim identificar os aspectos dos estudos mais e menos recorrentes, e proporcionando uma melhor compreensão de como as pesquisas estão sendo conduzidas. Um levantamento bibliográfico de 595 artigos científicos foi realizado em periódicos científicos. O efeito de alguma técnica de aplicação ou de um produto fitossanitário foram os objetivos dos artigos levantados. As características e situações dos trabalhos foram obtidas a partir dos parâmetros elencados a seguir: ano de publicação, ambiente nos quais os trabalhos foram conduzidos, equipamentos utilizados, culturas alvo estudadas, produtos aplicados, e os temas de estudo e suas respectivas variáveis analisadas em artigos que se avaliou a aplicação e o nível de controle de um organismo nocivo às culturas. Os resultados demonstraram que: houve um aumento a partir da década de 90 no número de trabalhos desenvolvidos, principalmente com culturas anuais, cultivadas principalmente em condições de campo; o pulverizador costal pressurizado com barras foi o equipamento mais utilizado; as variáveis mais encontradas, nos artigos que avaliavam a aplicação, se referem à deposição da calda aplicada; teste de produtos e suas respectivas doses foram os temas mais estudados em artigos que avaliaram o nível de controle de um organismo nocivo, sendo que os fungicidas e os herbicidas foram os produtos mais utilizados. Já as observações menos recorrentes estão atreladas, por exemplo: às culturas permanentes, à fruticultura anual e às espécies florestais; à utilização de pulverizadores de barra (tracionados ou autopropelidos) e à utilização de aeronaves (asa fixa ou rotativa); ao estudo de temas relacionados a adjuvantes, a eletrificação de gotas e aplicação aérea; à utilização de técnicas que possam medir a absorção do produto aplicado; a estudos que utilizam técnicas de aplicação no combate a insetos-praga.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação. Pulverização. Eficiência de controle. Qualidade da aplicação.

3.2 ABSTRACT

Different factors contribute to a pesticide application being considered efficient or not, since aspects to the product used, the relationships between agricultural plants and harmful agent, and the techniques used in the applications. Therefore, several scientific research related to the application technology area have been developed to understand the relationships among these factors. Based on that, the objective of this paper was to investigate the different characteristics and situations in which the articles involving spray of pesticides have been developed, allowing to identify the most and the least recurring aspects, and providing a better understanding of the development of the research. A literature review of 595 scientific articles was realized in scientific journals. The effects of some application technique or some product were the objectives of these articles. The characteristics and situations of the articles were obtained from the following parameters: year of publication, environment where the papers was conducted, the spray equipment used, the target crop studied, the products utilized, the subjects and their respective variables analyzed in articles that evaluated the application quality and the level of control of a harmful agent. The results demonstrated that: there was an increase in the number of articles since the last two decades, and the plants studied were mainly associated with annual crops, that were grown under field conditions; the pressurized backpack sprayer with bars was the equipment most used in the applications; the variables most evaluated, in articles that analyzed the quality of the application, referred to the deposition of the product sprayed; the efficacy tests of products and their dosages were the mainly subjects studied in articles that evaluated the level of control of a harmful agent, and the fungicides and herbicides were the most used products. The least observation, for example, are related: to the permanent crops, to the annual fruit crops and forestry species; to the use of traction or self-propelled sprayers with bars, and the use of aircraft sprayers (fixed or rotary wings); to the study of subjects related to adjuvant, electrified drops and aerial application; to the use of techniques that can measure the absorption of some product applied; to the studies that used techniques to the control of insect pests.

Key-words: Application technology. Spraying. Efficiency of control. Application quality.

3.3 INTRODUÇÃO

Existe grande quantidade de pesquisas científicas que tem o intuito de entender como os fatores relacionados à tecnologia de aplicação atuam nas mais variadas situações para que o produto fitossanitário aplicado alcance sua finalidade: controlar os agentes nocivos às culturas, sem causar nenhum efeito maléfico ao meio ambiente ao seu redor.

A aplicação de produtos fitossanitários, a fim de combater organismos nocivos às culturas agrícolas (insetos-pragas, plantas daninhas e doenças), é um importante método de controle, em função da economicidade, praticidade e da eficiência proporcionada. Neste âmbito, importantes conhecimentos têm sido desenvolvidos com relação à tecnologia de aplicação, em virtude dos casos de epidemias de organismos nocivos às culturas agrícolas, bem como pela busca por uma aplicação de maior qualidade, objetivando assim níveis de controle satisfatórios destes organismos nocivos e redução nas eventuais contaminações externas ocasionadas pelos produtos fitossanitários aplicados.

Os produtos fitossanitários - substâncias de natureza química ou biológica destinados a prevenir, destruir, atrair ou repelir, direta ou indiretamente, qualquer organismo nocivo às culturas agrícolas (AZEVEDO, 2007) - são aplicados em diferentes situações e alvos e, para cada um deles, deve-se realizar uma aplicação específica, com máxima precisão, e menor risco de contaminação do ambiente e aplicador (MATTHEWS, 2008).

Para que se alcance uma eficiência de controle satisfatória, independentemente do organismo nocivo a ser controlado, é necessária a associação de diferentes fatores: ação comprovada do produto fitossanitário, aplicação realizada no momento biológico de controle, condições meteorológicas oportunas durante as aplicações, além da utilização de técnicas e equipamentos adequados.

A toxicidade do produto frente ao organismo nocivo é fundamental, no entanto, para que se alcancem níveis de controles satisfatórios é preciso atentar-se para fatores como o momento biológico de controle. Este é dependente das relações espaços-temporais que existem entre as plantas cultivadas e os ataques dos respectivos organismos nocivos, considerando ainda aspectos relativos aos danos que tenham ou não ainda ocorridos, o nível de controle e o custo de uma aplicação. Estas relações são complexas, conforme pode se verificar, por exemplo, pelos diferentes fatores que atuam em epidemias de doenças fúngicas: agressividade/virulência de cada agente causal; momento da chegada e a quantidade dos primeiros propágulos da doença no campo; reação de cada cultivar frente ao agente nocivo; condições ambientais em que as culturas estão sendo conduzidas; grupo químico de fungicida utilizado; qualidade da

aplicação, entre tantos outros. Portanto, definir o exato momento em que se deva realizar uma aplicação é praticamente impossível. Contudo, existe a possibilidade de se determinar o momento mais favorável para que se alcance uma eficiência de controle satisfatória - reduzindo as perdas ocasionadas. Para tanto, estudos acerca dos fatores envolvidos nestas relações são necessários e devem ser constantes.

As técnicas de aplicação, por sua vez, também exercem papel importante. Na pulverização, vários fatores meteorológicos atuam durante o deslocamento de uma gota desde o ponto de saída da ponta de pulverização até o alvo a ser atingido, e também após o contato desta gota com a superfície do alvo. Porém, para que a aplicação seja eficiente, a premissa básica a ser considerada consiste 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 cobertura satisfatória em todo o alvo (NASCIMENTO et al., 2012).

Tal fundamento pressupõe que diversos fatores estão envolvidos, e que se relacionam entre si, para que uma aplicação possa ser considerada adequada e assim se obtenha um controle satisfatório. Dentre eles estão as condições meteorológicas durante e após a aplicação, as características morfo-fisiológica do alvo, a taxa de aplicação e o tipo de ponta de pulverização a serem utilizados, entre outros. Ao se considerar estes diversos fatores, diferentes técnicas tem sido desenvolvidas a fim de melhorar a qualidade da aplicação, especialmente com utilização de equipamentos e produtos cada vez mais modernos e sofisticados. Por exemplo: a assistência de ar na barra de pulverização, a eletrização das gotas, a adição de adjuvantes à calda de pulverização (BAUER; RAETANO, 2000; MATTHEWS; THOMAS, 2000; BUTLER ELLIS; WEBB; WESTERN, 2004), etc.

Ante as considerações expostas, este estudo teve como objetivo levantar e investigar as diferentes características e situações em que os trabalhos envolvendo pulverizações de produtos fitossanitários estão sendo desenvolvidos, a fim de identificar os aspectos dos estudos mais e menos recorrentes, proporcionando assim uma melhor compreensão de como estas pesquisas vem sendo produzidas.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento bibliográfico de artigos científicos ligados direta e indiretamente à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em periódicos publicados no Brasil e no exterior. O levantamento dos artigos foi realizado a partir de pesquisas com as

seguintes palavras-chave: aplicação, pulverização, pulverizador, equipamento, ponta de pulverização, tamanho de gota, taxa de aplicação, volume de calda, adjuvante, assistência de ar, momento de aplicação, produto fitossanitário, fungicida, herbicida, inseticida, dose e dosagem. Os locais de pesquisa foram o sítio eletrônico da CAPES (Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), o ambiente físico e eletrônico da biblioteca da Universidade Estadual de Londrina e periódicos e bases bibliográficas de livre acesso na internet. O critério adotado para a seleção dos periódicos foi os estratos de A1 até B2 do Qualis da CAPES (triênio 2010-2012). Totalizaram-se 595 artigos, apresentados na Tabela 3.1 em função do periódico em que foram publicados.

Tabela 3.1 – Quantidade de artigos científicos levantados por periódicos publicados no Brasil e no exterior.

Periódicos	Brasil	Exterior
Acta scientiarum	13	-
Agricultural and forest entomology	-	2
Agricultural engeneering international	-	6
Agrociência	-	1
Agronomy journal	-	5
Annals of applied biology	-	6
Applied engineering in agriculture	-	18
Australian journal of grape and wine research	-	1
Biocontrol science and technology	-	1
Biosystem engennering	-	7
Bragantia	15	-
Chemosfere	-	1
Ciência e agrotecnologia	2	-
Ciência rural	16	-
Crop protection	-	72
Crop science	-	2
Engenharia agrícola	25	-
Entomological economy	-	8
European journal of agronomy	-	2
European journal of plant pathology	-	1
Tropical plant pathology	11	-

Horticultura brasileira	6	-
IEEE Transactions on industry application	-	1
Industrial crops and products	-	1
Insect science	-	2
International journal of pest management	-	7
Journal agriculture engeneering research	-	6
Journal agronomy and crop science	-	2
Journal general plant pathology	-	2
Journal of environmental quality	-	2
Journal of phitopathology	-	1
Journal of the science of food and agriculture	-	1
Journal of toxicology and environmental health	-	1
Neotropical entomology	-	3
Pesquisa agropecuária brasileira	11	-
Pesticide management science	-	20
Phytopathology	-	6
Plant disease	-	35
Plant pathology	-	9
Planta daninha	53	-
Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental	5	-
Revista Brasileira de entomologia	1	-
Revista Brasileira de fruticultura	5	-
Scientia agrícola	22	-
Scientia horticulturae	-	3
Semina	25	-
Summa phytopatologica	22	-
Transactions of the Asae	-	87
Weed biology and management	-	15
Weed research	-	10
Weed science	-	16

Fonte: Próprio autor.

O efeito proporcionado por alguma técnica de aplicação ou ação de um determinado produto fitossanitário em plantas de importância agrícola foram os objetivos dos

artigos levantados. Os artigos foram organizados em periódicos publicados no Brasil e no exterior, e baseados em 7 parâmetros básicos elencados a seguir: ano de publicação; continentes e ambientes nos quais foram desenvolvidos os trabalhos; equipamentos utilizados para a pulverização dos produtos; culturas-alvo estudadas; produtos utilizados nas aplicações; temas de estudo e respectivas variáveis analisadas para artigos que avaliaram a aplicação e o nível de controle de organismos nocivo às culturas. Adicionalmente, quantificaram-se os trabalhos que apresentavam diferenças estatísticas entre os tratamentos relativos aos temas estudados.

A distribuição temporal do parâmetro ano de publicação foi agrupada de forma quinquenal. Os ambientes nos quais foram conduzidos os trabalhos foram agrupados em condições de campo (estações experimentais e campos de cultivo), casa de vegetação, laboratório, túnel de vento e caixa d'água. O ambiente classificado como caixa d'água foi utilizado em estudos envolvendo plantas aquáticas. Os equipamentos utilizados nas pulverizações foram agrupados em aeronaves (asa fixa e rotativa), pulverizadores de barra (tracionados, automatizados, autopropelidos e costais pressurizados), costais manuais, costais atomizadores, pulverizadores estacionários, micropipetas, microseringas, turbo-atomizadores e outros. As culturas-alvo estudadas foram agrupadas em alvos destacados naturais, alvos destacados artificiais, espécies florestais, fruticulturas anuais, fruticulturas permanentes, grandes culturas anuais, grandes culturas permanentes, hortaliças frutos, hortaliças herbáceas, hortaliças tuberosas, plantas medicinais, plantas ornamentais, plantas psicotrópicas, plantas daninhas, plantas daninhas aquáticas, pastagens. Alvos destacados naturais foram os alvos provenientes da coleta de uma determinada parte de uma planta para que se realizasse uma aplicação localizada, normalmente com uma microseringa ou micropipeta e em condições laboratoriais, enquanto que os alvos destacados artificiais tiveram o mesmo intuito, utilizando-se contudo alvos artificiais. As terminologias anual e permanente adotadas neste estudo se referem às plantas que têm seu ciclo de vida completado em menos e mais de 1 ano, respectivamente. E o termo grandes culturas se refere às culturas comumente conduzidas em grandes extensões de áreas.

Os produtos foram agrupados em herbicidas, fungicidas, inseticidas, biocidas, produtos alternativos (naturais ou sintéticos), micronutrientes, reguladores vegetais e suas misturas. Quanto aos temas de estudo, os trabalhos referentes à avaliação da aplicação tiveram os temas agrupados em adjuvantes, aplicação aérea, assistência de ar, condição meteorológica no momento da pulverização, deriva, eletrificação das gotas pulverizadas, tipos de pulverizadores, momento de aplicação, pontas de pulverização, pressão de trabalho, produto

utilizado, qualidade da calda de pulverização, tamanho de gota, taxa de aplicação, tipo de alvo e outros. Estes artigos avaliaram variáveis como porcentagem de cobertura, deposição, absorção das gotas pulverizadas com produtos fitossanitários, etc. Já os trabalhos referentes ao nível de controle de um agente nocivo tiveram os temas agrupados em adjuvantes, assistência de ar, condição meteorológica no momento da aplicação, tipos, doses e formulações de produtos fitossanitários, tipos de pulverizadores, momento e número de aplicações, pontas de pulverização, pressão de trabalhos, qualidade da calda de pulverização, tamanho de gota, taxa de aplicação e outros. Sendo que estes artigos tiveram como variáveis o nível de controle de um agente nocivo às culturas agrícolas e/ou aspectos de rendimento quantitativo e qualitativo das culturas.

Por fim, a título de facilitar a compreensão, os resultados foram apresentados na forma de gráficos, considerando cada parâmetro investigado de forma individual em função do periódico publicado (nacional e internacional).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 595 artigos científicos investigados neste estudo, 61% foram oriundos de periódicos publicados no exterior e 39% publicados no Brasil. A maior quantidade de trabalhos provenientes dos periódicos publicados no exterior é devido aos estratos considerados na classificação adotada para este estudo (Qualis da Capes). Tal classificação é feita a partir do fator de impacto (JCR/ISI) dos periódicos, calculado a partir do número de citações que os artigos publicados em um periódico são citados por outros autores, e também em função do número de bases nas quais os periódicos são indexados (CAPES, 2014).

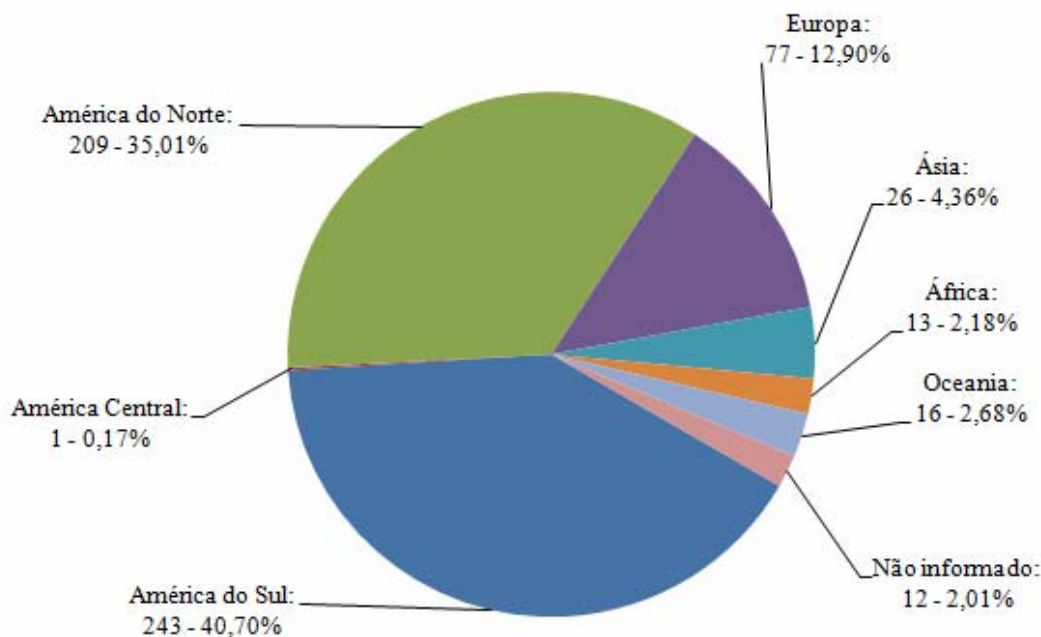
Considerando apenas este aspecto, este resultado dá a conotação de que os periódicos publicados no exterior apresentaram qualidade superior aos publicados no Brasil. Isto não é necessariamente uma realidade, pois embora esta classificação englobe parâmetros pertinentes, a mensuração da qualidade de um periódico deve também considerar aspectos relativos à inovação e praticabilidade das metodologias e temas estudados, embora sejam parâmetros subjetivos difíceis de mensurar. Tal prerrogativa é válida principalmente para a área de ciências agrárias, que apresenta linhas de pesquisas voltadas diretamente à busca e melhoria das técnicas de manejo para as culturas agrícolas e indiretamente ao entendimento de aspectos específicos ligados a outras áreas (biológicas, exatas, humanas, etc), e que deveriam ser amplamente divulgadas. Este fato se torna ainda mais preocupante quando se verifica, nas normas de alguns periódicos, recomendações para que se utilize citações de

trabalhos publicados em um período recente e preferencialmente do mesmo periódico em que se deseja publicar.

Foi possível constatar também maior acessibilidade à comunidade científica em artigos publicados em periódicos publicados no Brasil, devido à divulgação gratuita na internet. Contudo, salvo algumas exceções, estes periódicos são generalistas nos temas de pesquisa abordados em suas publicações. Muitas vezes se publica, em um mesmo volume, artigos que abordam desde o controle de uma doença específica de uma cultura a artigos relacionados a aspectos mecânicos que exercem efeito na qualidade da colheita mecanizada de outra cultura qualquer. Em contrapartida, os periódicos publicados no exterior pesquisados tendem a ser mais direcionados a uma área de pesquisa, ora focados no controle dos organismos nocivos às culturas, ora na qualidade da aplicação de produtos fitossanitários, etc.

No tocante ao local de desenvolvimento dos estudos (Figura 3.1), considerando todos os artigos, verificou-se que os trabalhos publicados foram desenvolvidos principalmente na América do Sul e na América do Norte (~75%), seguidos da Europa (~13%), Ásia (~4%), África (~2%), Oceania (~2%) e América Central (< 0,5%).

Figura 3.1 – Quantidade e percentagem de artigos levantados em função dos continentes e subcontinentes em que foram desenvolvidos.

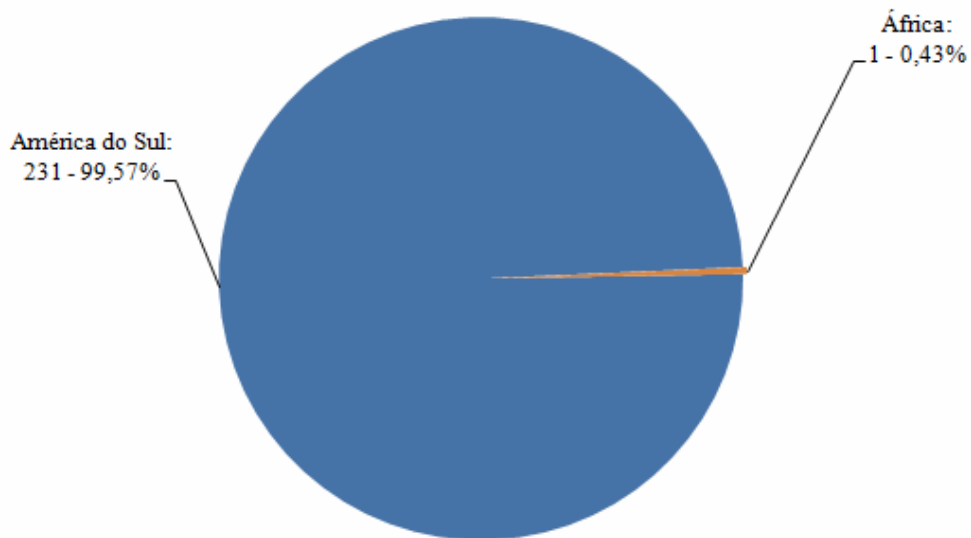


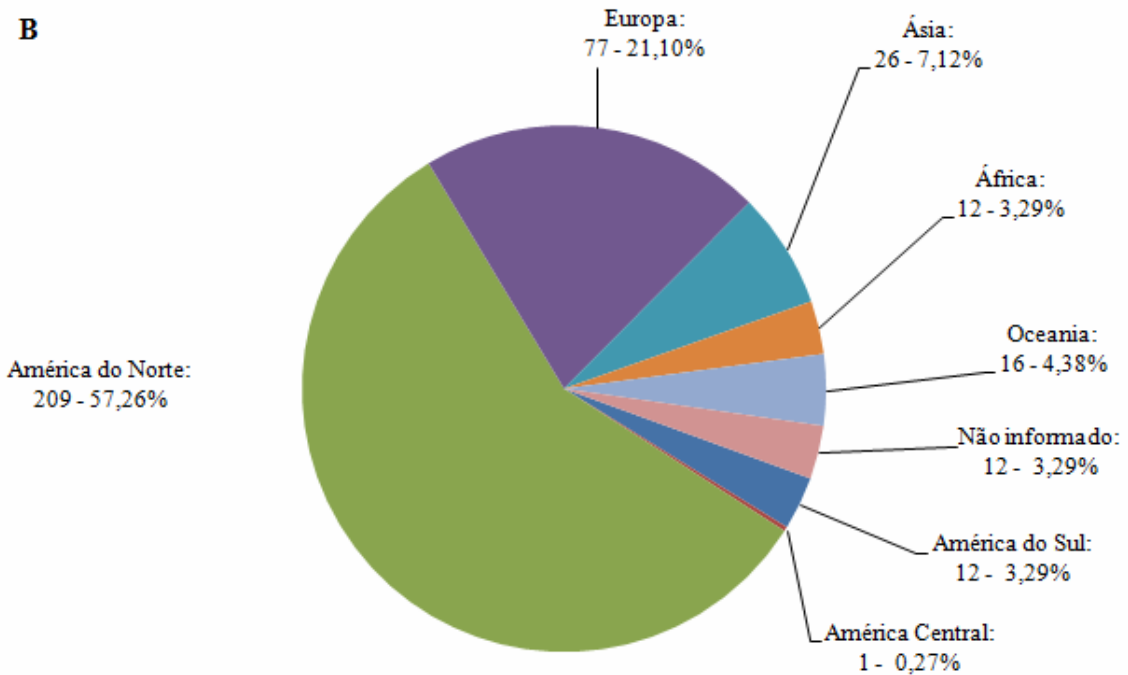
Fonte: Próprio autor.

Porém quando se desmembrou estes resultados em periódicos publicados no Brasil e no exterior (Figura 3.2), foram evidenciadas diferenças de representatividade entre os locais. Nos periódicos publicados no exterior, a América do Norte é o subcontinente mais representativo (57% dos trabalhos), seguido pela Europa (21%). A América do Sul é representada por apenas 12 artigos (3,29%), sendo 8 artigos desenvolvidos no Brasil e os restantes no Paraguai, Colômbia e Uruguai. Já nos artigos levantados em periódicos publicados no Brasil, foi possível verificar que a maioria dos trabalhos (231 artigos) foram conduzidos no Brasil e apenas 3 artigos desenvolvidos no exterior: 2 na Argentina e 1 na Etiópia (Figura 3.2) (RODRIGUEZ, et al., 2010; MEKONEN, et al., 2011; CARMONA, et al., 2011).

Figura 3.2 – Quantidade e percentagem de artigos levantados em periódicos publicados no Brasil (A) e no exterior (B) em função dos continentes e subcontinentes em que foram desenvolvidos.

A





Fonte: Próprio autor.

Algumas situações podem explicar tal fato: ou os periódicos publicados no Brasil têm baixa divulgação no meio científico internacional e assim não são de conhecimento de grande parte de pesquisadores estrangeiros; ou não existe interesse da comunidade científica estrangeira em publicar nos periódicos brasileiros.

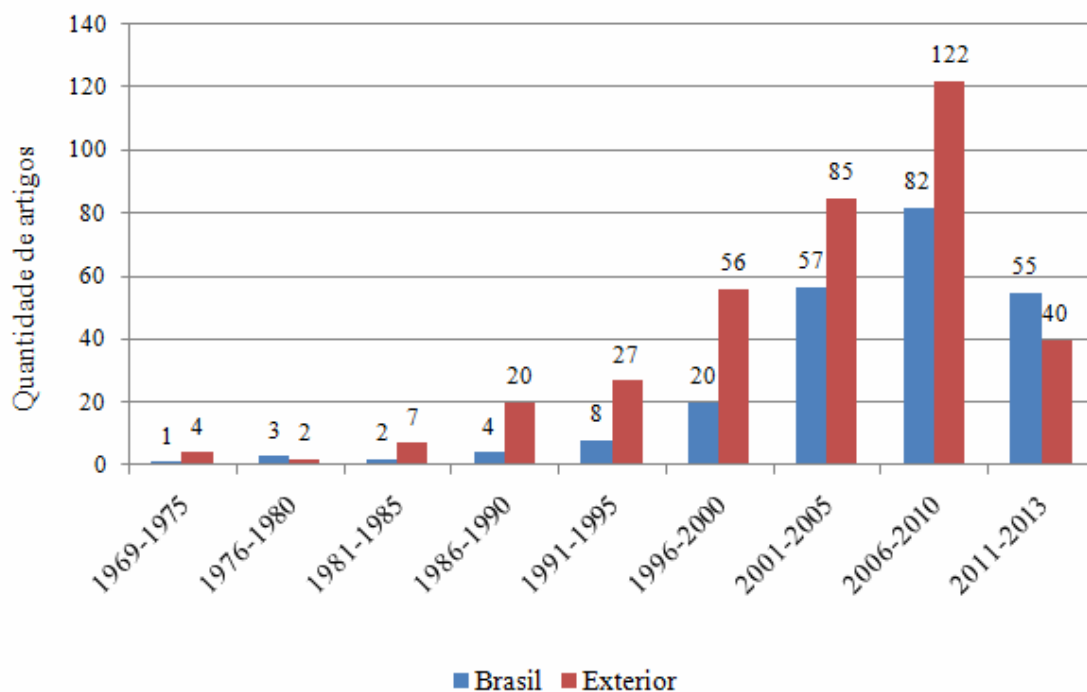
Embora tenha existido maior diversificação geográfica dos países em que os trabalhos foram desenvolvidos nos periódicos publicados no exterior, isto não pode ser entendido como regra, especialmente quando se considera o local em que cada periódico é editado. Por exemplo, no periódico *Pesticide Management Science*, publicado pela Sociedade da Indústria Química Internacional, dos 20 trabalhos levantados, 11 foram desenvolvidos na Europa, 4 na Ásia, 3 na América do Norte, 1 na Oceania e 1 na América do Sul. No periódico *Weed Research*, publicado pela Sociedade Européia de Pesquisa de Plantas Daninhas, dos 10 trabalhos levantados, 8 foram desenvolvidos na Europa, 1 na América do Norte e 1 na Oceania. No periódico *Plant Disease*, publicado pela Sociedade Americana de Fitopatologia, dos 35 artigos levantados, 26 foram desenvolvidos na América do Norte, 4 na África, 3 na América do Sul, 1 na Ásia, 1 na América Central e 1 na Oceania.

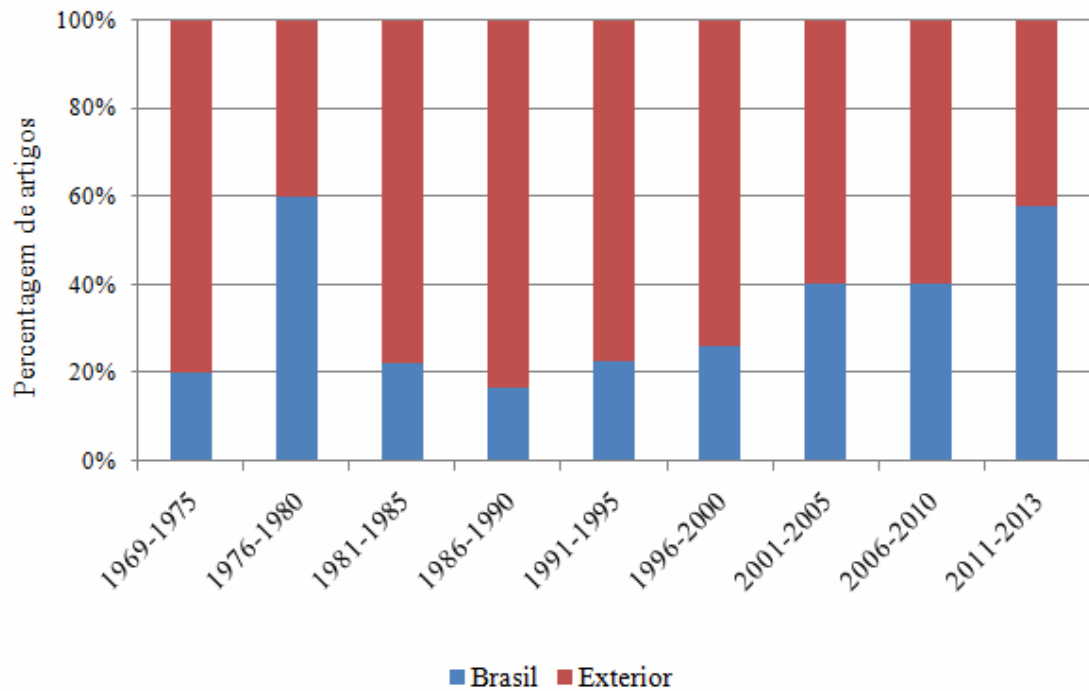
Entretanto, nos artigos levantados neste último periódico, 3 trabalhos foram desenvolvidos em pelo menos 2 continentes distintos e com pesquisadores de diferentes instituições de pesquisa (MILES et al., 2007; MUELLER et al., 2009; AUGUSTO et al., 2010). A reunião de pesquisadores de diferentes regiões do mundo e áreas de pesquisa no

desenvolvimento de uma pesquisa científica, especialmente em estudos relacionados à área de Ciências Agrárias, é importante para um maior entendimento dos fatores ambientais que atuaram durante a execução da pesquisa, tornando a interpretação e a discussão dos resultados mais condizentes com a realidade.

Acerca da distribuição temporal das publicações investigadas (Figura 3.3), foram levantados artigos publicados no período de 1969 a 2013. Os trabalhos referentes ao ano de 2013 foram levantados ainda em 2012, uma vez que os artigos estavam disponibilizados eletronicamente na internet sem ainda estarem publicados na versão impressa. Os resultados demonstraram aumento gradual na quantidade de artigos publicados a partir do quinquênio 1986-1990. Do mesmo modo, isto continuou sendo uma tendência mesmo nos anos de 2011-2013, haja vista a quantidade de artigos analisados em relação ao quinquênio 2006-2010. Verificou-se ainda, ao longo do tempo, acréscimo no percentual de artigos provenientes de periódicos publicados no Brasil e no exterior.

Figura 3.3 – Quantidade e respectiva percentagem de artigos levantados em periódicos no Brasil (A) e no exterior (B) em função do ano de publicação.





Fonte: Próprio autor.

O aumento na quantidade de estudos pode estar atrelado à maior acessibilidade de divulgação e consulta dos periódicos na internet nas duas últimas décadas, o que pode ter impulsionado a geração de novas pesquisas por outros pesquisadores, além de outros aspectos agrônômicos relacionados a este período. A intensificação no sistema de produção agrícola a partir desta época é um exemplo, em que a utilização de produtos fitossanitários frente aos organismos nocivos às culturas (insetos-praga, plantas daninhas e doenças) tornou-se uma ferramenta quase que “necessária” para o manejo. Existiu ainda o aumento na utilização de produtos fitossanitários que exercem algum tipo de efeito sobre a cultura agrícola ou sobre o processo de aplicação, tais como micronutrientes, reguladores vegetais, adjuvantes, etc. Outro fator determinante pode estar associado à descoberta de novos ingredientes ativos, principalmente os inseticidas seletivos, que atuam nas fases de desenvolvimento dos insetos-praga (inibição da síntese de quitina, mimetificadores de hormônios juvenis, antagonistas da ecdisona) (BAPTISTA et al, 2009; MEYER et al., 2009) e os fungicidas do grupo químico dos triazóis e estrobilurinas (PARREIRA, et al, 2009; VINCELLI; DIXON, 2002), amplamente utilizados nos dias atuais.

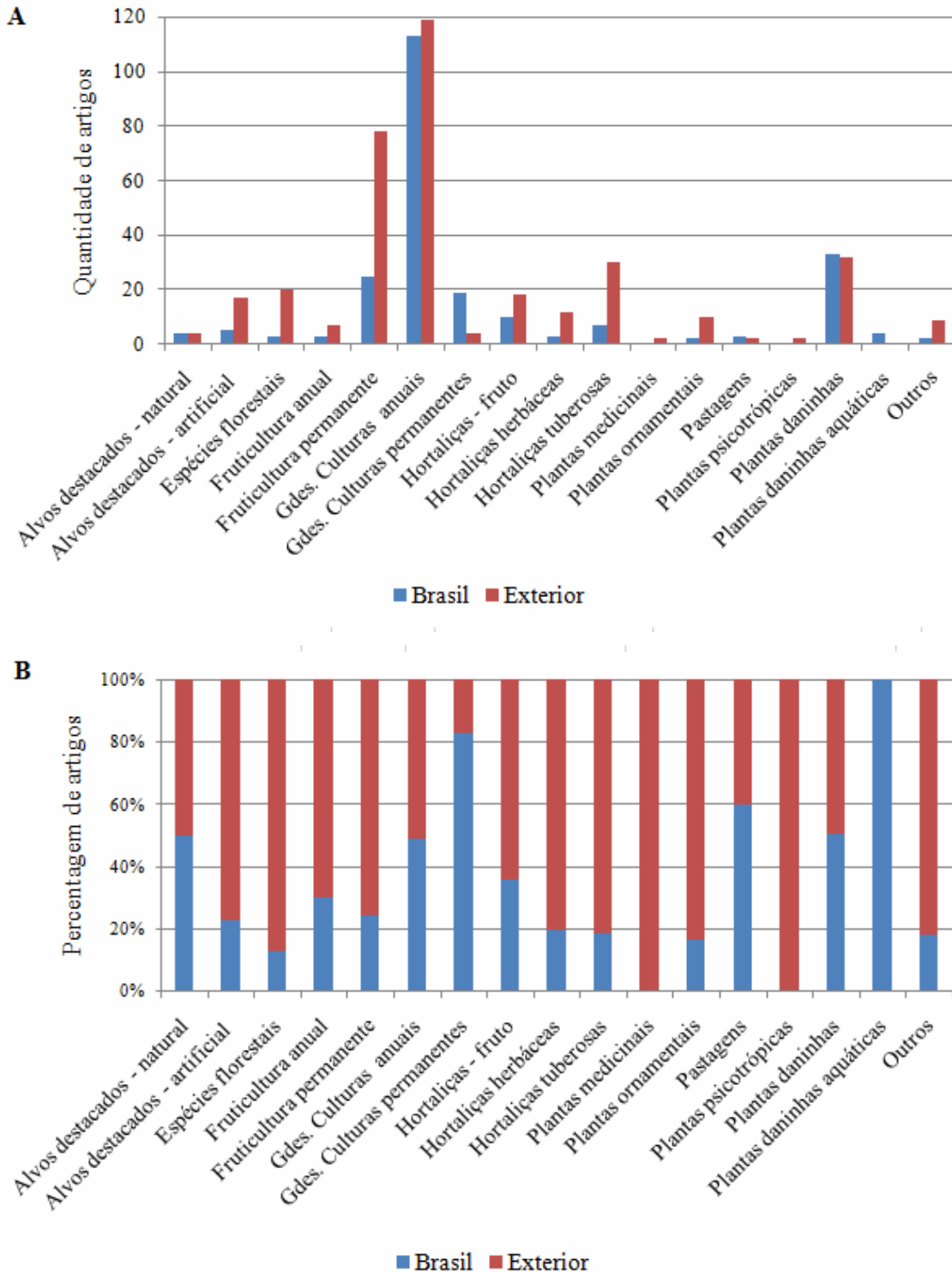
Além dos estudos relacionados à eficiência de controle de um determinado produto fitossanitário no combate de algum organismo nocivo, foi observado aumento no número de trabalhos que estudaram fatores relacionados diretamente às técnicas de aplicação:

tipos de equipamentos e acessórios utilizados nas aplicações, taxas de aplicação, adjuvantes adicionados à calda de pulverização, produtos e doses recomendadas, fatores ambientais que influenciam na aplicação e na ação do produto aplicado, contaminações ambientais, momento biológico de controle, entre outros.

Considerando que o foco da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é depositar a quantidade correta de ingrediente ativo no alvo, com a máxima eficiência, de maneira econômica, proporcionando um nível de controle satisfatório e afetando o mínimo possível o ambiente em que está inserido (MATUO et al., 2006), o aumento no número de estudos pode ser decorrente do entendimento de que diversos fatores estão envolvidos concomitantemente na qualidade da aplicação, e não só a utilização de produtos com ação comprovada, para a obtenção de um controle eficiente de um organismos nocivo. Atrelado a esta prerrogativa, há também o crescente interesse em estudos relativos à contaminação ambiental produzida por uma aplicação.

Com relação às culturas-alvo estudadas, os grupos das grandes culturas anuais e da fruticultura permanente foram os mais estudados, apresentando mais de 53% de todos os artigos levantados (Figura 3.4). O número de artigos pesquisados envolvendo as grandes culturas anuais foi semelhante entre os periódicos publicados no Brasil e no exterior. Em contrapartida, as culturas agrupadas em fruticultura permanente foram estudadas em maior número nos periódicos publicados no Brasil (>70%).

Figura 3.4 – Quantidade (A) e respectiva percentagem (B) de artigos pesquisados em periódicos publicados no Brasil e no exterior em função do tipo de alvo estudado.



Fonte: Próprio autor.

Dentre as grandes culturas anuais, destacam-se os cultivos de feijão (*Phaseolus vulgaris*), soja (*Glycine Max*), milho (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*), arroz (*Oryza*

Sativa), entre outros. Estas lavouras estão diretamente relacionadas às diversas cadeias do agronegócio atual, por serem cultivadas normalmente em grandes extensões de terra, e possuem um alto valor tecnológico embutido nos sistemas de produção, possuindo ainda um grande mercado consumidor. Há, portanto, um maior interesse em pesquisas científicas envolvendo estas culturas. Além do que, tais culturas são muitas vezes conduzidas sob monocultivo, o que acarreta aumento na infestação de plantas daninhas, insetos-praga e doenças específicas, o que dificulta o controle por meio da aplicação de produtos fitossanitários. Assim existem trabalhos que estudam os fatores como pontas de pulverização e horário de aplicação no controle de doenças da soja (NASCIMENTO et al., 2013) e do trigo (GULART et al., 2013), uso de plantas de cobertura e herbicidas no controle de plantas daninhas da soja (LAMEGO et al., 2013), produtos e doses de inseticidas no controle de pragas do algodoeiro (FONSECA et al., 2011), entre outros.

Na fruticultura permanente, por sua vez, estão incluídas culturas caracterizadas como de ambiente temperado e tropical, como as culturas da uva (*Vitis sp.*), pêssego (*Prunus sp.*), maçã (*Malus sp.*), pêra (*Pyrus sp.*), citros (*Citrus sp.*), banana (*Musa sp.*), abacate (*Persea sp.*), etc. A maior quantidade de artigos com este grupo foi levantado em periódicos publicados no exterior, sendo desenvolvidos principalmente na Europa e na América do Norte. No continente europeu totalizaram-se 23 trabalhos, sendo observadas especialmente as culturas da maçã (12 artigos), uva (8) e citros (3). Na América do Norte contabilizou-se ao todo 36 trabalhos, sendo a maioria desenvolvida nos Estados Unidos da América, envolvendo culturas como citros (16 artigos), maçã (6), uva (4), pêssego (4), além de outras culturas como pêra, ameixa, abacate, banana e amora. Em periódicos publicados no Brasil foram publicados 24 trabalhos, sendo 23 conduzidos no Brasil e 1 na Argentina. As culturas envolvidas foram: maçã (6 artigos), citros (6), uva (5), manga (2), banana (1), mamão (1), cacau (1), ameixa (1) e goiaba (1). Tais espécies são conduzidas em áreas relativamente menores, mas com manejos fitossanitários intensos devido às peculiaridades dos sistemas de produção. Isto pressupõe a necessidade de pesquisas ligadas ao controle químico de forma geral e da tecnologia de aplicação, por exemplo: estudo de diferentes velocidades de fluxo de ar em pulverizações com turbo-atomizadores na cultura uva (PERGUER e PETRI, 2008); utilização de técnicas que reduzam a deriva proporcionada por estes mesmos equipamentos na cultura da maçã (WENNERKER e ZANDE, 2008; CHAIM et al., 2003).

Outras culturas-alvo foram evidenciadas nos artigos levantado, contudo com menor expressão numérica. Entre elas estão o grupo das plantas daninhas, da fruticultura anual, das espécies florestais, etc. Destacam-se os artigos envolvendo o grupo das grandes

culturas permanentes e das pastagens publicados em periódicos no Brasil. Este grupo apresentou basicamente as culturas da cana-de-açúcar e do café, que aliado ainda às pastagens cultivadas para a bovinocultura, exercem papel relevante no cenário agropecuário brasileiro, e como consequência tendem a ser mais estudadas e publicadas em periódicos brasileiros. Outro fator relevante foi a constatação de trabalhos envolvendo plantas daninhas aquáticas somente em periódicos publicados no Brasil, e plantas medicinais e psicotrópicas apenas em periódicos publicados no exterior. Isto pode ser decorrente de pesquisas específicas e localizadas, e também de interesse governamental, como no caso de trabalhos que visaram pesquisar fatores concernentes ao controle de plantas psicotrópicas produzidas em campos ilícitos, estudando o efeito de tamanho da gota e o potencial de deriva para aplicações aéreas de herbicida no controle de plantas de coca (*Erythroxylum coca*) (HEWITT; SOLOMON; MARSHALL, 2009), e a influência de adjuvantes no controle de ópio (*Papaver somniferum*) a partir da pulverização de bio-herbicidas formulados com o patógeno *Pleospora papaveraceon* (BAILEY; O'NEILL; ANDERSON, 2004).

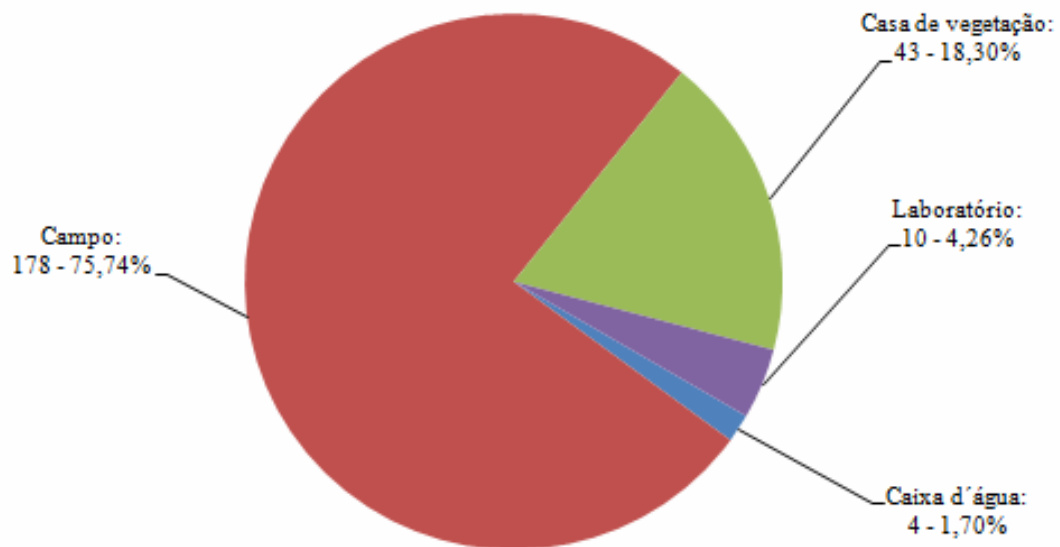
Quanto aos ambientes em que foram conduzidos os trabalhos (Figura 3.5), os resultados demonstraram, independentemente em quais periódicos foram publicados, que a maioria das pesquisas foram conduzidas em condições de campo (>70%), seguidos de casa de vegetação (~17%) e laboratório (~6%). As condições de campo representam o melhor ambiente para a validação dos resultados de trabalhos científicos, pois, embora tenha grande influência de variáveis externas, dificultando a interpretação dos resultados, este ambiente pode possibilitar a obtenção de resultados mais coerentes aos que poderiam ser observados caso uma pulverização fosse realizada pelo agricultor.

Trabalhos realizados em condições controladas, casa de vegetação e laboratório, normalmente são realizados em estudos preliminares ou em estudos que se busca reduzir a influência das variáveis externas. Assim, deve-se levar em consideração que os resultados obtidos nestes ambientes podem não repercutir da mesma forma em condições de campo. Outros ambientes específicos também foram verificados, porém em menor quantidade. Os trabalhos realizados em caixas d'água somente foram observados em periódicos publicados no Brasil, e tendo como foco o estudo de plantas daninhas aquáticas, enquanto que estudos conduzidos em túnel de vento foram constatados apenas em periódicos publicados no exterior. Este tipo de ambiente é utilizado principalmente para verificar o efeito do vento no deslocamento das gotas pulverizadas, e é comumente utilizado em experimentações desenvolvidas fora do país, embora existam pesquisas publicadas no Brasil não levantadas neste estudo, mas que foram desenvolvidas neste tipo de ambiente e estudaram, por exemplo,

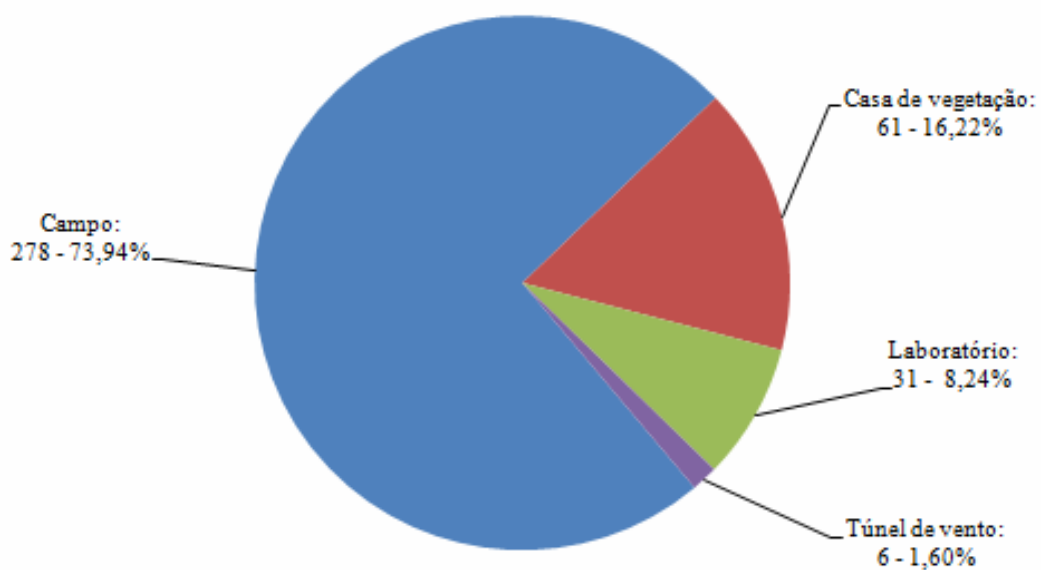
o efeito de adjuvantes e pontas de pulverização no potencial de deriva (GANDOLFO et al., 2013; CHECHETTO, et al., 2013).

Figura 3.5 – Quantidade e percentagem de artigos levantados em periódicos publicados no Brasil (A) e no exterior (B) em função do ambiente em que foram conduzidos.

A



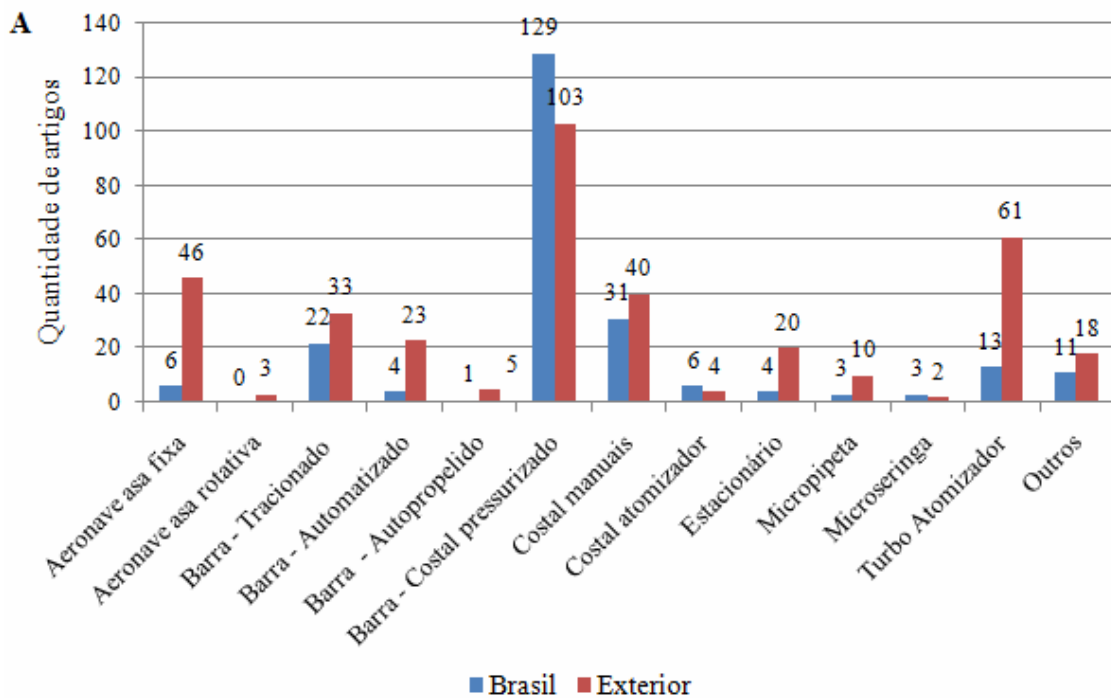
B

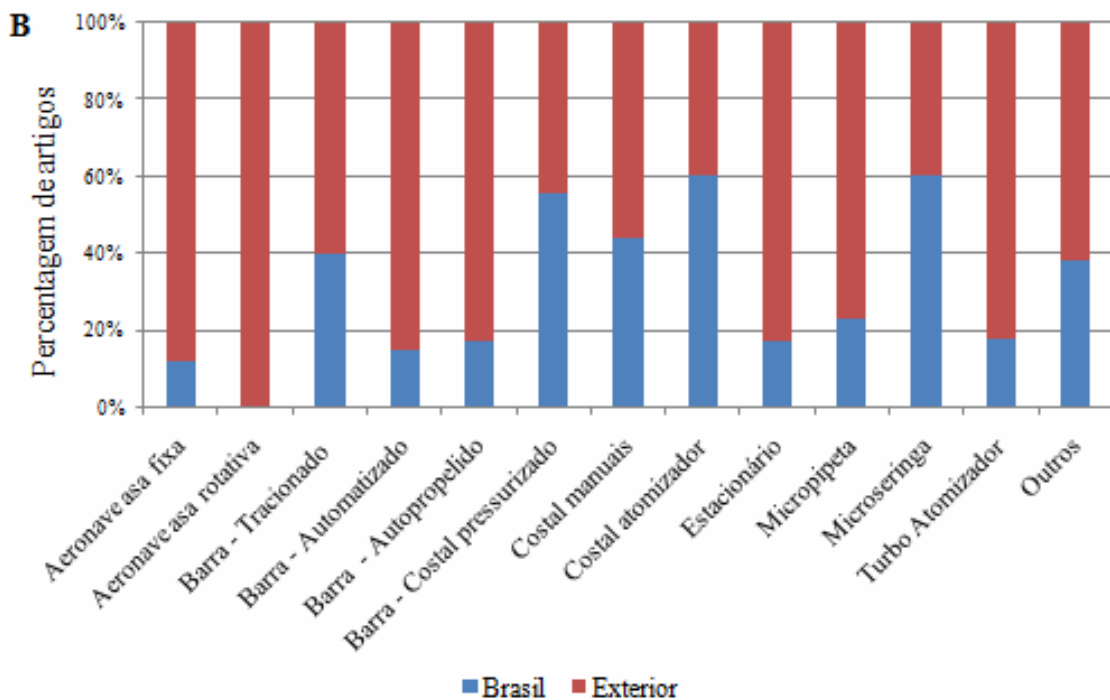


Fonte: Próprio autor.

Com relação aos tipos de equipamentos utilizados nas aplicações, verificou-se que o pulverizador costal com barras pressurizado é o equipamento mais utilizado nas pulverizações (Figura 3.6). O uso de aeronaves (asa fixa ou rotativa), de pulverizadores de barra autopropeledos e de turbo atomizadores apresentou-se em maior número em periódicos publicados no exterior. Ressalta-se ainda que nenhum trabalho publicado em periódico brasileiro utilizou aeronave de asa rotativa - helicóptero.

Figura 3.6 – Quantidade (A) e respectiva percentagem (B) de artigos pesquisados em periódicos publicados no Brasil e no exterior em função do equipamento utilizado.





Fonte: Próprio autor.

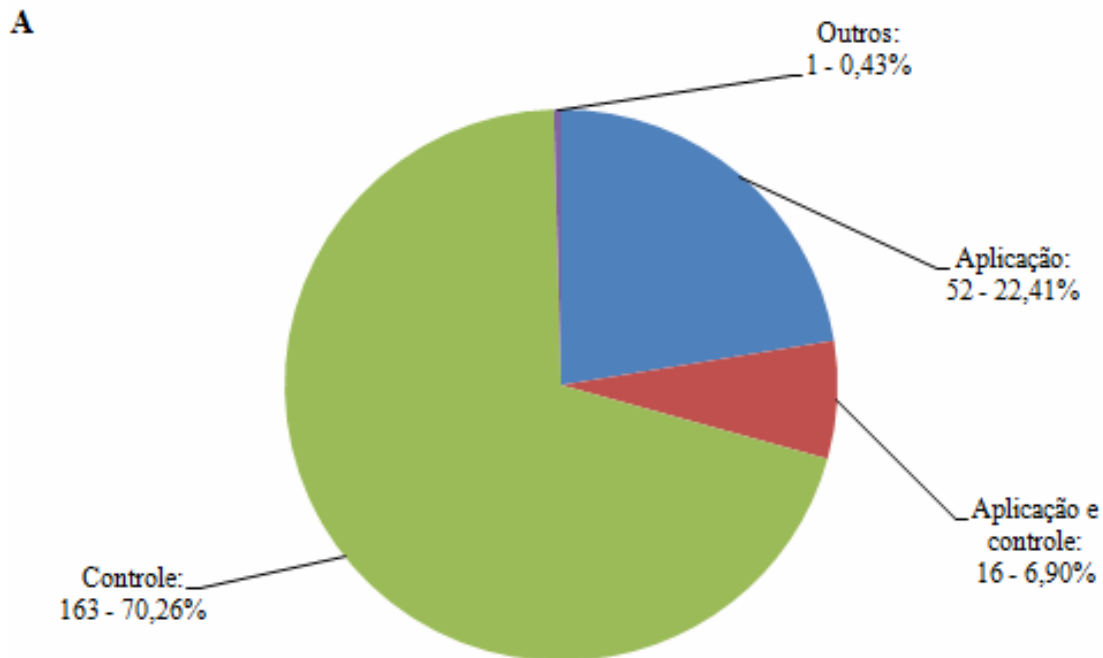
Os pulverizadores costais com barras verificados neste trabalho são usualmente pressurizados com gás carbônico (CO₂) e apresentam como características a praticidade na sua utilização, sendo usados basicamente em experimentações agrícolas, diferentemente dos pulverizadores de barra de arrasto ou autopropelidos. Por apresentarem tamanho de barra menor e velocidade de deslocamento reduzido, estes equipamentos tendem a produzir uma distribuição mais uniforme das gotas pulverizadas na área, quando em comparação a outros pulverizadores comerciais de maior porte. Isto ocorre em função das oscilações da barra (vertical e horizontal) durante o deslocamento, principalmente quando a aplicação é realizada em terrenos irregulares e em alta velocidade, o que pode causar ainda o entupimento dos bicos e até mesmo a quebra da barra quando em contato com o solo (PONTELLI e MUCHERONI, 2009; BARCELLOS, 2006). Assim, os estudos que utilizam pulverizadores costais de barra devem considerar estes aspectos, pois os resultados obtidos nestes trabalhos podem não ser semelhantes aos de outros experimentos ou aplicações comerciais realizados com equipamentos maiores.

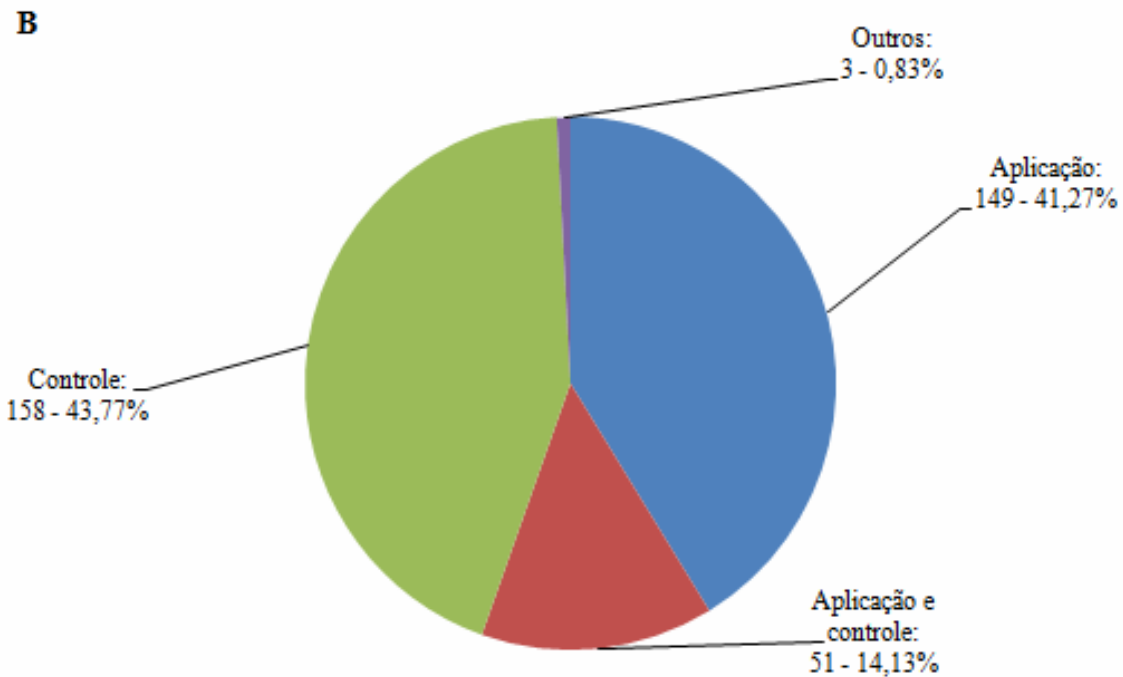
Estes resultados demonstraram ainda que existe a necessidade de maiores estudos envolvendo equipamentos utilizados em aplicações comerciais, como a utilização de aeronaves (asa fixa e roativa), pulverizadores de barra de arrasto ou autopropelidos e turbo atomizadores, além de costais manuais e atomizados. É indispensável também a necessidade

de pesquisas específicas com a utilização de microseringas ou micropipetas para um maior entendimento da relação das gotas quando em contato com superfície foliar. Exemplos da importância destes estudos são evidenciados quando se comprova, por exemplo, que o aumento na absorção de fungicidas se dá em função da cobertura proporcionada pelas gotas, da concentração dos ingredientes ativos (FORSTERS et al., 2004), da concentração dos adjuvantes utilizados (FORSTERS et al., 2006) e do uso de massas moleculares menores (NIELSEN et al., 2005; FORSTERS et al., 2004).

Em relação ao tipo de avaliação, da aplicação ou do controle, foi observado que a maioria dos artigos levantados em periódicos publicados no Brasil avaliou apenas o controle de organismos nocivos às culturas estudadas (70%), seja ele referente a doenças, insetos-praga ou plantas daninhas, enquanto que estudos ligados a avaliação da aplicação tiveram um percentual próximo a 20%. Nos periódicos publicados no exterior tal distribuição entre os tipos de avaliações foi homogênea, em torno de 40% para cada tipo. Houve ainda trabalhos que avaliaram conjuntamente a aplicação e o controle de um organismo nocivo: 7% para periódicos publicados no Brasil e 14% publicados no exterior.

Figura 3.7 - Quantidade e respectiva percentagem de artigos levantados em periódicos publicados no Brasil (A) e no exterior (B) em função do tipo de avaliação – avaliação da aplicação e do controle.





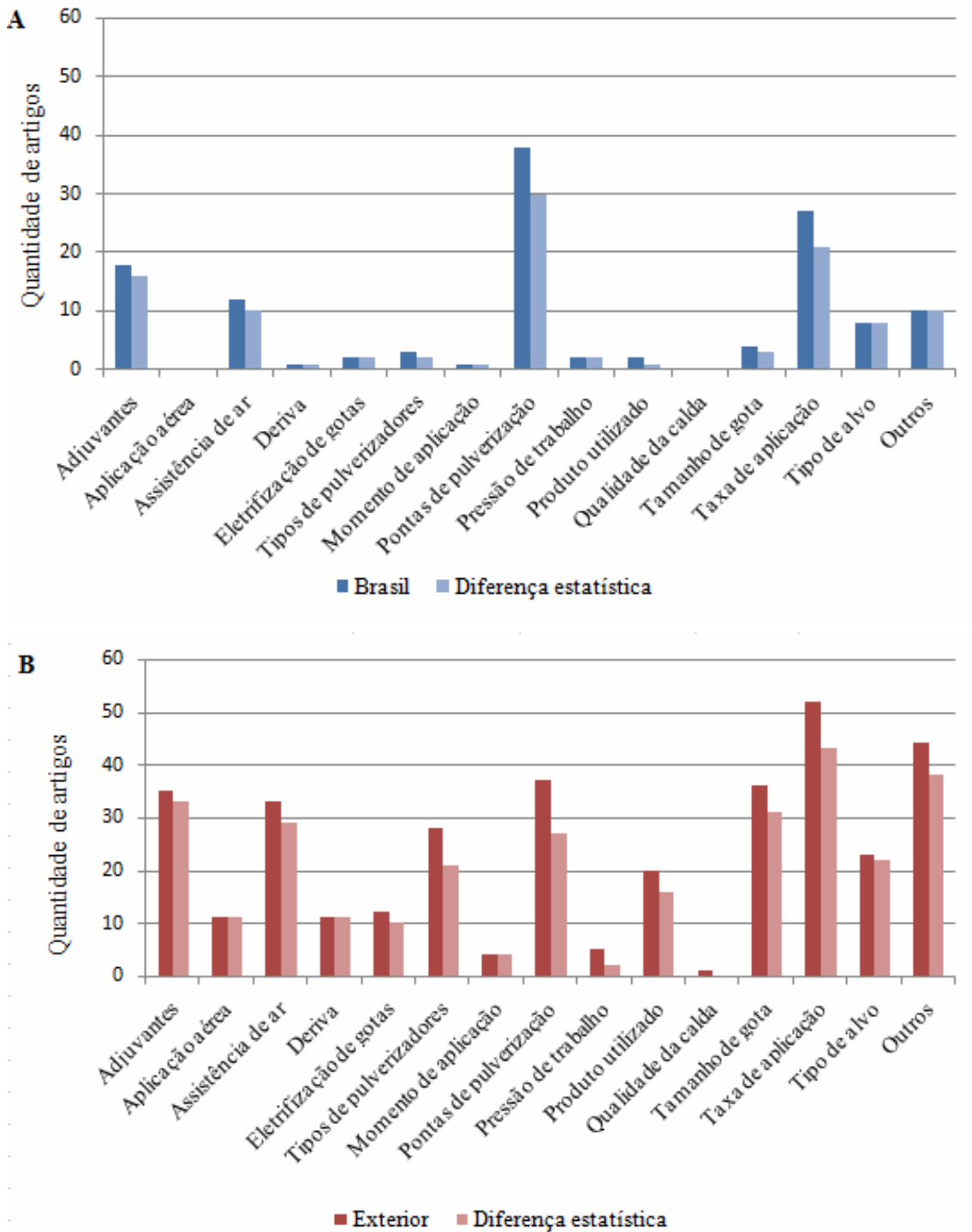
Fonte: Próprio autor.

A maior quantidade de estudos envolvendo avaliações do controle de um organismo nocivo é mais frequente em função dos mais variados focos que possam existir nestes trabalhos. Pode haver estudos voltados a analisar se um agente biológico sofre ação de um determinado produto fitossanitário, voltados a calcular quais são os níveis de danos provocados por estes organismos nas culturas agrícolas, a verificar a influência dos inimigos naturais no controle, além de trabalhos que têm o intuito de avaliar o efeito de técnicas de aplicação no controle destes mesmos organismos. Contudo, existem trabalhos em que se avalia a aplicação e o controle de organismos nocivos conjuntamente, como o trabalho de Cunha e Silva Júnior (2010a), que encontraram maiores níveis de cobertura em plantas de sorgo com a utilização de pontas jato plano defletor em comparação às de jato cônico vazio, o que resultou em maior eficiência de controle da lagarta *Spodoptera frugiperda*.

Os temas de estudo dos artigos que avaliaram a aplicação foram os mais variados, desde a comparação de diferentes equipamentos de pulverização, pontas de pulverização, taxas de aplicação, adição de adjuvantes à calda de pulverização, produtos fitossanitários, etc (Figura 3.8). Embora haja maior quantidade de temas oriundos de periódicos publicados no exterior em função do maior número de artigos levantados, alguns temas como a utilização de adjuvantes, assistência de ar na pulverização, pontas de pulverização, taxa de aplicação e a comparação da aplicação em diferentes tipos de alvo foram recorrentes tanto em periódicos

publicados no Brasil como no exterior, o que denota que estes temas são mais pesquisados quando se pretende avaliar a qualidade de uma aplicação.

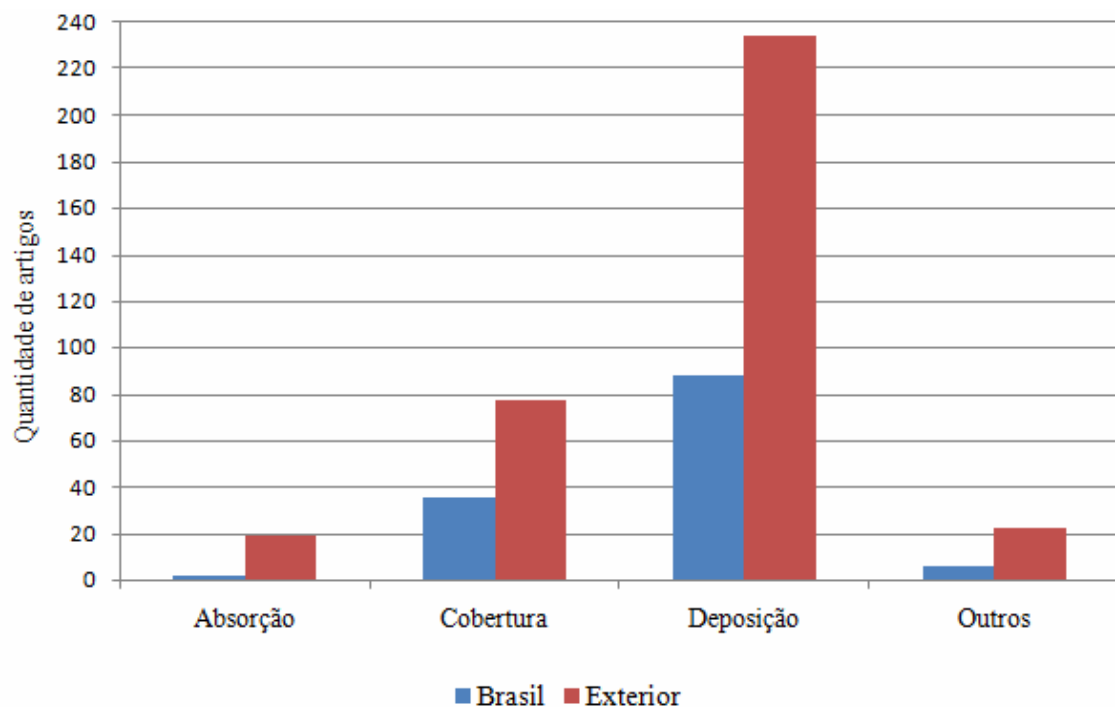
Figura 3.8 – Quantidade de artigos levantados e respectivas diferenças estatísticas significativas observadas em periódicos publicados no Brasil (A) e no exterior (B) em função do tema estudado em trabalhos relativos à avaliação da aplicação.



Fonte: Próprio autor.

Considerando ainda os trabalhos que avaliaram a aplicação, foi possível observar que as variáveis mais avaliadas são relativas aos níveis de depósitos da calda de pulverização aplicada (Figura 3.9). Em seguida, estão as variáveis atinentes a cobertura proporcionada sobre os alvos pelas gotas pulverizadas e a absorção pelo tecido vegetal do produto aplicado. O item denominado "outros" apresentou variáveis como tensão superficial, vazão da calda de pulverização, ângulo de contato de uma gota na superfície vegetal, fotodegradação de produtos químicos e a velocidade de fluxo de ar proveniente de pulverizadores no dossel de plantas frutíferas. Todas estas variáveis têm alta sensibilidade para identificação de diferenças, isto explicaria em parte a grande quantidade de trabalhos que apresentaram diferença estatística entre seus tratamentos testados (Figura 3.8), isto porque existe também uma tendência natural entre os pesquisadores de divulgar resultados positivos, ou que tenham diferenças estatísticas, em periódicos científicos.

Figura 3.9 – Quantidade de artigos levantados em periódicos publicados no Brasil e no exterior em função do tipo de variável avaliada em trabalhos que envolveram a avaliação da aplicação.

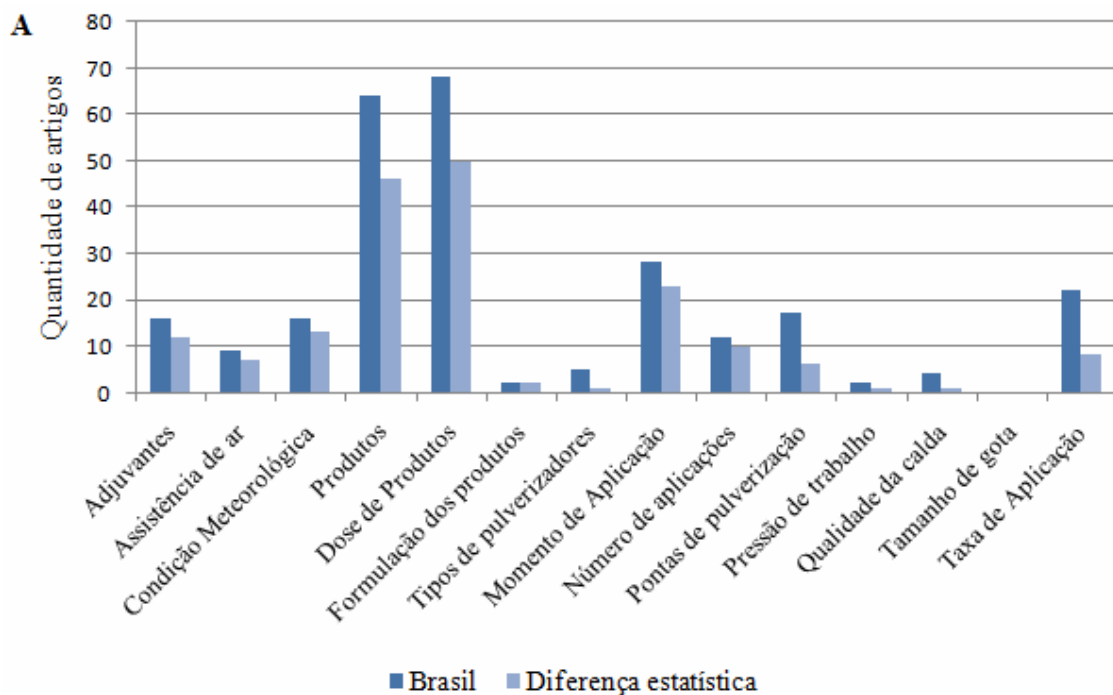


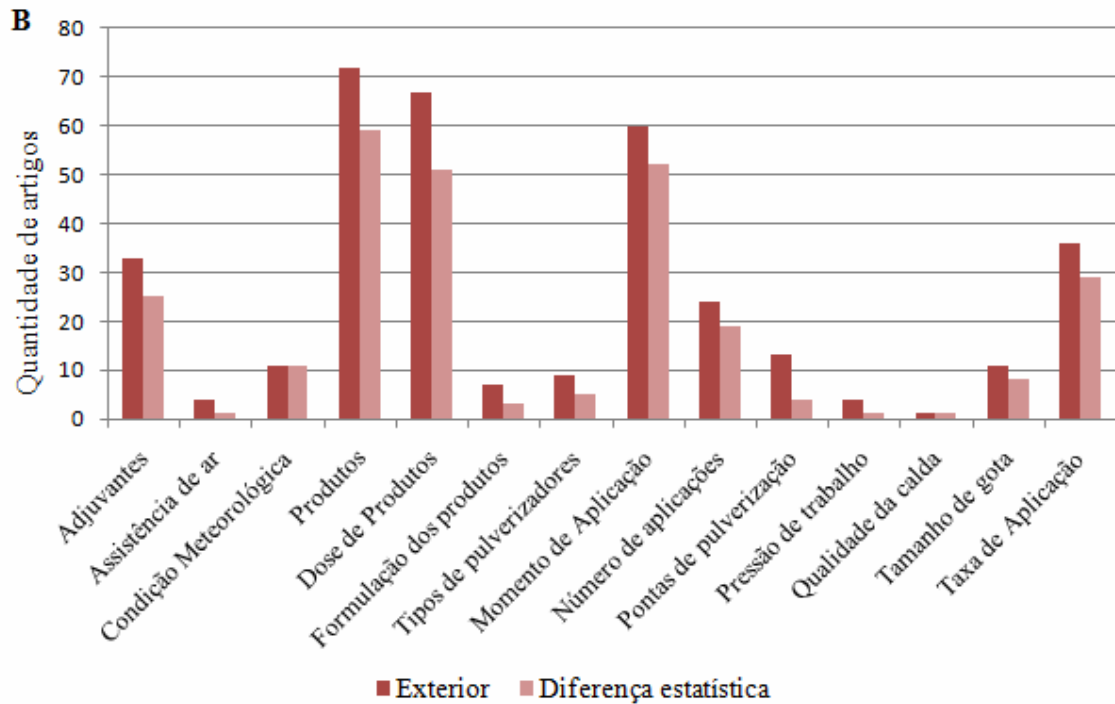
Fonte: Próprio autor.

Já os resultados observados na Figura 3.10 referem-se aos temas de estudo de trabalhos que avaliaram o controle de algum organismo nocivo às culturas agrícolas. Os temas

mais estudados estão relacionados à comparação de diferentes produtos e suas respectivas doses. Este fato pode ser decorrente da grande quantidade de organismos nocivos às culturas associados ainda aos diversos produtos fitossanitários existentes no mercado, o que torna necessário o desenvolvimento de pesquisas ligadas à eficiência destes produtos no controle. Entre os temas mais estudados ligados as técnicas de aplicação estão o uso de adjuvantes, de pontas de pulverização, taxa de aplicação, além do momento de aplicação de determinado produto. A maioria destes temas apresentou diferenças estatísticas entre seus tratamentos correspondentes.

Figura 3.10 – Quantidade de artigos levantados e respectivas diferenças estatísticas significativas observadas em periódicos publicados no Brasil (A) e no exterior (B) em função do tema estudado em trabalhos relativos à avaliação do controle de agentes nocivos.

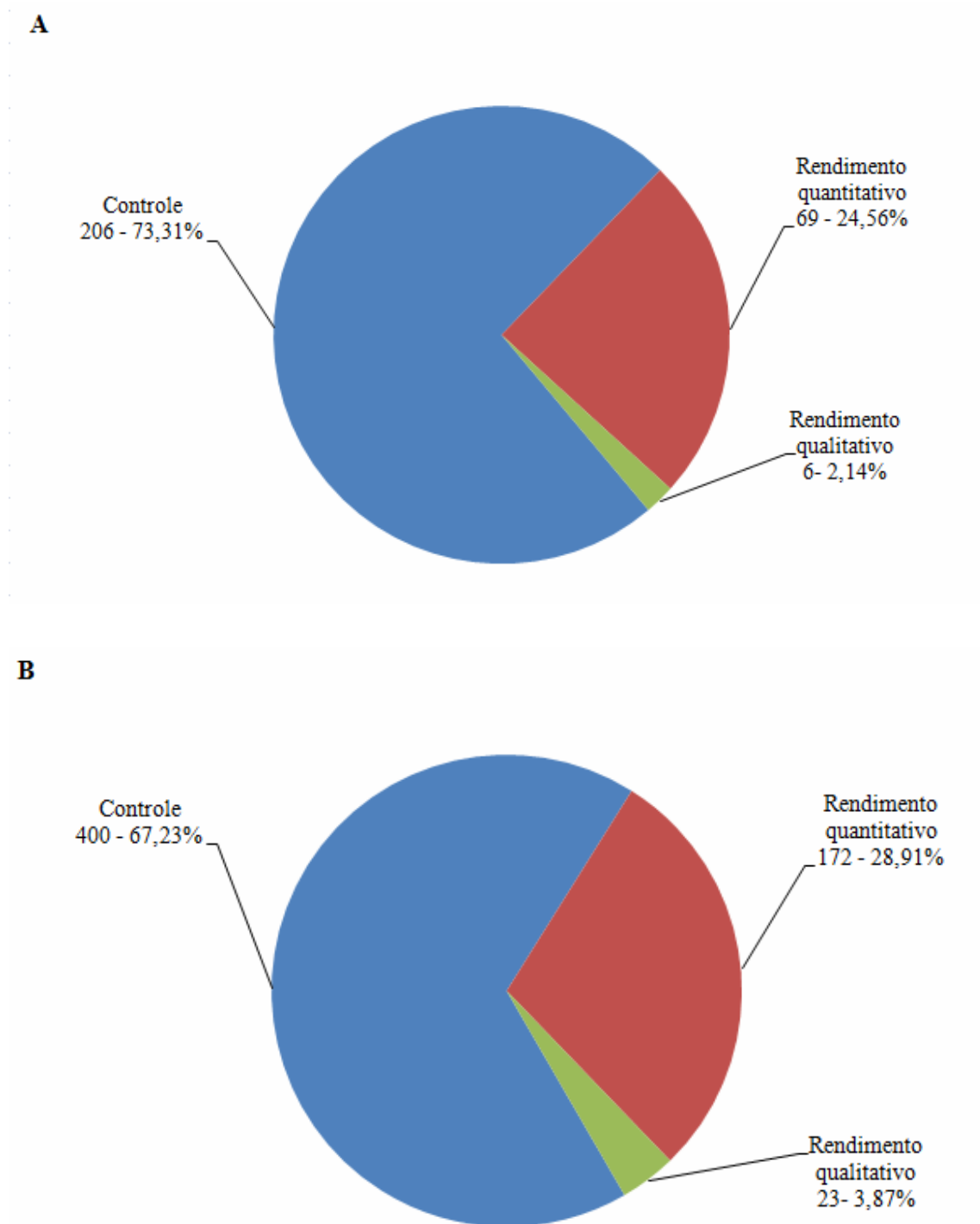




Fonte: Próprio autor.

Nos trabalhos em que se avaliou o controle de um organismo nocivo, foi evidenciado que a maior parte dos estudos avaliou apenas o controle deste organismo, e não aspectos relacionados ao eventual dano que possa ter ocorrido nos níveis de rendimento dos produtos colhidos das culturas, seja ele quantitativo ou qualitativo (Figura 3.11). Os níveis de rendimento são dependentes de vários fatores agrônômicos que atuam concomitantemente no desenvolvimento de uma cultura, tornando-os uma variável pouco eficiente para explicar se o controle de um organismo nocivo foi eficaz ou não. Isto explicaria a menor quantidade de trabalhos, apesar de que o principal foco da aplicação de um produto fitossanitário é evitar perda de rendimento ocasionada por um agente nocivo.

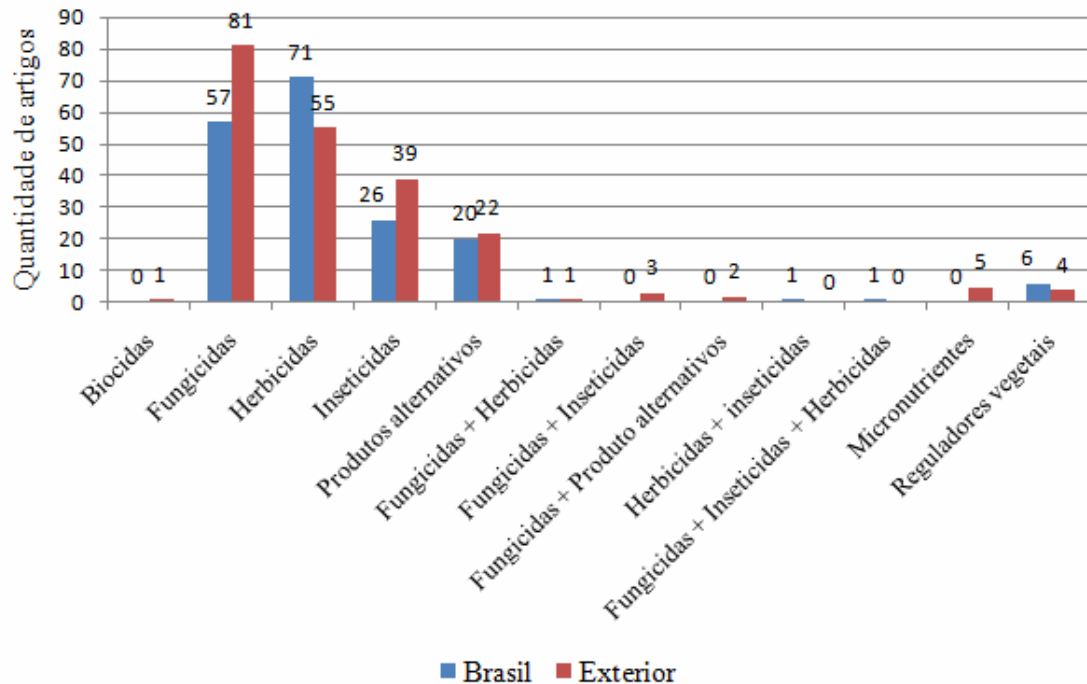
Figura 3.11 – Quantidade e porcentagem de artigos levantados em periódicos publicados no Brasil (A) e no exterior (B) em função da variável avaliada em trabalhos relativos à avaliação do controle de agentes nocivos.



Fonte: Próprio autor.

Entre os trabalhos levantados que avaliaram os níveis de controle de uma aplicação, as utilizações de fungicida e herbicida foram os mais frequentes, seguidos dos inseticidas e produtos alternativos (Figura 3.12).

Figura 3.12 – Quantidade de artigos levantados em periódicos publicados no Brasil e no exterior em função do tipo de produto utilizado nas aplicações em trabalhos em que avaliaram o controle.



Fonte: Próprio autor.

Os fungicidas foram utilizados principalmente nos estudos publicados em periódicos no exterior, enquanto que os herbicidas foram mais utilizados nos periódicos publicados no Brasil. Este tipo de resultado demonstrou que existe uma maior necessidade de estudos com inseticidas, o que poderia eventualmente explicar o motivo, ou pelo menos os fatores envolvidos, na ineficiência de controle de insetos-praga após uma aplicação.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma análise geral, independentemente dos periódicos considerados (publicados no Brasil ou no exterior), este trabalho evidenciou que os artigos científicos envolvendo aplicações de produtos fitossanitários são desenvolvidos nas mais diversas situações, cada qual com suas características intrínsecas, apresentando assim uma grande

variedade de culturas-alvo, equipamentos utilizados, locais e ambientes de desenvolvimento, produtos utilizados, temas estudados, entre outros.

Cada estudo tem sua peculiaridade acerca das metodologias empregadas e dos objetivos propostos. Trabalhos realizados em ambientes passíveis de ter condições controladas, como casa de vegetação e laboratório, normalmente são realizados em estudos preliminares ou em estudos que se busca reduzir a influência das variáveis externas, diferentemente de trabalhos conduzidos a campo - ambiente mais observado nos trabalhos levantados. Trabalhos nos quais se utiliza o pulverizador costal de barras pressurizado com gás carbônico como equipamento de pulverização normalmente têm como objetivo estudar outros fatores que não estejam necessariamente ligados ao equipamento, como produto e sua respectiva dose, devendo-se, portanto, considerar este aspecto no momento de inferir determinados resultados para aplicações que serão realizadas pelo agricultor com equipamentos maiores em situações específicas. Outro ponto refere-se às culturas mais exploradas em determinados países. Verificou-se, por exemplo, que a maioria dos estudos está relacionada principalmente a culturas com grande desenvolvimento tecnológico e expressão no agronegócio em seus respectivos países de desenvolvimento, como é o caso dos países da Europa e do Brasil, que apresentaram a fruticultura permanente e as grandes culturas anuais, respectivamente, como as principais culturas-alvo estudadas.

Assim, este trabalho confirmou a prerrogativa de que as pesquisas científicas são dinâmicas e complexas, pois têm o intuito de adquirir conhecimento para identificar e explicar os fatores que exercem algum tipo de efeito na qualidade da aplicação e/ou na eficiência de controle de organismos nocivos às culturas agrícolas quando da aplicação de produtos fitossanitários. Além dos fatores ambientais, tal dinamismo se deve em parte em função das expressivas e importantes pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos das grandes empresas atuantes no mercado do agronegócio, tendo em vista os novos produtos fitossanitários, equipamentos e acessórios lançados no mercado frequentemente. Todavia, as pesquisas realizadas por tais empresas têm como foco a área comercial. Deste modo as pesquisas desenvolvidas por instituições públicas (grande parte dos artigos levantados neste trabalho) são necessárias, pois a maioria dos objetivos está relacionada fundamentalmente à obtenção de uma aplicação fitossanitária mais eficiente possível. Contudo, para que haja uma contribuição efetiva para o desenvolvimento científico, as linhas de pesquisa agrônomicas, em especial aquelas ligadas à pulverização de produtos fitossanitários, devem ser passíveis de adaptação a todo tempo em função das novas metodologias e descobertas, e, sobretudo, em função do desenvolvimento tecnológico dos sistemas de produção atual.

4 ARTIGO B – METANÁLISE DE TRABALHOS CIENTÍFICOS ENVOLVENDO O USO DE ASSISTÊNCIA DE AR E ADJUVANTES EM PULVERIZAÇÕES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS.

4.1 RESUMO

Dentre os fatores estudados na tecnologia de aplicação está o uso de assistência de ar na barra de pulverização e a adição de adjuvantes à calda de pulverização. Porém, os resultados acerca dos níveis de controle de organismos nocivos às culturas agrícolas nestes trabalhos científicos são pouco precisos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estudar, a partir da metanálise de diferentes trabalhos científicos, o efeito da assistência de ar na barra de pulverização e da adição de adjuvantes à calda de pulverização nos níveis de controle dos organismos nocivos em pulverizações de produtos fitossanitários. Para a realização da metanálise, foram coletados dados referentes a resultados apresentados em publicações de trabalhos científicos. A partir destes dados, foi criada uma variável resposta, denominada como controle relativo, a fim de quantificar e testar se existe efeito com a utilização ou não da assistência de ar ou dos adjuvantes. Tal variável resposta foi calculada pela diferença entre a percentagem de controle dos tratamentos submetidos ao uso de assistência de ar ou adjuvante e os tratamentos sem os respectivos usos. Os dados foram analisados estatisticamente por meio do software CMA (Comprehensive Meta-analysis). Os resultados encontrados demonstraram que a assistência de ar não exerceu efeito algum, nem positivo nem negativo, nos níveis de controle dos organismos nocivos às culturas agrícolas. Já os resultados relativos à adição de adjuvantes evidenciaram aumento médio de 6,45% em média nos níveis de controle quando se utilizou tais produtos nas aplicações.

Palavras-chave: Ponta de pulverização. Taxa de aplicação. Eficiência de controle.

4.2 ABSTRACT

Between the studied factors in the application technology are the use of air assistance in the spray bar and the addition of adjuvant in the spray solution. However, the results about the control level of harmful organisms to the crops in these scientific papers are little expressive. Based on this, the aim of this paper was to study, by the meta-analysis of different scientific papers, the effects of the use of air assistance in the spray bar and the addition of adjuvant in the spray solution to the control level of these harmful organisms in pesticides sprays. To realize the meta-analysis, data were collected from results presented in scientific papers. By these data, a variable was created, called as relative control, in order to quantify and to test if there is or not an effect when it's used the air assistance or the adjuvant. This variable was calculated by the difference among the percentage of control of the treatments submitted to the use of air assistance or adjuvant and the treatments without their uses. The data were analyzed statistically using the CMA software (Comprehensive Meta-analysis). The results showed that the use of air assistance didn't produce any effect, neither positive nor negative, in the control levels of harmful organisms to the crops. On the other hand, the results related to the addition of adjuvant demonstrated that there is an increase of 6.45% in the control levels when these products were used in the applications.

Key-words: Spray tips. Application rate. Control efficiency.

4.3 INTRODUÇÃO

Ao se avaliar em trabalhos científicos a influência da assistência de ar ou da adição de adjuvantes no nível de controle proporcionado pela aplicação de produtos fitossanitários frente aos organismos nocivos, verifica-se que os resultados encontrados de cada trabalho são pouco precisos.

Os estudos ligados à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários de maneira geral têm o objetivo de identificar e melhor entender os fatores atuantes nas aplicações, a fim de produzir uma aplicação de melhor qualidade – aumentando os níveis de controle dos organismos nocivos às culturas agrícolas (plantas daninhas, insetos-praga e doenças), e diminuindo as contaminações ambientais e dos aplicadores.

Dentre os fatores estudados neste âmbito estão o uso da assistência de ar na barra de pulverização e a adição de adjuvantes à calda de pulverização. O uso da assistência de ar consiste em utilizar uma ventilação forçada junto às pontas de pulverização na barra, impulsionado assim o deslocamento das gotas. A utilização desta técnica, além de carregar tais gotas até as plantas-alvo, atua movimentando as folhas das culturas que estão logo abaixo, podendo aumentar a deposição das gotas pulverizadas no dossel inferior das culturas, bem como reduzir a probabilidade de exoderiva ocasionada pelo vento no momento da pulverização (BAUER e RAETANO, 2000; MATTHEWS, 2000; COOKE et al., 1990).

Os adjuvantes, por sua vez, podem ser qualquer substância adicionada à formulação ou à calda de pulverização que modifique a atividade do ingrediente ativo ou as características do produto fitossanitário (AZEVEDO, 2011). Embora eles tenham sido desenvolvidos inicialmente para o processo industrial de produção de um produto, a fim de conferir estabilidade a formulação e maximizar a ação fitossanitária, eles estão sendo utilizados também no momento do preparo da calda de pulverização no campo, tendo também como objetivos melhorar os níveis de deposição das gotas pulverizadas e reduzir os riscos de endoderiva e exoderiva (SOUZA et al., 2014; CUNHA et al., 2014).

Ante o exposto, considerando a influência de diferentes fatores que atuam de forma concomitante nos trabalhos relacionados à assistência de ar e ao uso de adjuvantes, torna-se necessário considerar conjuntamente resultados de diferentes trabalhos para se obter uma melhor compreensão dos resultados encontrados. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar, a partir da metanálise de diferentes trabalhos científicos, o efeito da assistência de ar na barra de pulverização e da adição de adjuvantes à calda de pulverização na eficiência de

controle dos organismos nocivos às culturas agrícolas em pulverizações de produtos fitossanitários.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização da metanálise dos temas estudados (assistência de ar e adjuvantes) foram coletados dados referentes a resultados apresentados em publicações de trabalhos científicos. Para o tema relativo à adição de adjuvantes foram utilizados dados de 13 artigos publicados em periódicos científicos, enquanto que para o tema referente à assistência de ar na barra de pulverização foram utilizados dados de 12 trabalhos, sendo 06 provenientes de periódicos científicos e 06 de resumos expandidos apresentados em Simpósios e Congressos científicos.

Os trabalhos levantados tinham como objetivo fundamental, em seus tratamentos testados, avaliar a influência da assistência de ar e dos adjuvantes no controle de plantas daninhas, doenças e insetos-praga. Como cada trabalho apresentava diferentes unidades de medidas de avaliação, estas foram transformadas em uma unidade comum: percentual de controle - baseado nos tratamentos sem nenhuma aplicação (testemunhas) que os trabalhos apresentavam. A partir destes dados, foram criadas variáveis respostas, denominadas como controles relativos (CR). Tal variável foi calculada pela diferença entre a percentagem de controle do tratamento submetido ao uso de assistência de ar ou adjuvante e os tratamentos sem os respectivos usos (ROSENBERG et al., 2004; MADDEN e PAUL, 2011). Os trabalhos referentes ao uso de assistência de ar resultaram em 253 variáveis respostas ($n = 253$) e os trabalhos referentes à adição de adjuvantes proporcionaram 492 variáveis ($n = 492$).

O número de repetições e o coeficiente de variação de cada respectivo controle relativo foram também considerados, e serviram de base para o cálculo de uma medida de variância de cada dado, neste caso o erro padrão (EP) ou "standard error" (SE) de cada controle relativo (BORENSTEIN, et al., 2009), conforme a equação: $EP = (((CR)/2)*CV)/100)/REP^{0,5}$; em que CR refere-se a variável resposta denominada como controle relativo, REP refere-se ao número de repetições e o CV refere-se ao coeficiente de variação.

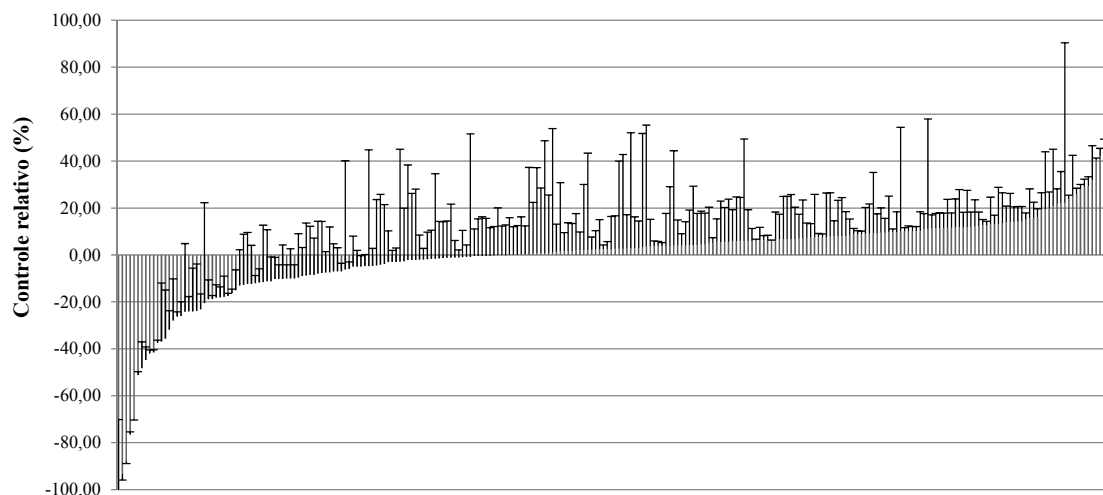
Em ambos os temas de estudo, os dados obtidos foram utilizados para a realização de análises estatísticas exploratórias de distribuição e frequência - observando-se assim o comportamento e a amplitude dos controles relativos e seus respectivos erros padrões. Realizaram-se ainda metanálises, por meio do software CMA (Comprehensive Meta-analysis,

2014), a fim de se testar e quantificar o efeito médio geral dos controles relativos de cada tema estudado, bem como seus respectivos níveis de significância. Foi adotado o modelo aleatório em ambas as análises, tendo em vista que os índices Higgins & Thompson, que verificam a heterogeneidade dos dados, foram superiores a 1,5 (MADDEN e PAUL, 2011). Utilizaram-se ainda como variáveis moderadoras o tipo de produto fitossanitário aplicado (fungicida e herbicida) e a taxa de aplicação ($L\cdot ha^{-1}$) pulverizada, a fim de possibilitar um melhor entendimento dos resultados. Por fim, calculou-se a estimativa de probabilidade de ocorrência de uma determinada porcentagem de controle, caso fosse utilizado um dos temas estudados nas aplicações (MADDEN e PAUL, 2011).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

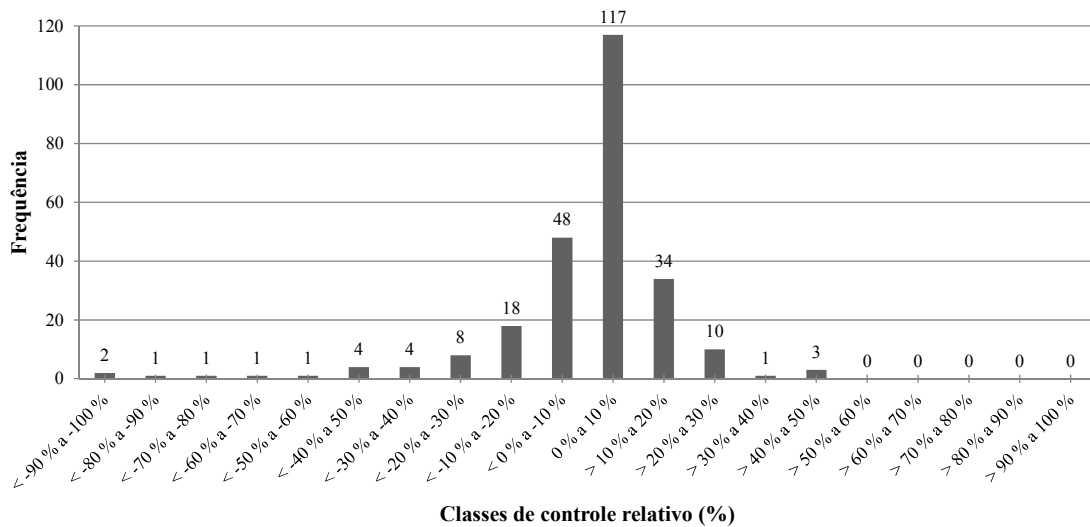
Os dados relativos ao uso da assistência de ar na barra de pulverização demonstraram que a maioria dos controles relativos calculados apresentava-se maior que zero (Figura 4.1), sendo que a classe de controle mais observada encontrava-se entre 0 a 10% (Figura 4.2). Porém, a variância destes dados pode ser considerada elevada, haja vista a amplitude gráfica dos respectivos erros padrões (Figura 4.1).

Figura 4.1 – Distribuição dos controles relativos (%) e seus respectivos erros padrões em função da utilização da assistência ar na barra de pulverização.



Fonte: Próprio autor.

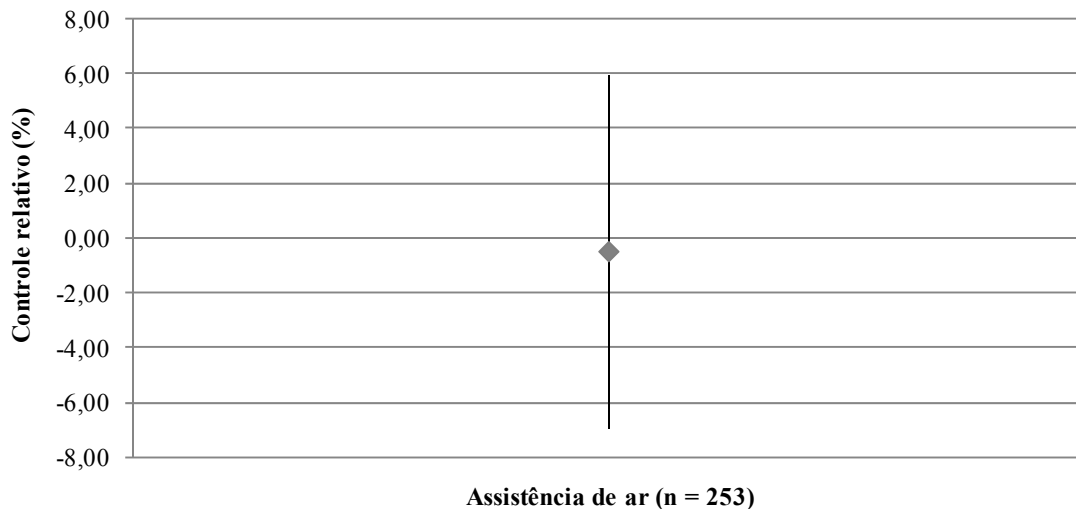
Figura 4.2 – Classes de distribuição dos controles relativos (%) em função da utilização da assistência ar na barra de pulverização.



Fonte: Próprio autor.

Quanto a metanálise dos dados, esta indicou que a utilização da assistência de ar na barra de pulverização não influencia nem positivamente nem negativamente no controle de organismos nocivos às culturas proporcionado pela aplicação de produtos fitossanitários, ao se considerar o nível de significância obtido (p valor = 0,8812), embora o controle relativo médio seja de - 0,49%, variando de 5,97% a - 6,95% (Figura 4.3). Em função deste resultado, não foram consideradas na análise as variáveis moderadoras, assim como não foi calculado a estimativa de probabilidade de ocorrência de uma determinada percentagem de controle.

Figura 4.3 – Controle relativo médio e seu respectivo erro padrão em função da utilização da assistência de ar na barra de pulverização. n = número de variáveis resposta (controles relativos) considerados na análise.



Fonte: Próprio autor.

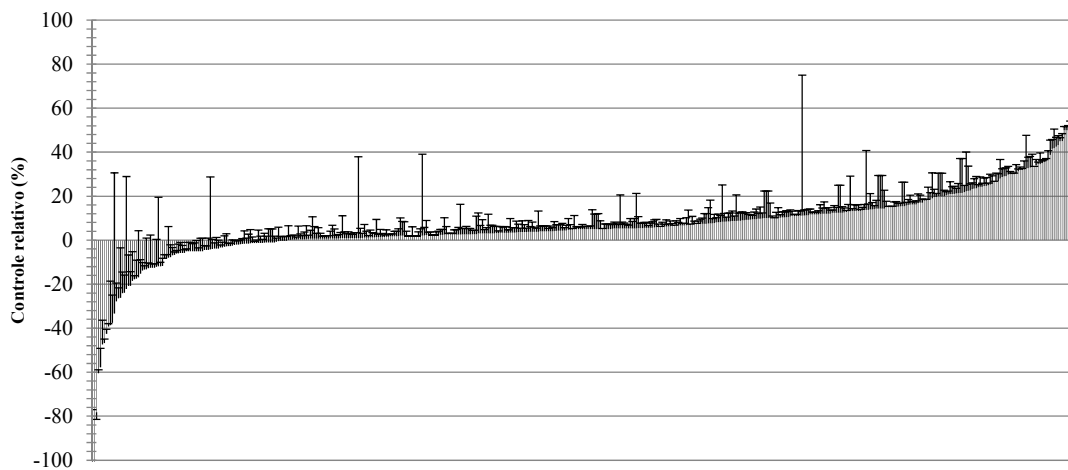
A assistência de ar na barra de pulverização, além de impulsionar as gotas, proporciona uma movimentação das plantas-alvo, fazendo com que tais gotas pulverizadas possam alcançar o dossel inferior das culturas, além de reduzir a probabilidade de exoderiva ocasionada pelo vento no momento da pulverização (MATTHEWS, 2000; COOKE et al., 1990). Este argumento é comprovado nos resultados encontrados por Bauer e Raetano (2000), que verificaram aumento nos níveis de deposição da calda aplicada nos terços médio e inferior das plantas de soja com a utilização da assistência de ar.

Com o aumento na penetração das gotas pulverizadas no dossel das culturas, é possível presumir que haverá aumento nos níveis de controle com a utilização da assistência de ar na barra de pulverização (AGUIAR JUNIOR, et al., 2011; CHISTOVAM et al., 2010; VIGANO; RAETANO, 2007; GARCIA et al., 2004), especialmente no que se refere ao controle de insetos-praga e doenças de plantas que ocorrem normalmente no interior das culturas. Contudo, este tipo de variável sofre efeito de vários outros fatores, principalmente atrelados a aspectos ambientais, o que pode tornar esta variável pouco sensível estatisticamente em determinados estudos científicos, quando comparado a variáveis relacionadas à deposição da calda pulverizada por exemplo. Esta prerrogativa pode explicar o motivo pelo qual não foi possível observar o efeito da assistência de ar no controle dos

organismos nocivos às culturas agrícolas, uma vez que houve grande variância dos dados coletados (controles relativos) para o tema assistência de ar.

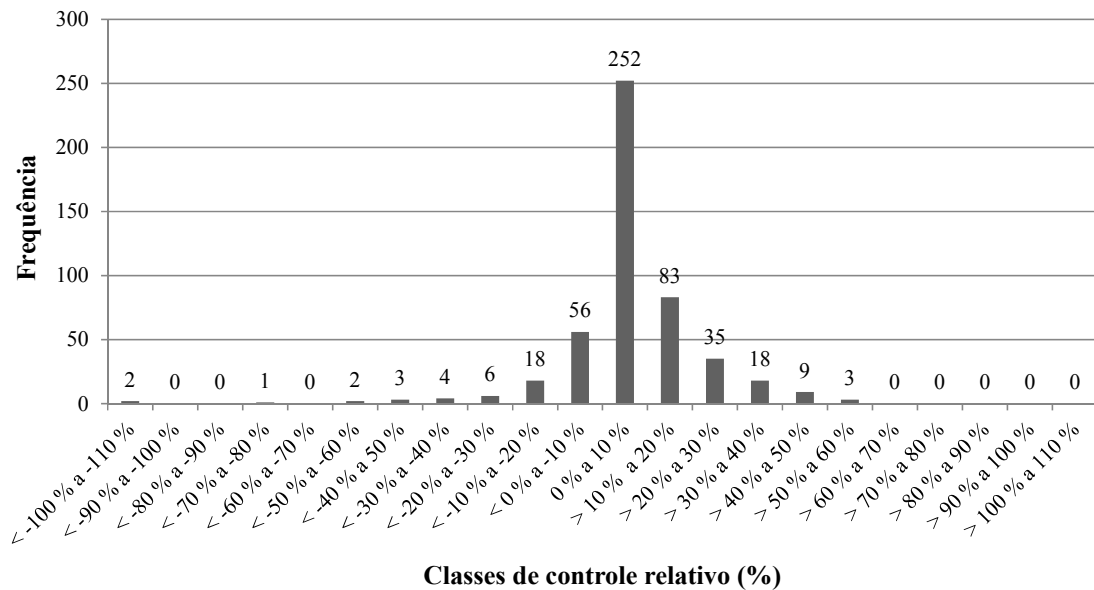
A respeito do tema adição de adjuvantes à calda de pulverização, foi possível evidenciar que os controles relativos, distribuídos em forma crescente, apresentaram-se positivamente em maior número (Figura 4.4), sendo que a classe de controle relativo mais frequente esteve entre 0 e 10% (Figura 4.5). A variância dos dados pode ser considerada relativamente baixa, em virtude da amplitude gráfica dos erros padrões em relação a cada controle relativo (Figura 4.4).

Figura 4.4 – Distribuição dos controles relativos (%) e seus respectivos erros padrões em função da adição de adjuvantes à calda de pulverização.



Fonte: Próprio autor.

Figura 4.5 – Classes de distribuição dos controles relativos (%) em função da adição de adjuvantes à calda de pulverização.

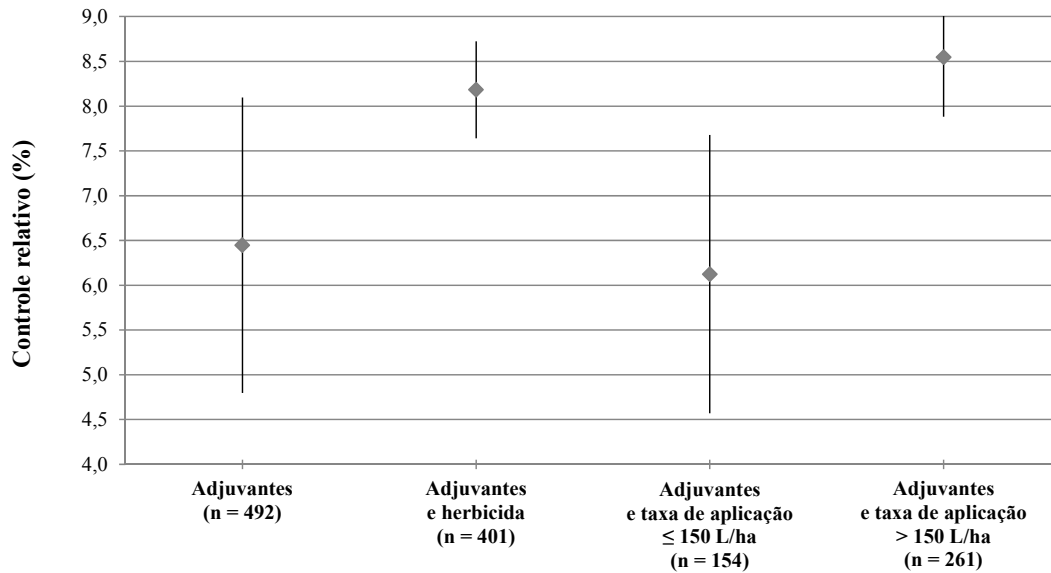


Fonte: Próprio autor.

O controle relativo médio para o tema adjuvantes foi de 6,45%, podendo variar de $\pm 1,65\%$ (p valor $< 0,0001$). Ou seja, a adição de adjuvantes à calda de pulverização proporciona um efeito positivo no controle dos organismos nocivos às culturas (Figura 4.3.6).

Considerando-se as variáveis moderadoras, pode-se notar que o controle relativo médio aumenta em aplicações de herbicidas ou em pulverizações realizadas com taxas de aplicação superiores a 150 L ha^{-1} , e ainda nestes casos os erros padrões apresentam amplitudes de variação menores. Todavia, apenas pode-se afirmar, que existe diferença nos controles relativos médios entre as variáveis moderadoras referentes às taxas de aplicação testadas, embora seja mínima, pois os erros padrões não se sobrepuseram graficamente. É possível notar ainda que a amplitude do erro padrão do controle relativo médio geral pode ser decorrente das aplicações realizadas com taxas de aplicação menores que 150 L.ha^{-1} (Figura 4.6).

Figura 4.6. Controles relativos médios e seus respectivos erros padrões em função da a adição de adjuvantes à calda de pulverização. n = número de variáveis resposta. n = número de variáveis resposta (controles relativos) considerados na análise.



Fonte: Próprio autor.

A adição de adjuvantes à calda de pulverização, da mesma forma que a utilização de assistência de ar, tem como objetivo básico promover melhores níveis de controle de agentes nocivos às culturas agrícolas, em função do aumento da deposição das gotas no dossel das culturas e/ou redução nos níveis de deriva (endoderiva e exoderiva). Neste sentido, da mesma forma como foi encontrado neste trabalho, diversos resultados positivos têm sido reportados com a adição de tais produtos no momento da pulverização no campo (SOUZA et al., 2014; CUNHA et al., 2014; MACIEL et al., 2011).

Partindo-se do pressuposto que estes produtos não são tóxicos aos organismos nocivos às culturas, os efeitos destes produtos se devem em virtude da alteração das propriedades físico-químicas da calda de pulverização, dentre elas a condutividade elétrica, viscosidade e tensão superficial (SASAKI et al., 2015). Os adjuvantes, denominados como espalhantes e/ou surfactantes (denominações comerciais) reduzem a tensão superficial da calda de pulverização, podendo reduzir o tamanho da gota pulverizada, aumentar a área de contato destas gotas sobre a superfície vegetal e incrementar os níveis de absorção dos produtos sistêmicos pelo tecido vegetal (OZEKI, 2006; AZEVEDO, 2007; FORSTERS et al., 2004 e 2006; KNOCHÉ et al., 1998; KNOCHÉ; BUKOVAC, 1999 e 2000; WANG; LIU, 2007; KIRKWOOD, 1999). Existem ainda os adjuvantes comumente chamados de "reduzores de deriva", que alteram as propriedades físico-químicas da calda a fim de gerarem no

momento da pulverização gotas de maior tamanho e menos sujeitas à evaporação (AZEVEDO, 2011; BUTLER ELLIS; TUCK; MILLER, 1997), além daqueles recomendados para caldas de pulverização que contenham água com altos teores de sais dissolvidos.

Baseado nestes fatos, o efeito dos adjuvantes está intimamente atrelado a outros fatores relacionados à tecnologia de aplicação. Por exemplo, Butler Ellis; Webb; Western (2004) encontraram maiores níveis de retenção da calda pulverizada sobre as folhas do trigo com a redução da tensão superficial, sendo que estes autores atribuíram tal fenômeno a redução no tamanho das gotas pulverizadas, aliado ainda a menor força de impacto destas no momento do contato com as folhas. Cunha et al. (2010b), estudando o efeito de adjuvantes e pontas de pulverização, verificaram que os adjuvantes testados não influenciaram na deposição da calda na cultura da soja, mas reduziram a severidade da ferrugem asiática da soja, sendo que estes autores relatam que este efeito está condicionado a tipo de ponta de pulverização empregada.

Portanto, existe uma interação importante entre os adjuvantes e os diferentes fatores relacionados à tecnologia de aplicação, em especial ao tamanho de gota e a taxa de aplicação, que estão ligados às pontas de pulverização e pressões de trabalho empregadas (SASAKI, et, al., 2015; MOTA; ANTUNIASSI, 2013). Isto poderia justificar a proximidade existente entre os controles relativos médios e suas amplitudes de variação quando se compara taxas de aplicação $> 150 \text{ L.ha}^{-1}$ e $\leq 150 \text{ L.ha}^{-1}$.

Como o controle relativo neste trabalho é calculado pela diferença entre o nível de controle proporcionado pela adição de adjuvantes à calda de pulverização e a sua não utilização, pode-se inferir que quanto maior o nível de controle objetivado com uma aplicação que contenha adjuvantes na calda de pulverização, menor a probabilidade de que tal ocorrência ocorra. Esta afirmação é confirmada e estimada pelos resultados apresentados na Tabela 4.1. Por exemplo, a probabilidade de se obter um nível de controle positivo com a adição de adjuvantes, independentemente de quão positivo ele seja, é de 64,02%. Contudo, esta probabilidade é reduzida para 42,15% quando se deseja obter um controle maior que 10%, e é de 3,08% quando se deseja um controle maior que 40%.

Tabela 4.1 – Probabilidade de ocorrência de controles relativos em função da adição de adjuvantes à calda de pulverização.

	Probabilidade de controle relativo (CR)					
	Negativo	Positivo	> 10 %	> 20 %	> 30 %	> 40 %
Adjuvantes	35,98 %	64,02 %	42,15 %	22,51 %	9,48 %	3,08 %
Adjuvantes e herbicida	04,28 %	95,72 %	35,13 %	0,65 %	0,00 %	0,00 %
Adjuvantes e taxa $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$	22,13 %	77,87 %	31,35 %	4,09 %	0,14 %	0,00 %
Adjuvantes e taxa $> 150 \text{ L ha}^{-1}$	03,45 %	96,55 %	37,86 %	0,74 %	0,00 %	0,00 %

Fonte: Próprio autor.

Por fim, é importante ressaltar que este trabalho é generalista, pois contemplou aplicações de diferentes produtos fitossanitários, técnicas de aplicação, velocidades de assistência de ar na barra e tipos de adjuvantes, além do que um número relativamente pequeno de trabalhos foi considerado nas análises. No entanto, este estudo trouxe a prerrogativa de que é preciso se considerar resultados de diferentes trabalhos para uma melhor compreensão dos efeitos dos temas estudados. Assim, torna-se necessário a realização de novos estudos envolvendo a metanálise, sobretudo englobando um maior número de trabalhos científicos, principalmente com metodologias e procedimentos padronizados, a fim de que se possa obter resultados mais concisos e interpretações mais precisas.

4.6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados neste trabalho, pode-se concluir que a utilização de assistência de ar não exerceu efeito, nem positivo nem negativo, nos níveis de controle dos organismos nocivos às culturas agrícolas, enquanto que a adição de adjuvantes à calda de pulverização aumentou em média 6,45% os níveis de controle destes organismos nocivos.

5 ARTIGO C – METANÁLISE DE TRABALHOS CIENTÍFICOS ENVOLVENDO TAXA DE APLICAÇÃO E TAMANHO DE GOTA EM PULVERIZAÇÕES DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS.

5.1 RESUMO

Inseridos no contexto da tecnologia, a taxa de aplicação e o tamanho de gotas pulverizadas estão entre os temas mais estudados. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar, a partir da metanálise de diferentes pesquisas científicas, o efeito da taxa de aplicação e do tamanho de gota pulverizada na eficiência de controle dos organismos nocivos às culturas agrícolas. Para a realização da metanálise, foram coletados dados referentes a resultados apresentados em publicações de trabalhos científicos. A partir destes dados, foi criada uma variável resposta, denominada como controle relativo, a fim de quantificar e testar se existe efeito da utilização de taxas de aplicação $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$ ou gotas menores que médias ($< 175 \mu\text{m}$). Tal variável resposta foi calculada pela diferença entre a percentagem de controle dos tratamentos submetidos ao uso de tais taxas de aplicação ou tamanho de gotas menores e os tratamentos com taxas e gotas maiores, respectivamente. Os dados foram analisados estatisticamente por meio do software CMA (Comprehensive Meta-analysis). Os resultados encontrados demonstraram que a taxa de aplicação e o tamanho de gota exerceram pouca influência nos controles dos organismos nocivos às culturas agrícolas. Todavia, a utilização de taxas de aplicação $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$, em comparação a taxas de aplicação maiores, proporcionaram melhores níveis de controle de doenças de plantas com aplicações de fungicidas, diferentemente dos herbicidas que apresentaram redução no controle de plantas daninhas com o uso de taxas de aplicação menores. Quanto ao tamanho de gota pulverizada, gotas menores resultaram em melhores níveis de controle do que gotas maiores, independentemente do produto aplicado (fungicida ou herbicida).

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação. Pontas de pulverização. Eficiência de controle.

5.2 ABSTRACT

In the context of application technology, the application rate and the size of sprayed droplets are among the most studied issues. The objective of this paper was to study, by the meta-analysis of different scientific research, the effect of the application rate and the size of the spray drop in the control efficiency of harmful organisms of the agricultural crops. To realize the meta-analysis, data were collected from the results presented in scientific papers. For these data, a variable was created, denominated as relative control, to quantify and test if there is any effect of using application rates of $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$ or smaller sized droplets ($<175 \mu\text{m}$). This variable was calculated by the difference between the percentage of control of the treatments related to the use of smaller application rates or droplet size and treatments with larger application rates and droplet size, respectively. Data were analyzed statistically using the CMA software (Comprehensive Meta-analysis). The results showed that the application rate and droplet size had little effect on the control of harmful organisms of the agricultural crops. However, the use of application rates $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$, compared to higher rates, provided better control levels of plant disease with fungicide applications, unlike the herbicides showed a reduce on the weed control with use of lower application rates. Comparing the spray droplet size, smaller droplets provided better control levels than larger droplets, independently of the product used (fungicide or herbicide).

Key-words: Application technology. Spray tips. Control Efficiency.

5.3 INTRODUÇÃO

Trabalhos científicos relacionados à tecnologia de aplicação vêm sendo desenvolvidos com o intuito de aumentar o entendimento dos fatores que exercem efeito especialmente nas pulverizações de produtos fitossanitários, podendo assim as técnicas serem aprimoradas para que se possa alcançar uma aplicação de qualidade. A melhoria na eficiência operacional, a redução nas eventuais contaminações ambientais e do aplicador que possam ocorrer, e o aumento na eficiência de controle dos organismos nocivos às culturas são os objetivos básicos neste âmbito.

Dentre os temas mais estudados nos últimos tempos para o controle de doenças de plantas, insetos-praga e plantas daninhas estão a taxa de aplicação e o tamanho de gotas pulverizadas (BUENO et al., 2013; OLIVEIRA, 2012; CAMPOS et al., 2012; SOUZA, et al., 2012; GUEDES et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2007). Embora estejam relacionados à velocidade de deslocamento do pulverizador, à ponta de pulverização utilizada e à pressão de trabalho empregada, estes temas são recorrentes devido principalmente a forma que se dá a deposição das gotas sobre alvo, que poderão influenciar positivamente ou negativamente no controle dos organismos nocivos às culturas agrícolas.

A taxa de aplicação refere-se à quantidade de calda pulverizada por área - normalmente expressa em $L \cdot ha^{-1}$, sendo que a utilização de taxas maiores aumenta a possibilidade de se obter um percentual de cobertura elevado das gotas sobre o tecido foliar, devido ao maior número de gotas pulverizadas. Do mesmo modo, a pulverização de gotas menores também tende a produzir um aumento nos níveis de cobertura, em função do aumento no número de gotas pulverizadas e da maior superfície específica destas (RAETANO, 2011; MATHEWS, et al., 2008; MATUO et al., 2006; MARTIN et al., 2000).

Contudo, este percentual de cobertura é dependente dos fatores meteorológicos (umidade relativa e a temperatura do ar, a velocidade do vento, molhamento foliar, etc) existentes no momento da pulverização (SANTOS et al., 2004; RAMOS; PIO, 2008). Balan et al., (2005), estudando a variação da deposição da calda em função de diferentes pontas de pulverização ao longo do dia, expressam a idéia de que é necessário a escolha correta da ponta de pulverização para diferentes condições meteorológicas, tendo em vista que gotas muito pequenas são passíveis de serem evaporadas durante o seu deslocamento. Assim, utilizar taxas de aplicações maiores ou pulverizar gotas menores sem critério algum, visando apenas incrementar a percentagem de cobertura, pode incorrer em algumas situações não desejáveis,

dentre elas a perda do produto aplicado pela evaporação das gotas ou pelo deslocamento lateral em função do vento, escorrimento das gotas na superfície vegetal para o solo, entre outros.

Apesar de que cada resultado de um trabalho científico ligado ao controle de organismos nocivos às culturas traga consigo de forma intrínseca a atuação de diferentes fatores, desde aspectos meteorológicos durante a pulverização, equipamentos e pontas de pulverização utilizadas, arquitetura e arranjo espacial das plantas, relações existentes entre a cultura, o organismo nocivo e o meio ambiente, é importante analisar conjuntamente os resultados de diferentes trabalhos, sem desconsiderar as suas respectivas características, a fim de obter uma melhor compreensão e resultados mais precisos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar, a partir da metanálise de diferentes trabalhos científicos, o efeito da taxa de aplicação e do tamanho de gota pulverizada na eficiência de controle dos organismos nocivos às culturas agrícolas em pulverizações de produtos fitossanitários.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização da metanálise dos temas estudados (taxa de aplicação e tamanho) foram coletados dados relativos aos resultados apresentados em publicações de trabalhos científicos. Para o tema taxa de aplicação foram utilizados dados de 22 trabalhos (2 de periódicos científicos e 20 de resumos expandidos), enquanto o tema tamanho de gota utilizou dados de 14 trabalhos (10 de periódicos científicos e 4 de resumos expandidos). Os resumos expandidos considerados foram provenientes dos Simpósios Internacionais de Tecnologia de Aplicação (SINTAG 2008, 2011 e 2013).

Os trabalhos levantados tinham como objetivo, em seus tratamentos testados, avaliar a influência da taxa de aplicação e do tamanho de gota pulverizada no controle plantas daninhas, insetos-praga e doenças. Para cada tema, os tratamentos foram separados em dois grupos, que foram comparados entre si na metanálise. Os tratamentos ligados ao tema taxa de aplicação foram agrupados em taxas de aplicação $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$ e taxas de aplicação maiores. Os tratamentos relativos ao tema tamanho de gota foram agrupados em gotas menores que médias ($< 175 \mu\text{m}$) e gotas maiores.

Como cada trabalho apresentava diferentes unidades de medidas de avaliação, estas foram transformadas em uma unidade comum: percentual de controle - baseado nos tratamentos sem nenhuma aplicação (testemunhas) que os trabalhos apresentavam. A partir

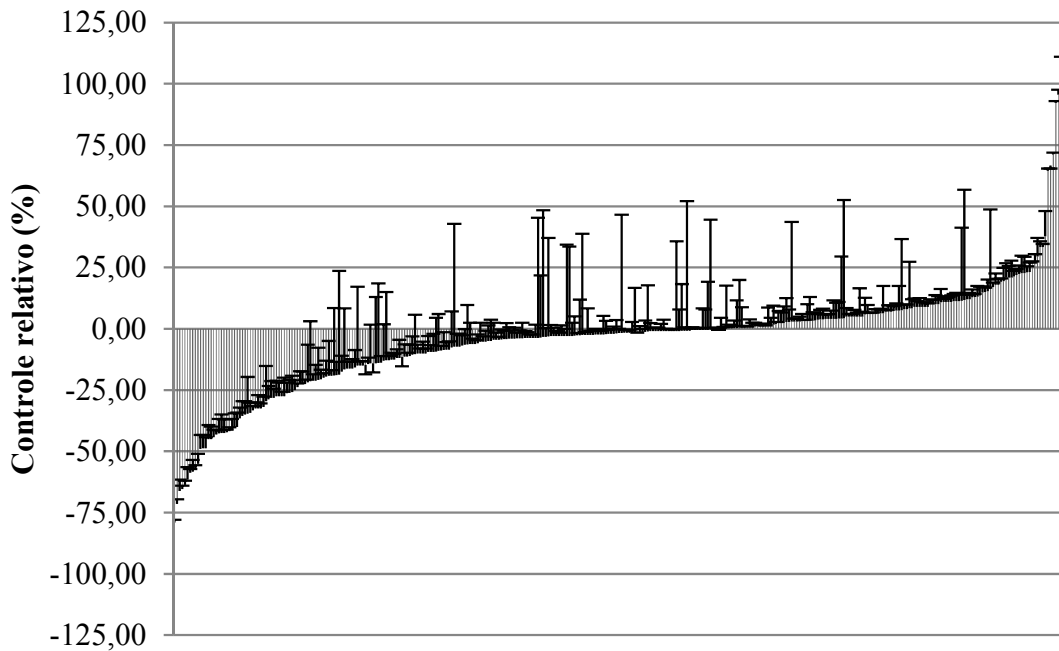
destes dados, foram criadas variáveis resposta, denominadas como controles relativos (CR). Tal variável foi calculada pela diferença entre a percentagem de controle entre os dois grupos de cada tema (ROSENBERG et al., 2004; MADDEN e PAUL, 2011). Assim, os trabalhos referentes à taxa de aplicação resultaram em 342 variáveis respostas ($n = 342$) e os referentes ao tamanho de gota resultaram em 218 variáveis ($n = 218$). O número de repetições e o coeficiente de variação de cada respectivo controle relativo foram também considerados, e serviram de base para o cálculo de uma medida de variância de cada dado, neste caso o erro padrão (EP) ou "standard error" (SE) de cada controle relativo (BORENSTEIN, et al., 2009), conforme a equação: $EP = (((CR)/2)*CV)/100/REP^{0,5}$; em que CR refere-se a variável resposta denominada como controle relativo, REP refere-se ao número de repetições e o CV refere-se ao coeficiente de variação.

Para cada tema de estudo, os dados obtidos foram utilizados para análises estatísticas exploratórias de distribuição e frequência - observando-se assim o comportamento e a amplitude dos controles relativos e seus respectivos erros padrões. Realizaram-se ainda metanálises, por meio do software CMA (Comprehensive Meta-analysis, 2014), a fim de se testar e quantificar o efeito médio geral dos controles relativos de cada tema estudado, bem como seus respectivos níveis de significância. Foi adotado o modelo aleatório nas análises, tendo em vista que os índices Higgins & Thompson, que verificam a heterogeneidade dos dados, foram superiores a 1,5 (MADDEN e PAUL, 2011). Utilizaram-se ainda, entre os temas, variáveis moderadoras como o tipo de produto fitossanitário aplicado (fungicida e herbicida). Por fim, calculou-se a estimativa de probabilidade de ocorrência de uma determinada porcentagem de controle, caso fosse utilizado algumas das técnicas de aplicação estudadas nas aplicações (MADDEN e PAUL, 2011).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

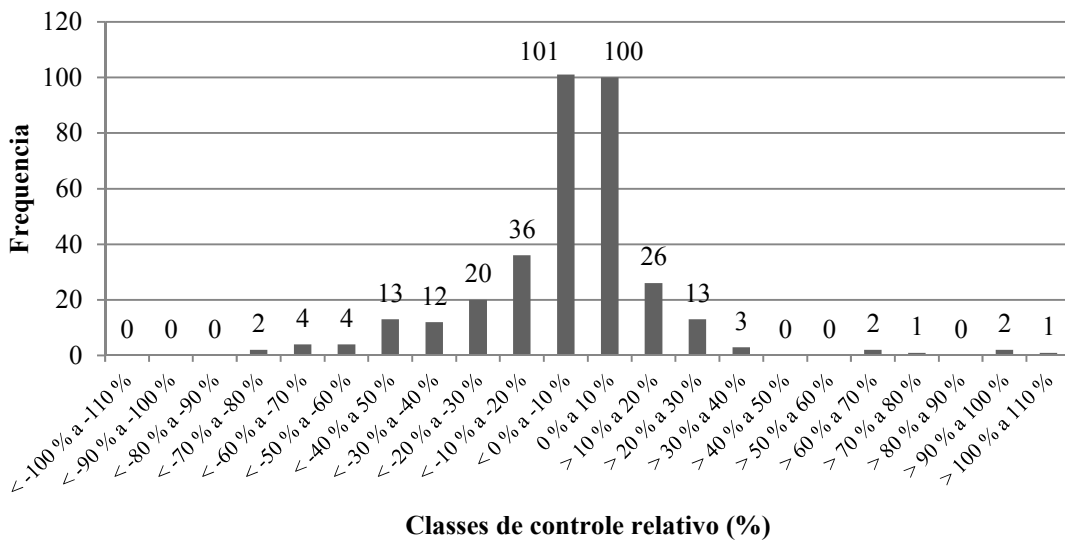
Os resultados referentes à taxa de aplicação $\leq 150 \text{ L.ha}^{-1}$ indicaram que houve similaridade na distribuição dos controles relativos (positivo e negativo), conforme pode ser observado pela Figura 5.1. A classe de controle relativo mais frequente esteve entre -10% e +10% (Figura 5.2). Contudo, os dados obtidos apresentaram elevados níveis de variância, ao se considerar a amplitude gráfica dos erros padrões.

Figura 5.1 – Distribuição dos controles relativos (%) e seus respectivos erros padrões em função da utilização de taxa de aplicação $\leq 150 \text{ L.ha}^{-1}$.



Fonte: Próprio autor.

Figura 5.2 – Classes de distribuição dos controles relativos (%) em função da utilização de taxa de aplicação $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$.



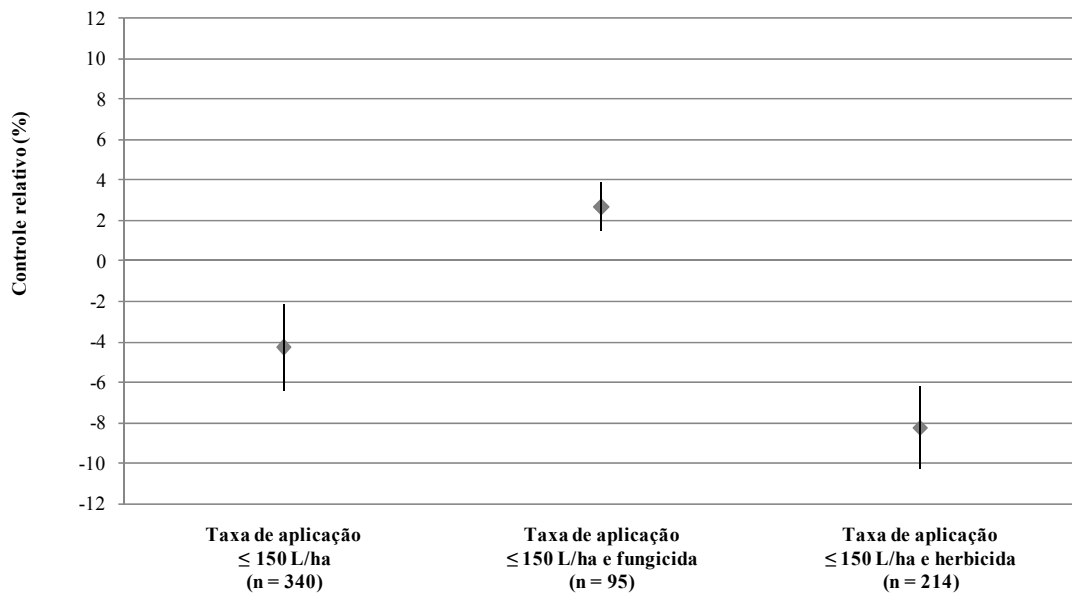
Fonte: Próprio autor.

A partir da metanálise, pôde se verificar que o controle relativo médio geral foi de $-4,3\% \pm 2,1\%$ (p valor $< 0,001$) (Figura 5.3). Assim, pulverizações realizadas com taxas de aplicações $\leq 150 \text{ L.ha}^{-1}$, em comparação a taxas de aplicação maiores, resultaram em decréscimo no nível de controle, podendo este valor variar de $- 6,4\%$ a $-2,1\%$.

Desmembrando-se os resultados a partir das variáveis moderadoras (aplicação de fungicida e herbicida), notou-se que o controle relativo médio para pulverizações de

fungicidas efetuadas com taxas $\leq 150 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ é positivo ($2,6\% \pm 1,2\%$), ou seja, aplicações de fungicida realizadas com taxas de aplicação menores produziram melhor nível de controle, apesar da percentagem de controle ser baixa. Diferentemente, pulverizações com herbicidas acentuam negativamente o controle relativo médio ($-8,3\% \pm 2\%$), indicando que a utilização de taxas de aplicação menores proporcionou níveis de controle reduzidos.

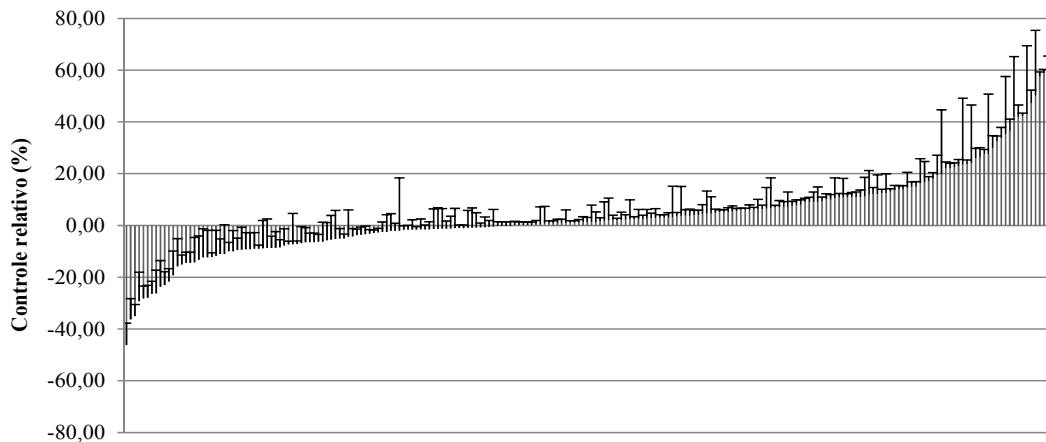
Figura 5.3 – Controles relativos médios e seus respectivos erros padrões em função da utilização de taxa de aplicação $\leq 150 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$.



Fonte: Próprio autor.

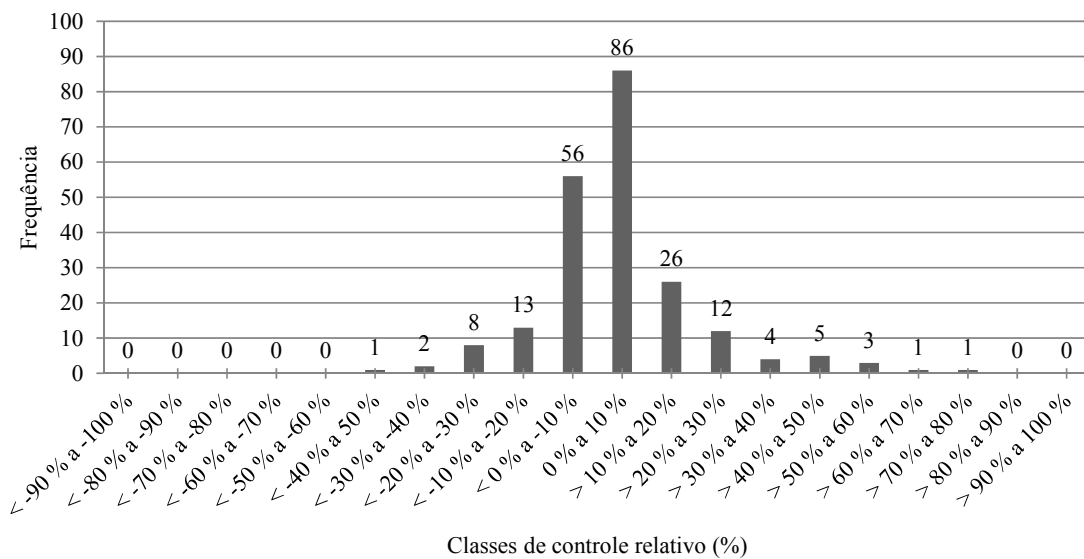
Com relação ao tema tamanho de gota pulverizado, verifica-se que grande parte dos controles relativos apresenta-se maior que zero (Figura 5.4). A classe de controle relativo mais frequente está entre 0% e 10% (86 dados), seguido dos valores entre $< 0\%$ e -10% (56 dados) (Figura 5.5). Observa-se novamente que os dados apresentavam variância relativamente elevada, tendo em vista amplitude gráfica dos erros padrões de cada dado (Figura 5.4).

Figura 5.4 – Distribuição dos controles relativos (%) e seus respectivos erros padrões em função da pulverização de gotas menores que o tamanho médio (< 175 µm).



Fonte: Próprio autor.

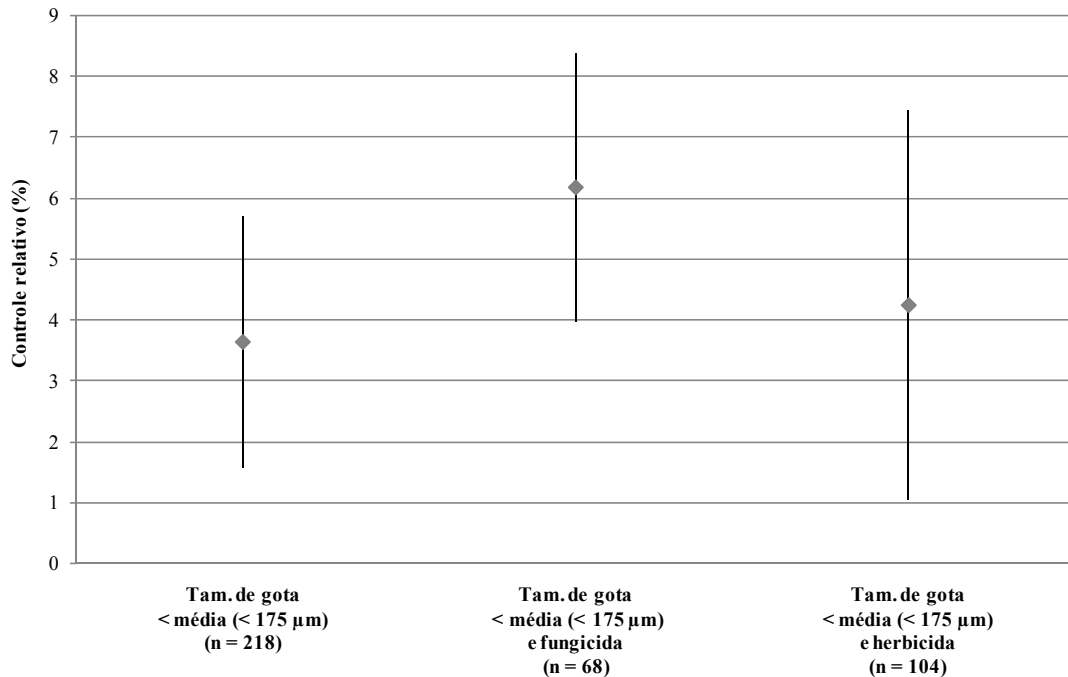
Figura 5.5 – Classes de distribuição dos controles relativos (%) em função da pulverização de gotas menores que o tamanho médio (< 175 µm).



Fonte: Próprio autor.

Pelos resultados da metanálise, o controle relativo médio geral foi de 3,6%, sendo que este valor pode sofrer variação de $\pm 2,1\%$ (p valor < 0,001) (Figura 5.6). Conclui-se assim que a pulverização com gotas menores que médias (< 175 µm) promoveram melhores níveis de controle do que pulverizações feitas com gotas maiores, independentemente das variáveis moderadoras (aplicações de fungicidas ou de herbicidas).

Figura 5.3.6 – Controles relativos médios e seus respectivos erros padrões em função da pulverização de gotas menores que o tamanho médio ($< 175 \mu\text{m}$).



Fonte: Próprio autor.

Os resultados obtidos demonstraram que as diferenças existentes entre as porcentagens de controle dos organismos nocivos às culturas agrícolas, em função da comparação de diferentes fatores relativos à tecnologia de aplicação (taxa de aplicação e tamanho de gota pulverizada), são relativamente pequenas, tendo em vista que os intervalos dos controles relativos apresentaram-se entre - 10% e + 10%, além do que os dados coletados e calculados apresentavam variância relativamente elevada.

Assim, estes resultados dão a conotação de que a eficiência de controle é pouco alterada pelas técnicas de aplicação consideradas neste estudo (taxa de aplicação e tamanho de gota pulverizada), e a variância destes dados é intrínseca dos ambientes de condução de cada trabalho (campo), sujeitos a fatores ambientais diversos, bem como pode ser decorrente das diferentes variáveis avaliadas entre os trabalhos, que foram padronizadas para uma medida única (eficiência de controle), por exemplo: escalas ou notas visuais referentes à presença de doenças ou plantas daninhas, contagem de lesões nas folhas no caso de doenças de plantas, peso de matéria seca das plantas daninhas, entre outros.

Embora as diferenças sejam mínimas no que se refere ao percentual de controle, constatou-se que a aplicação de fungicida apresentou maior nível de controle de doenças de plantas do que os herbicidas frente a plantas daninhas, quando se utilizou taxas de aplicação $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$ em comparação a maiores taxas. Já para o tema tamanho de gota pulverizado, gotas

menores que médias ($< 175 \mu\text{m}$) comparadas com gotas maiores, não foi verificada diferença entre estes dois tipos de aplicação, sendo ambos positivos.

O número de gotas pulverizadas por área pode ser o parâmetro que explicaria tais resultados encontrados. Genericamente, desconsiderando os tipos de pontas de pulverização utilizadas e as pressões de trabalho empregadas, as aplicações realizadas com taxas de aplicação menores e com gotas maiores resultam em menor número menor de gotas pulverizadas por área, e isto produziria, em tese, menor nível de cobertura sobre os alvos e um possível decréscimo nos níveis de controle.

Esta prerrogativa pode explicar o resultado encontrado para as aplicações de herbicidas, tendo em vista que a interferência das plantas daninhas, na forma de competição, se dá em uma época próxima ao estabelecimento das culturas agrícolas, e por serem mais sensíveis aos herbicidas no início da fase de crescimento (MEROTTO JR et al., 2000; ZAGONEL et al., 2000) existiria a necessidade de se pulverizar maior quantidade de gotas, a fim de aumentar a probabilidade de que estas atinjam tais plantas. Pode existir ainda, o fato de que a utilização de taxas de aplicação maiores tendem a proporcionar maior cobertura sobre a superfície foliar, possibilitando assim um aumento na quantidade e na distribuição do ingrediente ativo absorvido e translocado no interior do tecido das plantas.

Todavia, há que se considerar a presença de orvalho sobre o tecido vegetal. Em aplicações do herbicida glifosate, Santos et al. (2004) verificaram redução nos níveis de controle de *Brachiaria decumbens* quando as aplicações foram feitas na presença de orvalho. Os autores relatam que a interferência do orvalho parece estar mais relacionada com seu tempo de ocorrência após as pulverizações – o que manteria por mais tempo o produto diluído, dificultando a absorção no tecido vegetal. Assim, a utilização de taxas de aplicação maiores, quando da presença de grande quantidade de água líquida sobre as folhas, diluiria a gota pulverizada, além de aumentar a possibilidade de escoamento, interferindo no controle objetivado.

No tocante ao controle de doenças, poderia ser feita a mesma analogia, quanto maior quantidade de gotas pulverizadas, maior deveria ser a probabilidade de controle, uma vez que as epidemias basicamente têm seu desenvolvimento iniciado no dossel inferior das culturas, devido entre outros fatores ambientais, ao maior tempo de molhamento foliar neste micro-ambiente. Neste sentido, seria necessário maior penetração das gotas pulverizadas neste local para a obtenção de maiores controles, o que poderia ser alcançado ao aumentar o número de gotas pulverizadas. Resultados positivos com o aumento na taxa de aplicação são evidenciados por Forcelini (2008), Oliveira et al. (2007) e Oliveira (2012), no controle da

ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), ferrugem da aveia (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*) e ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) e mancha amarela (*Pyrenophora tritici repentis*) do trigo, respectivamente. Contudo, não foi evidenciado este resultado neste trabalho, tendo em vista que taxas de aplicação $\leq 150 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ produziram níveis de controle superiores.

Uma hipótese que justificaria este resultado pode estar atrelada às diferentes características do dossel das culturas consideradas nos trabalhos científicos levantados. Na cultura do trigo, por exemplo, existe a possibilidade de escorrimento das gotas depositadas quando se utiliza maiores taxas de aplicação em função das folhas serem eretas. Assim, taxas de aplicação reduzidas poderiam proporcionar melhores resultados, diferentemente de culturas que apresentam arquitetura foliar densa, com folhas sobrepostas horizontalmente, como a cultura da soja, algodão, etc. Este argumento pode ser pertinente, pois as aplicações são realizadas normalmente quando as culturas estão na fase adulta. Nesta fase a penetração das gotas pulverizadas é reduzida pelo "efeito guarda-chuva" no dossel inferior, local em que as doenças se desenvolvem, diminuindo a possibilidade de se verificar melhora na eficiência de controle com o aumento na taxa de aplicação utilizada. Por exemplo, valores de cobertura de gotas de até 3 vezes mais entre o dossel superior e o dossel inferior foram verificados após a pulverização de fungicida na cultura da soja (ROMAN, et al., 2009; VIANA, et al., 2008).

Outro ponto que pode validar este raciocínio está relacionado à maior quantidade de ingrediente ativo retido no dossel superior das culturas no momento da pulverização, influenciando assim a ação dos produtos nas folhas superiores. Este fato explicaria o motivo pelo qual, normalmente na fase final de desenvolvimento das culturas, e em situações epidêmicas, existe no dossel inferior das culturas sintomas de doenças que tiveram crescimento gradativo ao longo do tempo, sem que houvesse um controle satisfatório pelas pulverizações de fungicida realizadas em momento anterior. É em função deste fato que os melhores resultados com pulverizações de fungicidas comumente são evidenciados quando as aplicações são realizadas preventivamente, desde que considere, sobretudo, os métodos de previsão de doenças (OLIVEIRA et al., 2013; IGARASHI et al., 2010; SCHERM et al., 2009), pois protegem as folhas do dossel superior das possíveis infecções provenientes das lesões que se estabelecerão nas folhas inferiores e que não foram controladas adequadamente pelos fungicidas. Obviamente estes argumentos são dependentes das relações existentes entre cada cultura, seus respectivos organismos fitopatogênicos e o ambiente em que estão inseridos.

É importante ressaltar ainda, que a influência da utilização de maiores taxas de aplicações pode existir, porém muitas vezes não é passível de ser detectada em função da baixa sensibilidade das variáveis avaliadas nas experimentações, que são realizadas normalmente pela quantificação dos níveis de doenças presentes nas plantas a partir da observação visual "a olho nu", tornando-se difícil obter conclusões precisas.

De maneira geral, os resultados demonstram que a probabilidade de se obter um nível de controle positivo para pulverizações com taxas de aplicação $\leq 150 \text{ L.ha}^{-1}$ e com gotas menores que médias são de 41,1% e 59,8%, respectivamente (Tabela 5.1). Por meio destas estimativas, observa-se que quanto mais alto o nível de controle objetivado, menor a probabilidade de que ela aconteça, tendo valores próximos a zero quando se deseja níveis de controle superiores a 40%. Apenas para pulverizações de fungicidas, é possível estimar altas probabilidades de se obter um nível de controle positivo com a utilização de taxa de aplicação $\leq 150 \text{ L.ha}^{-1}$ e com gotas menores que médias, 89,1% e 79,0%, respectivamente. Este resultado dá a conotação que para pulverizações com herbicidas tendem a apresentar um probabilidade de controle maior com a utilização de taxas de aplicação $> 150 \text{ L.ha}^{-1}$ e com gotas maiores ou iguais ao tamanho médio.

Tabela 5.1 – Probabilidade de ocorrência de controles relativos em função da utilização de taxa de aplicação $\leq 150 \text{ L.ha}^{-1}$ e do tamanho de gotas menores que médias ($< 175 \mu\text{m}$).

	Probabilidade de controle relativo (CR)					
	< 0%	> 0%	> 10 %	> 20 %	> 30 %	> 40 %
Taxa $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$	58,9	41,1	22,6	10,1	3,59	1,00
Taxa $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$ e fungicida	10,8	89,1	00,0	00,0	0,00	0,00
Taxa $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$ e herbicida	71,5	28,4	10,4	02,5	0,42	0,05
< Gota média	40,1	59,8	33,1	13,0	3,53	0,63
< Gota média e fungicida	20,9	79,0	30,8	03,5	0,09	0,00
< Gota média e herbicida	39,7	60,2	36,1	16,6	5,70	1,41

Fonte: Próprio autor.

Por fim, embora aborde aplicações de fungicidas e herbicidas, é importante mencionar que este trabalho apresenta resultados generalistas, uma vez que foram considerados diferentes culturas-alvo, diferentes organismos nocivos e produtos aplicados, além de aspectos relacionados diretamente a tecnologia de aplicação, como pontas de pulverização, adjuvantes, entre outros. Contudo, este estudo trouxe a prerrogativa de que é necessário considerar diferentes trabalhos, proporcionando resultados mais concisos do que aqueles analisados em um trabalho isolado. Denota-se, portanto, a necessidade de se realizar novos estudos neste âmbito, principalmente englobando uma quantidade maior de trabalhos

científicos com metodologias e procedimentos padronizados, a fim de se retirar conclusões e interpretações mais contundentes.

5.6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados, verificou-se que a taxa de aplicação e o tamanho de gota exerceram efeitos significativos. Apesar de serem diminutos, a utilização de taxas de aplicação $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$, em comparação a taxas de aplicação maiores, resultaram em melhoria nos níveis de controle de doenças de plantas com aplicações de fungicidas, diferentemente das aplicações de herbicida que tiveram uma redução no controle de plantas daninhas quando do uso de menores taxas de aplicação. Com relação ao tamanho de gota pulverizado, gotas menores proporcionaram melhores níveis de controle do que gotas maiores, independentemente do produto aplicado (fungicida ou herbicida).

CONCLUSÕES GERAIS

Em linhas gerais, os resultados deste estudo demonstraram que os trabalhos foram desenvolvidos nas mais diferentes situações, cada qual com suas respectivas características intrínsecas e seus objetivos propostos. Assim, é preciso utilizar técnicas apropriadas, como a metanálise por exemplo, para se retirar conclusões mais precisas e se obter uma maior compreensão dos temas pesquisados de um conjunto um de trabalhos, sem desconsiderar ainda os diferentes fatores envolvidos na eficiência de controle de organismos nocivos às culturas, a partir da pulverizações de produtos fitossanitários.

Em síntese, no que concerne ao artigo A, que teve como objetivo levantar e investigar características e situações em que os trabalhos envolvendo pulverizações de produtos fitossanitários foram desenvolvidos, os resultados evidenciaram que: os periódicos internacionais tiveram maior diversificação de países em que foram desenvolvidos os trabalhos, diferentemente dos periódicos nacionais que tiveram seus trabalhos desenvolvidos predominantemente no Brasil; o número de trabalhos desenvolvidos aumentou gradativamente a partir da década de 90; estudos envolvendo as grandes culturas anuais foram os mais representativos; as culturas alvo foram conduzidas principalmente em situações de campo; o equipamento denominado como pulverizador costal pressurizado de barras foi o equipamento mais utilizado nas experimentações; variáveis relativas à deposição da calda aplicada foram as mais recorrentes nos artigos que tinha como foco avaliar a aplicação, enquanto que os artigos que avaliaram o nível de controle de um organismo nocivo tiveram como temas de estudo mais observados a comparação de produtos e suas respectivas doses, sendo os fungicidas e os herbicidas os produtos mais testados.

Com relação aos artigos B e C, que tiveram como intuito estudar, a partir da metanálise de diferentes trabalhos, a influência de fatores específicos no contexto da tecnologia de aplicação (assistência de ar, adjuvantes, taxa de aplicação e tamanho de gota pulverizada) no controle de organismos nocivos às culturas, pôde-se concluir que: a utilização de assistência de ar não exerceu efeito algum, nem positivo nem negativo, nos níveis de controle; a adição de adjuvantes à calda de pulverização por sua vez incrementou os níveis de controle destes organismos; o uso de taxas de aplicação $\leq 150 \text{ L ha}^{-1}$, em comparação a taxas maiores, proporcionaram aumento nos níveis de controle de doenças de plantas com aplicações de fungicidas, e reduziram o controle de plantas daninhas com aplicações de herbicida; a pulverização de gotas menores resultaram em melhores níveis de controle do que

a pulverização de gotas maiores, independentemente do produto aplicado (fungicida ou herbicida).

REFERÊNCIAS

- ABI SAAB, O.J.G.; BALAN, M.G.; SILVA, C.G. Depósitos e perdas de calda em sistema de pulverização com tuboatomizador em videira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.470-477, 2006.
- ABI SAAB, O.J.G. Avaliação da cobertura e depósitos de agrotóxicos em videiras com o uso de diferentes técnicas de aplicação e condições operacionais. Tese de doutorado, 87f. Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu (UNESP), Botucatu-SP, 2000.
- ABI SAAB, O.J.G.; ANTUNIASSI, U.R. Avaliação da porcentagem de cobertura pelas gotas de aplicações fitossanitárias em videiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.205-211, 1998.
- ABI SAAB, O.J.G. Avaliação de um sistema de aplicação de defensivos utilizada em videiras no município de Londrina-PR. Dissertação de mestrado, 81f. Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu (UNESP), Botucatu-SP, 1996.
- AGUIAR JUNIOR, H.O.; RAETANO, C.G.; PRADO, E.P.; DAL POGETTO, M.H.F.A.; CHRISTOVAM R.S.; GIMENES, M.J. Adjuvantes e assistência de ar em pulverizador de barras sobre a deposição da calda e controle de *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow). **Summa Phytopathologia**, Botucatu, v. 37, n. 3, p. 103-109, 2011.
- ALVITER, A. R.; SILVA-ROJAS, H.V.; LOPEZ-CRUZ, I.; MARÍN, J.B.; ELLIS, M.A. Fungicide spray programs to manage downy mildew (dryberry) of blackberry caused by *Peronospora sparsa*. **Crop Protection**, v. 42, p.49-55, 2012.
- ANDERSON, W.P. Weed Science. St. Paul, Minnessota, 654p, 1983.
- ARAÚJO, D.; RAETANO, C.G. Adjuvantes de produtos fitossanitários. In.: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação para culturas anuais. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011, 279p.
- ANTUNIASSI, U.R.; ABI SAAB, O.J.G. Avaliação da porcentagem de cobertura pelas gotas de aplicações fitossanitárias em videiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.205-211, 1998.
- AUGUSTO, J.; BRENNEMAN, T. B.; CULBREATH, A. K.; SUMMER, P. Night spraying peanut fungicides I. Extended fungicide residual and integrated disease management. **Plant Disease**, v. 4, n.6, p. 676-682, 2010.
- AZEVEDO, L.A.S. Fungicidas sistêmicos – teoria e pratica. 1.ed. Campinas: EMOPI, 2007. 283p.
- AZEVEDO, L.A.S. Adjuvantes Agrícolas para a proteção de plantas. 1. ed. Rio de Janeiro: IMOS, 2011. 264p.

BAILEY, B.A.; O'NEILL, N.R.; ANDERSON, J.D. Influence of adjuvants on disease development by *Pleospora papaveracea* on opium poppy (*Papaver somniferum*). **Weed Science**, v. 52, p.424-432, 2004.

BALAN, M.G. Diagnóstico e proposta de descrição metodológica para trabalhos técnicos-científicos que tratam da avaliação e do efeito da aplicação de produtos fitossanitários. 2009. 104 f. Tese (doutorado em agronomia). Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, 2009.

BALAN, M.G.; ABI SAAB, O.J.G.; SILVA, C.G.; do RIO, A. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 293-298, 2008.

BALAN, M.G.; ABI SAAB, O.J.G.; SILVA, C.G. Depósito e perdas de calda em sistema de pulverização com turboatomizador em videira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.470-477, 2006.

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

BALAN, M.G.; ABI 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.

BAPTISTA, A.P.M.; CARVALHO, G.A.; CARVALHO, S.M.; CARVALHO, C.F.; BUENO FILHO, J.S.S. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados em citros para *Apis mellifera*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p.955-961, 2009.

BARCELLOS, L. C.; ALMEIDA, R.A.; LEÃO, P.G.F.; SILVA, J.G.S. Desenvolvimento e avaliação de um pulverizador de barras a tração humana. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 67-73, 2006.

BARRETO, M.; SCALOPPI, E.A.G. Sistemas de previsão de doenças de hortaliças. In.: ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado de doenças, pragas e plantas daninhas, 2000. P. 196 – 184.

BARTLETT, D.W.; CLOUGH, J.M.; GODWIN, J.R.; HALL, A.A.; HAMER, M.; DOBRZANSKI, B.P. The strobilurin fungicides. **Pesticide Management Science**, v. 58, p.649-662, 2002.

BASTOS, C.S.; PEREIRA, M.J.B.; TAKIZAWA, E.K.; OHI, G.; AQUINO, V.R. Bicudo do algodoeiro: identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Circular Técnica 79. Campina Grande-PB, 2005.

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

BERGAMIM FILHO, A. AMORIM, L. Doenças de Plantas Tropicais: Epidemiologia e Controle Econômico. 1996. São Paulo, Ceres. 289p.

BORENSTEIN, M.; HEDGES, L.V.; HIGGINS, J.P.T.; ROTHSTEIN, H.R. Introduction to Meta-Analyses. 2009.

BRUSTOLIN, C.; BIANCO, R.; NEVES, P.M.O.J. Inseticidas em pré e pós-emergência do milho (*Zea mays* L.), associados ao tratamento de sementes, sobre *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.3, p. 215-223, 2011.

BUCHHOLZ, A.; NAUEN, R. Translocation and translaminar bioavailability of two neonicotinoid insecticides after foliar application to cabbage and cotton. **Pesticide Management Science**, v. 58, p.10-16, 2001.

BUENO, M.R.; ALVES, G.S.; PAULDA, A.D.M.; CUNHA, J.P.A.R. Volumes de calda e adjuvante no controle de plantas daninhas com glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 705-713, 2013.

BUTLER ELLIS, M.C.; WEBB, A.; WESTERN, N. The effect of different spray liquids on the foliar retention of agricultural sprays by wheat plants in a canopy. **Pest Management Science**, v.60, p.786-794, 2004.

BUTLER ELLIS, M.C.; TUCK, C.R; MILLER, P.C.H. The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles. **Crop Protection**, v. 16, n. 1, p. 41-50, 1997.

BYRNE, F.; MORSE, J.; KRIEGER, R. Evaluation of systemic chemicals for the management of Avocado pests. California Avocado Commission, Production Research Report, 2009.

CAMPOS, C.F.; MARTINS, D.; COSTA, A.C.P.R.; PEREIRA, M.R.R.; CARDOSO, L.A.R.; MARTINS, C.C.. Efeito de herbicidas na dessecação e germinação de sementes remanescentes de *Lolium multiflorum* L. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2067-2074, 2012.

CANAVATE, Jaime Ortiz. Las Maquinas Agricolas e sua aplicação. Mundi-Prensa, Madrid, 1995, 466p.

CANTERI, M.G.; CARAMORI, P.; TSUKAHARA, R.; SILVA, O.C.; FARIA, R.; GODOY, C.V. A system to map risk of infection by *Phakopsora pachyrhizi* for Parana State, Brazil. **Phytopathology**, v.95, n.16, 2005 (Abstract).

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Qualis Capes**. 2014. Disponível em: <<http://qualis.capes.gov.br/webqualis/principal.seam>>. Acesso em 16 de fevereiro de 2015.

CARDINALI, V.C.B. DIAS, A.C.R.; TORNISIELO, V.L.; MUELLER, V.L.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Absorção e translocação do herbicida glyphosate em biótipos e

buva. In.: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 2010, Ribeirão Preto-SP, 2010.

CARMONA, M.; GALLY, M.; SAUTUA, F.; ABELLO, A.; LOPEZ, P. Use of azoxystrobin and triazoles mixtures to control late season diseases in soybean crop. **Summa Phytopathologica**, v.37, n.2, p.134-139, 2011.

CHAIM, A.; BOTTON, M.; SCRAMIN, S.; PESSOA, M.C.P.Y.; SANHUEZA, R.M.V.; KOVALESKI, A. Deposição de agrotóxicos pulverizados na cultura da maçã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, p. 889-892, 2003.

CHAIM, A.; CASTRO, V.L.S.S.; CORRALES, F.M.; GALVÃO, J.A.H.; CABRAL, O.M.R.; NICOLELLA, G. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.741-747, 1999.

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

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

CHRISTOVAM, R.S. RAETANO, C.G. AGUIAR JUNIOR, H.O.; DAL POGETTO, M.H.F.A.; PRADO, E.P. GIMENES, M.J.; KUNZ, V.L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.231-238, 2010.

CONCEIÇÃO, M.Z. Defesa vegetal: Legislação, normas e produtos fitossanitários. IN. ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. Viçosa: UFV, 2003. 376p.

COOKE, B.K.; HISLOP, E.C.; HERRINGTON, P.J.; WESTERN, N.M.; HUMPHERSONJONES, F. Air assisted spraying of arable crops, in relation to deposition, drift and pesticide performance. **Crop Protection**, Oxford, v.9, n.4, p. 303-11, 1990.

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

COSTA, A.G.F.; VELINI, E.D.; NEGRISOLIN, E.; CARBONARI, C.A.; ROSSI C.V.S.; CORREA, M.R.; SILVA, F.M.L. Efeito da intensidade do ventom da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicida em pré-emergência. **Planta Daninha**, v.25, n.1, p.203-210, 2007.

COUTINHO, C.F.B.; GALLI, A.; MAZO, L.H.; MACHADO, S.A.S. Carbendazim e o meio ambiente: degradação e toxidez. **Revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 16, p.63-70, 2006.

COUTINHO, P.; CORDEIRO, C.M. A ponta de pulverização – cuidado na escolha. In: Encontro técnico Tecnologia de aplicação de agrotóxicos, 2003, Cascavel. Anais... Cascavel: Copavel/Coodetec/Bayer Crop Science, 2003. 122p.

CUNHA, J.P.A.R.; JULIATTI, F.C.; REIS, E.F. Tecnologia de aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 950-957, 2014.

CUNHA, J.P.R.; SILVA JÚNIOR, A.D. Volumes de calda e pontas de pulverização no controle químico de *Spodoptera frugiperda* na cultura do sorgo forrageiro. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.692-699, 2010a.

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 597-602, 2010b.

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H.C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.10-15, 2007.

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; VIEIRA, R.F.; FERNANDES, H.C. Deposição e deriva da calda de fungicida aplicada em feijoeiro, em função do bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.133-138, 2005.

DEGRÉ, A.; MOSTADE, B.; HUYGHEBAERT, S.; TISSOT, S.; DEBOUCHE, C. Comparison by image processing of target supports of spray droplets. **ASAE**, v.44, n.2, p.217-222, 2001.

DEL PONTE, E.M.; GODOY, C.V.; LI, X.; YANG, X.B. Predict severity of Asian soybean rust with empirical rainfall models. **Phytopathology**, v.96, p. 797-803, 2006. (Abstract).

DEL PONTE, E.M.; LANA, F.D. Apostila preparada para o mini curso ministrado no 47º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 21 de agosto de 2014, IAPAR, Londrina, PR.

EASTON, G.D. Timing and root absorption affecting efficiency of metalaxyl in controlling *Phytophthora infestans* on Potato in Northwestern Washington State. **Plant Disease**, v.69, n.6, 1985.

EDWARDS JONES, G. Do benefits accrue to 'pest control' or 'pesticides?': A comment on Cooper and Dobson. **Crop Protection**, v.27, n.6, p.965-967, 2008.

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013. Sistemas de Produção. Londrina, Embrapa Soja, 2011, 261p.

FERREIRA, E.A. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. IV - *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus spinosus*, *Alternanthera tenella* e *Euphorbia heterophyll*. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.263-271, 2003.

FERREIRA, E.A. Estudos anatômicos de folhas de plantas daninhas. I - *Nicandra physaloides*, *Solanum viarum*, *Solanum americanum* e *Raphanus raphanistrum*. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.159-167, 2002.

FONSECA, P.R.B.; LIMA JUNIOR, I.S.; SORIA, M.F.; KODAMA, C.; DEGRANDE, P.E. Inseticidas neonicotinóides no controle do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* (BOHEMAN, 1843) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) e a falha de controle do endosulfan. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.78, n.4, p.545-551, 2011.

FONSECA, P.R.B.; FORTUNATO, R.P.; LIMA JUNIOR, I.S.; BERTONCELLO, T.F.; DEGRANDE, P.E. Absorção foliar, caluniar e radicular dos inseticidas pymetrozine e flonicamid no controle do pulgão *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: aphididae) em algodoeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.78, n.1, p.123-127, 2011

FORCELINI, C.A.; BOLLER, W.; CAUS, D.C.; TOREZAN, A. Definição da dose de um fungicida considerado o volume de calda em soja. Anais... IV Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos. Ribeirão Preto-SP, 2008.

FORSTER, W.A.; ZABKIEWICZ, J.A.; LIU, Z. Cuticular uptake of xenobiotics into living plants. Part 2: Influence of the xenobiotic dose on the uptake of bentazone, epoxiconazole and pyraclostrobin, applied in the presence of various surfactants, into *Chenopodium album*, *Sinapis alba* and *Triticum aestivum* leaves. **Pesticide Management Science**, v.62, p.664-672, 2006.

FORSTER, W.A.; ZABKIEWICZ, J.A.; RIEDERE, M. Mechanisms of cuticular uptake of xenobiotics into living plants: 1. Influence of xenobiotic dose on the uptake of three model compounds applied in the absence and presence of surfactants into *Chenopodium album*, *Hedera helix* and *Stephanotis floribunda* leaves. **Pesticide Management Science**, v.60, p.1105-1113, 2004.

FOX, R.D.; SALYANI, M.; COOPER, J.A.; BRAZEE, R.D. Spot size comparisons on oil- and water-Sensitive Paper. **ASAE**, v.17, n.2, p. 131-136, 2001.

FREITAS, F.C.L.; TEIXEIRA, M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; MACHADO, A.F.L.; VIANA, R.G. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.1, p.161-167, 2005.

GANDOLFO, M.A.; CHECHETTO, R.G.; CARVALHO, F.K.; GANDOLFO, U.D.; MORAES, E.D. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes na deriva em caldas com glyphosate. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 474-480, 2013.

GARCIA, L.C.; RAETANO, C.G.; JUSTINO, A.; PURÍSSIMO, C. Dessecação da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com herbicida de contato, em presença ou não de ar na junto à barra do pulverizador, em diferentes volumes de calda. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.758-763, set./dez. 2004.

GARDIANO, C.G.; BALAN, M.G.; FALKOSKI FILHO, J.; de CAMARGO, L.C.M.; de Oliveira, G.M.; IGARASHI, W.T.; SUDO, L.T. IGARASHI, S.; ABI SAAB, O.J.G.; CANTERI, M.G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja, baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.77, n.3, p.497-504, 2010.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B. Manual de entomologia agrícola. São Paulo, Ceres, 1978, 531p.

GUEDES, J.V.C.; FIORIN, R.A.; STURMER, G.R.; DAL PRÁ, E.; PERINI, C.R.; BIGOLIN, M. Sistemas de aplicação e inseticidas no controle de *Anticarsia gemmatilis* na soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.8, p.910–914, 2012.

GUEDES, R.N.C.; PICANÇO, M.C.; PEREIRA, E.J.G.; SILVA, E.M.; SILVA, G.A.; SOARES, F.F. Características dos principais grupos de inseticidas e acaricidas. In: ZAMBOLIM, L.; PICANÇO, M.C.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; JESUS JUNIOR, W.C. Produtos fitossanitários (fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas). Viçosa, MG: UFV/DFP, 652p., 2008.

GUEDES, J.V.C.; MAZIERO, H. Tecnologia de aplicação de inseticidas. In: ANTUNIASI, U.R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação para culturas anuais. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011, 279p.

GUINI, R.; KIMATI, H. Resistência de fungos a fungicidas. Jaguariúna – SP: Embrapa Meio Ambiente, 2002, 78 p.

GULART, C. A.; DEBORTOLI, M.; MADALOSSO, M.; BALARDIN, R.; SANTOS, P. S.; CORTE, G.D.; LENZ, G.; MARQUES, L.N. Espectro de gotas de pulverização e controle de doenças em duas cultivares de trigo. **Ciência Rural**, v.43, n.10, p.1747-1753, 2013.

HEWITT, A.J.; SOLOMON, K.R.; MARSHALL, E.J.P. Spray droplet size, drift potential, and risks to nontarget organisms from aerially applied glyphosate for coca control in Colombia. **Journal of toxicology and environmental health**, v. 72, p. 921–929, 2009.

HOFFMAN, W.C.; HEWITT, A.J. Comparison of three imaging systems for water sensitive papers. **ASABE, Applied Engineering in Agriculture**, v.21, n.6, p. 961-964, 2005.

IGARASHI, S.; OLIVEIRA, G.M.; CAMARGO, L.C.M.; FILHO, J.F.; GARDIANO, C.G.; BALAN, M.G. Danos causados pela infecção de oídio em diferentes estádios fenológicos da soja. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.77, n.2, p.245-250, 2010.

IGARASHI, W.T., CAMARGO, L. C. M., IGARASHI, S., GARDIANO, C.G., OLIVEIRA, G. M., ABI-SAAB, O.J.G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja, baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Fitopatologia Brasileira**, v.34, p.98, 2008 (Suplemento).

IGARASHI, S.; BALAN, M. G. Ferrugem na Soja. Direto do Vale. Vale do Paranapanema. v.1, p. 1-8, 16 agosto de 2004.

ISHAAYA, I.; HOROWITZ, A.R. An overview. In: ISHAAYA, I.; DEGHEELE, D. Insecticides with novel modes of action – Mechanisms and applications. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 289p. 1998

KIRKWOOD, R.C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. **Pesticide Management Science**, v.55, p.69-77, 1999.

KISSMAAN, K.G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In.: GUEDES, J.V.C.; DORNELLES, S.B. Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxico: novas tecnologias. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária, Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998, p.39-51.

KNOCHE, M.; BUKOVAC, M.J. Spray application factors and plant growth regulator performance: III. Interaction of daminozide uptake, translocation and phytotoxicity in bean seedlings. **Pesticide Management science**, v.56, p.43-48, 2000.

KNOCHE, M.; BUKOVAC, M.J. Spray application factors and plant growth regulator performance: II Foliar uptake of gibberellic acid and 2,4-D. **Pesticide Management science**, v.55, p.166-174, 1999.

KNOCHE, M.; BUKOVAC, M.J.; NAKAGAWA, S.; CRABTREE, G.D. Spray application factors and plant growth regulator performance: I. Bioassays and biological response. **Pesticide Management Science**, v.54, 1998.

KISSMAAN, K.G. Uso de Herbicidas no contexto do Mercosul. In: XXII Congresso Brasileiro da Ciencia das Plantas daninhas. Palestra... Londrina, PR, SBCPD, 2000, p.199.

LAMEGO, F.P.; KASPARY, T.E.; RUCHEL, Q.; GALLON, M.; BASSO, C.J.; SANTI, A.L. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta Daninha**, v.31, n.2, p.433-442, 2013.

LENZ, G.; BALARDIN, R.S.; MINUZZI, S.G.; TORMEN, N.R.; MARQUES, L.N. Espectro de gotas e idade de trifólios na taxa de absorção e efeito residual de fungicidas em soja. **Ciência Rural**, v.41, n.10, 2011.

LICHTNER, F.T. Amitrole Absorption by Bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv 'Red Kidney') Roots. **Plant Physiology**, v.71, p.307-312, 1983.

LUIZ, A.J. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciências & Tecnologia**. Brasília, v. 19, n.3, p. 407-428, 2002.

MACIEL, C.D.G.; MORAES, D.W.; BALAN, M.G. Associação de adjuvantes com herbicidas na dessecação e no controle em pós-emergência de plantas daninhas na cultura do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.3, p.243-256, set./dez. 2011

MADDEN, L.V.; PAUL, P.A. Meta-Analysis for Evidence Synthesis in Plant Pathology: An Overview. **Phytopathology**, v. 101, n.1, p. 16-30, 2011.

MARTIN, Maria Luisa Soriano; SORIANO, Andre Porras; PIEDRA, Andrés Porras. Aplicacion de productos fitossanitários. In: PIEDRA, Andrés Porras. Maquinaria para cultivo. Agricola Espanola, Madrid, 2000, 141p.

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

MATTHEWS, G.A; THOMAS, N. Working towards more efficient application of pesticides. **Pesticide Management Science**, v.56, p.974-976, 2000.

MATHEWS, G.H. Pesticides application methods. London: Longman, 1979. 336p.

MATUO, T.; PIO, L.C.; RAMOS, H.H.; FERREIRA, L.R. Tecnologia de aplicação de defensivos e equipamentos de aplicação. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV; 2006. (ABEAS. Curso Proteção de Plantas. Módulo 2.)

MEKONE, S.; ALEMU, T.; KASSA, B.; FORBES, G. Evaluation of contact fungicide spray regimes for control of late blight (*Phytophthora infestans*) in southern Ethiopia using potato cultivars with different levels of host resistance. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n.1, p. 21-27, 2011.

MEROTTO JR., A.; PITELLI, R.A.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G.; SCHUMM, K.C. Redução nas interferências de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch. em milho através de capinas e aplicação de herbicidas em diferentes épocas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.18, n.3, p.471-477, 2000.

MEYER, G.A.; KOVALESKI, A.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M. Seletividade de agrotóxicos usados na cultura da macieira a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: PHYTOSEIIDAE). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.31, n.2, p.381-387, 2009.

MILES, M. R.; LEVY, C.; MOREL, W.; MUELLER, T.; STEINLAGE, T.; VAN RIJ, N.; FREDERICK, R. D.; HARTAMAN, G. L. International fungicide efficacy trials for the management of soybean rust. **Plant Disease**, v. 91, n.11, p. 1450-1458, 2007.

MIRANDA, L.L.D.; COELHO, A.L.; FERREIRA, J.M.G. Influência da época de aplicação de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (hemiptera: Cercopidae), na qualidade e na produtividade da cana-de-açúcar. **Neotropical Entomology**, v.33, n.1, p.91-98, 2004.

MOTA, A.A.B.; ANTUNIASSI, U.R. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Energia na Agricultura**, v.28, n.1, p.1-5, 2013.

MUELLER, T. A.; MILES, M. R.; MOREL, W.; MAROIS, J. J.; WRIGHT, D. L.; KEMERAIT, R. C.; LEVY, C.; HARTAMAN, G. L. Effect of fungicide and timing of application on soybean rust severity and yield. **Plant Disease**, v. 93, n. 3, p. 243-248, 2009.

NASCIMENTO, A.B.; OLVEIRA, G.M.; BALAN, M. G.; HIGASHIBARA L. R.; ABI SAAB, O. J. G. Deposição de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.2, p. 105-116, 2012.

NASCIMENTO, J.M. GAVASSONI, W.L.; SOUZA, C.M.A.; BACCHI, L.M.A.; SERRA, A.P.; ZACCARON, M.L. Pontas de pulverização e horários de aplicação no controle químico de ferrugem asiática da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.5, p.2037-2048, 2013.

NIELSEN, C.M.; STEELE, K.D.; FORSTER, J.A.; ZABKIEWICZ. Influence of dose and molecular weight foliar mass uptake of surfactant. **New Zealand Plant Protection**, v.58, p. 174-178, 2005.

OLIVEIRA, A.R.; BOLLER, W; FORCELINI, C.A.; BLUM, R.; LOPES, A. Fungicidas, doses e volume de calda no controle da ferrugem da folha da aveia (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.48-55, 2007.

OLIVEIRA, G. M. Momentos, doses e taxas de aplicação de fungicida no controle da ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) e mancha amarela (*Pyrenophora tritici repentis*) do trigo. 2012. 55f. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

OLIVEIRA, G.M.; PEREIRA, D.D.; CAMARGO, L.C.M.; BALAN, M.G.; CANTERI, M.G.; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O.J.G. Controle da ferrugem da folha do trigo (*Puccinia triticina*) em diferentes momentos de aplicação de fungicida. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.80, n.4, p. 436-441, 2013.

OVEJERO, R.F.L.; FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Seletividade de herbicidas para a cultura do milho (*Zea mays*) aplicado em diferentes estádios fenológicos da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.3, p.413-419, 2003.

OZEKI, Yasuzo. Manual de aplicação aérea. São Paulo: Editora do Autor, 2006. 101p.

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

PARREIRA. D.F.; NEVES, W.S.; ZAMBOLIM, L. Resistência de fungos a fungicidas inibidores de quinona. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.3, n.2, p.24-34, 2009.

PAUL, P.A.; MADDEN, L.V.; BRADLEY C.A. ROBERTSON, A.E.; MUNKVOLD, G.P.; SHANER, G.; WISE, K.A.; MALVICK, D.K.; ALLEN, T.W.; GRYBAUSKAS, A.; VINCELLI, P.; ESKER, P. Meta-Analysis of yield response of hybrid field corn to foliar fungicides in the U.S. Corn Belt. **Phytopathology**, v. 101, n. 9, p. 1123-1132, 2011.

PERGHER, G.; PETRIS, R. The effect of air flow rate on spray deposition in a Guyot-trained vineyard. **Agricultural Engineering International**, v. X, 2008

PESSOA, M.C.P.Y.; CHAIM, A. Programa computacional para estimativa de uniformidade de gotas de herbicidas aplicados por pulverização aérea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p. 45-56, 1999.

PETTER, F.A.; PROCOPIO, S.O.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BARROSO, A.L.L.; PACHECO, L.P.; BUENO, A.F. Associações entre o herbicida glyphosate e inseticidas na cultura da soja roundup ready. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.25, n. 2, p. 389-398, 2007.

PONTELLI, C. O.; MUCHERONI, M. F. Validação do modelo de uma suspensão de barra utilizada em pulverizadores tracionados. **Minerva - Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n. 2, p.189-196, 2009.

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

- RAMOS, H.H.; PIO, L.C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. Viçosa: UFV, 2008. p.133-200.
- REIS, E.M.; BRESOLIN, A.C.R. Sistemas de previsão de doenças de plantas. In: Reis, E.M. Previsão de doenças de plantas. Passo Fundo: UPF, 2004. p.155-287.
- RODRIGUEZ, V.A.; AVANZA, M.M.; MAZZA, S.M.; GIMÉNEZ, L.I. Efecto del pyraclostrobin en el control de mancha negra de los cítricos. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.4, p.334-337, 2010.
- ROMAN, R.A.A.; CORTEZ, J.W.; FERREIRA, M.C.; OLIVEIRA, R.G. Cobertura da cultura da soja pela calda de fungicida em função das pontas de pulverização e volumes de aplicação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.3, p.223-232, 2009.
- ROSEMBERG, M.S.; GARRET, K.A.; SU, Z.; BOWDEN, R.L. Meta-Analysis in plant pathology: synthesizing research results. **Phytopathology**, v. 94, n.9, p. 1013-1017, 2004.
- SÁ PEREIRA, E.; VELINI, E.D.; CARVALHO, L.R.; MAIMONI-RODELLA, R.C.S. Avaliações qualitativas e quantitativas de plantas daninhas na cultura da soja submetida aos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, 2000.
- SALYANI, M.; FOX, R. D. Performance of image analysis for assesment of simulated spray droplet distribution. St. Joseph: ASAE, 1994. p. 1083-1089
- SALYANI, M.; FOX, R. D. Evaluation of spray quality by Oil- and Water-sensitive papers, **ASAE**, v.42, n.1. p.41-43, 1999.
- SANTOS, J.L.; CONSTATIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; INOUE, M.H.; SALES, J.G.C.; HOMEM, L.M. Influência do orvalho na eficiência do glyphosate sobre *Brachiaria decumbens*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.22, n.2, p.285-291, 2004.
- SASAKI, R.S.; TEIXEIRA, M.M.; SANTIAGO, H.; MADUREIRA, R.P.; MACIEL, C.F.S.; FERNANDES, H.C. Adjuvantes nas propriedade físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, v. 45, n.2, Santa Maria, p. 2-7, 2015.
- SCHERM, H.; ESKER, P.D.; DEL PONTE, E.M.; GODOY, C.V. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. **Crop Protection**, v. 28, p. 774–782, 2009.
- SHAW, D.V.; LARSON, K.D. A Meta-analysis of strawberry yield response to preplant soil fumigation with combinations of methyl bromide–chloropicrin and four alternative systems. **Hortscience**, v. 34, n.5, p. 839–845, 1999.
- SILVA, M.T.B. Fatores que afetam a eficiência de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* Smith em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 383-387, 1999.
- SILVEIRA, G. M. Máquinas para Plantio e Condução das Culturas. v. 3, Viçosa-MG: Aprenda Fácil Editora, 2001, 336 p.

SMITH, M. L.; GLASS, G. V. Meta-analysis of psychotherapy outcome studies. **American Psychologist**, v. 32, p.752-760, 1977.

SOARES, W.L.; PORTO, M.F.S. Estimating the social cost of pesticide use: An assessment from acute poisoning in Brazil. **Ecological Economics**, v.68, n.10, p.2721-2828, 2009.

SOUSA, M.R.; RIBEIRO, A.L.P. Revisão sistemática e meta-análise de estudos de Diagnóstico e Prognóstico: um tutorial. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 92, n.3, p. 241-251, 2009.

SOUZA, L.A.; CUNHA, J.P.A.R.; PAVANIN, L.A. Deposição do herbicida 2,4-D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 78-85, 2012.

SOUZA, B.J.R.; PEREZ, P.H.; BAUER, F.C.; RAETANO, C.G; NETO P.H.W.; GARCIA, L.C. Adjuvantes em pulverizações de fungicidas na cultura do trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.8, p.1398-1403, ago, 2014.

TURNER, C.R.; HUNTINGTON, K.A. The use of water sensitive dye for the detection and assessment of small spray droplets. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.15, n.4. p.385-387, 1970.

VARGAS, L.; ROMAN, E.S. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006, 23p. (Documentos online 62). Disponível em: [HTTP://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62.htm) Acessado em 13 de abril de 2012.

VIANA, R.G.; FERREIRA, L.R.; TEIXEIRA, M.M.; CECOM, P.R.; FREITAS, F.C.L.; QUIRINO, A.L.S.; SANTOS, M.V. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-11. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.1, p.211-218, 2007.

VIANA, R.G.; FERREIRA, L.R.; TEIXEIRA, M.M.; CECOM, P.R.; SOUZA, G.V.R.; Deposição de gotas no dossel da soja por diferentes pontas de pulverização hidráulica e pressões de trabalho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.16, n.4, 428-435, 2008.

VICENT, A.; ARMENGOL, J.; GARCIA JIMENEZ, J. Protectant activity of reduced concentration copper sprays against *Alternaria* brown spot on 'Fortune' mandarin fruit in Spain. **Crop Protection**, v. 28, p.1-6, 2009.

VICTORIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. Viçosa: UFV, 2003. 376p.

VIGANO, L.L.S.; RAETANO, C.G. Assistência de ar e volumes de aplicação da deposição de cada e no controle do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.734-741, set./dez. 2007.

VINCELLI, P.; DIXON, E. Resistance to Q₀I (Strobilurin-like) fungicides in isolates of *Pyricularia grisea* from perennial ryegrass. **Plant disease**, v.86, n.3, p. 235-240, 2002.

WANG, C.J.; LIU, Z.Q. Foliar uptake of pesticides – Present status and future challenge. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.87, n.1, p. 1–8, 2007.

WEICHEL, L.; NAUEN, R. Uptake, translocation and bioavailability of imidacloprid in several varieties. **Pesticide Management Science**, v. 60, p.440–446, 2003.

WENNEKER, M.; VAN DE ZANDE, J.C. Drift reduction in orchard spraying using a cross flow sprayer equipped with reflection shields (Wanner) and air injection nozzles. **Agricultural Engineering International**, v. X, 2008.

YANG, X.B. Framework development in plant disease risk assessment and its application. **European journal of plant pathology**, v.115, p.25-34, 2006.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; KUNZ, R.P. Efeitos de métodos e épocas de controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p.143-150, 2000.

ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W.C. O essencial dos fungicidas empregados no controle de doenças – parte básica. In: ZAMBOLIM, L.; PICANÇO, M.C.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; JESUS JUNIOR, W.C. Produtos fitossanitários (fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas). Viçosa, MG: UFV/DFP, 652p., 2008.