



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

FERNANDO LUIZ BUSS TUPICH

**METANÁLISE DO GANHO DE PRODUTIVIDADE DA SOJA
COM APLICAÇÕES DE FLUAZINAM PARA O CONTROLE
DO MOFO BRANCO**

Londrina
2015

FERNANDO LUIZ BUSS TUPICH

**METANÁLISE DO GANHO DE PRODUTIVIDADE DA SOJA
COM APLICAÇÕES DE FLUAZINAM PARA O CONTROLE
DO MOFO BRANCO**

Projeto de pesquisa de Dissertação de Mestrado apresentado ao Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Marcelo G. Canteri.

Londrina
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T928m	<p>Tupich, Fernando Luiz Buss. Metanálise do ganho de produtividade da soja com aplicações de fluazinam para o controle do mofo branco / Fernando Luiz Buss Tupich. - Londrina, 2015. 42 f. : il.</p> <p>Orientador: Marcelo Giovanetti Canteri. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015.</p> <p>1. Sclerotinia sclerotiorum. 2. Fungicidas. 3. Soja - Doenças e pragas - Controle. 4. Soja - Produtividade. 5. Fungicidas. 6. Soybean - Productivity</p> <p>CDU 632.952</p>
-------	---

FERNANDO LUIZ BUSS TUPICH

**METANÁLISE DO GANHO DE PRODUTIVIDADE DA SOJA COM
APLICAÇÕES DE FLUAZINAM PARA O CONTROLE DO MOFO
BRANCO**

Projeto de pesquisa de Dissertação de Mestrado apresentada ao departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcelo G. Canteri
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Emerson Del Ponte
Universidade Federal de Viçosa - UFV

Londrina, 18 de novembro de 2015.

*“Dedico este trabalho à minha filha
Isabella e esposa Tracy Mara, que são
as razões da minha constante busca
ao crescimento...”*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família pelo constante apoio e motivação durante este período de forte dedicação ao crescimento como pesquisador.

À Universidade Estadual de Londrina – UEL e seu programa de Pós-graduação em Agronomia, por proporcionar o curso e seus professores pela constante ajuda ao nosso desenvolvimento.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Marcelo Canteri, pelo exemplo de profissional a ser constantemente seguido, sempre buscando estimular meu desenvolvimento nos novos desafios de pesquisa. Espero que eu possa ajudar tantas pessoas a serem melhores assim como ele faz.

Agradeço a IHARA, empresa com visão inovadora, que me estimulou muito ao crescimento como pesquisador principalmente nas pessoas dos senhores Hélio Tukamoto, João Conrado Havryluk e Ronaldo Machado que foram fortes responsáveis por eu assumir este desafio.

Agradeço à Fundação ABC e aos senhores Rodrigo Yoiti Tsukahara, José de Freitas, Carlos André Shipanski, entre outros, que sempre estiveram dispostos a nos ajudar na condução dos ensaios e análise de resultados.

Aos colegas de Mestrado André Luís Silva e Douglas Peitl pela ajuda no desafio da retomada do estudo acadêmico.

Agradeço aos Professores David Jaccoud Filho e Rui Scaramella Furiatti pelo constante suporte em minha vida acadêmica e profissional, também dois exemplos a serem seguidos.

E finalmente, aos colegas de trabalho, Carlos Augusto da Silva, Diego Lisboa Brizola e Charles Almeida Lara, que foram fundamentais para minha busca de crescimento acadêmico

TUPICH, Fernando Luiz Buss. **Metanálise do ganho de produtividade da soja com aplicações de fluazinam para o controle do Mofo branco**. 2015. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* incide nos cultivos de soja causando danos diretos em produtividade devido a morte de plantas. Dentre as técnicas de manejo para a doença, o controle químico atua na prevenção de infecção pelo fungo atuando no controle de sua incidência e severidade. Para estudar o efeito entre o controle químico e a resposta proporcionada pelo mesmo em produtividade, novas técnicas estatísticas têm sido utilizadas, como a metanálise, que sumariza quantitativamente diversos estudos, estimando a resposta do tratamento em questão com a ponderação da variabilidade dos estudos para um maior ou menor peso na estimativa final. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do tratamento químico com o fungicida fluazinam, sobre a produtividade de cultivos de soja. Efetuou-se revisão bibliográfica de estudos publicados e relatórios técnicos fornecidos por entidades de pesquisa. Totalizaram-se 50 entradas de dados obtidas de 18 estudos. Como critério de seleção de dados, buscou-se aquelas entradas de dados que possuíam duas aplicações de fungicida fluazinam ($500 \text{ g i.a.}\cdot\text{ha}^{-1}$), padronizando-se assim o manejo da doença entre todas as entradas de dados. Com base neste critério, excluiu-se 7 entradas de dados que possuíam apenas uma aplicação de fungicida, restando assim 43 entradas de dados consideradas para a metanálise. A metanálise de modelos aleatórios foi conduzida considerando como efeito de tratamento a diferença entre o tratamento com fluazinam e o tratamento testemunha (sem aplicação), obtendo-se como estimativa metanalítica final da metanálise, $512,77 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ com amplitude de 388,52 a $637,02 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Com base na estimativa metanalítica e a variância entre os estudos (τ^2), estimou-se a probabilidade de ganho em produtividade para incrementos na magnitude de 120, 300, 600, 900 e $1.200 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, que foram respectivamente 82,8; 69,6; 41,7; 17,6 e 4,9%. Ainda, estimou-se a probabilidade de que haja perda de produtividade na utilização do fungicida, 10,9% e ganho em produtividade de qualquer magnitude, 89,1%. Estimou-se ainda, considerando-se o custo da saca da soja de R\$50,00 e do tratamento com o fungicida de $\text{R}\$170,00\cdot\text{ha}^{-1}$, a probabilidade para que se houvesse retorno financeiro com o manejo do fungicida, estimada em 77,1% .

Palavras-chave: *Sclerotinia sclerotiorum*. Controle químico. Modelo de efeitos aleatórios.

TUPICH, Fernando Luiz Buss. **Meta-analysis of soybean yield improvement under fluazinam treatment aiming white mold control**. 2015. 42 p. Master Degree Thesis (Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

White mold affects directly on soybean yield causing plants death. Among the available management tools, chemical control acts by preventing fungi infection by decreasing its incidence and severity. To study the effect of chemical control over crop yield, new statistical tools can be used, such as meta-analysis, which quantitatively summarizes several studies estimating a treatment answer by pondering the studies variability for a higher influence on the final estimative. This study had as its goal to evaluate chemical treatment with fluazinam fungicide over soybean yield. It was performed a bibliographic review of published studies and technical reports provided by research companies. They amounted 50 data entries from 18 different studies. As data selection criteria, it was selected those data with two fluazinam (500g a.i.ha^{-1}) applications, standardizing disease management among all data entries. Based on this criterion, it was excluded 7 data entries, totalizing 43 data for meta-analysis. Random effects meta-analysis was performed considering as treatment effect the yield difference between fluazinam treated and control (untreated), obtaining as meta-analytic estimative, $512,77\text{ Kg.ha}^{-1}$, lower confidence interval of $388,52\text{ Kg.ha}^{-1}$ and upper confidence interval of $637,02\text{ Kg.ha}^{-1}$. It was estimated yield gain probability by using the meta-analytic estimative and its variability (τ^2) on different magnitudes: 120, 300, 600, 900 and 1.200 Kg.ha^{-1} which were respectively 82,8; 69,6; 41,7; 17,6 and 4,9%. Also, it was estimated, considering soybean sack cost as R\$50,00 and fluazinam treatment at R\$170,00, the probability that it was achieved financial return by fluazinam application, which was estimated at 77,1% of probability .

Keywords: *Sclerotinia sclerotiorum*. Chemical control. Random effects model.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO MOFO BRANCO DA SOJA	10
2.1.1	Epidemiologia da doença	11
2.2	MANEJO DO MOFO BRANCO DA SOJA	13
2.3	METANÁLISE.	15
2.3.1	Modelos de Efeitos Fixos	16
2.3.2	Modelos de Efeitos Aleatórios	16
2.3.3	Metanálise na Fitopatologia	18
3	ARTIGO: METANÁLISE DO GANHO DE PRODUTIVIDADE DA SOJA COM APLICAÇÕES DE FLUAZINAM PARA O CONTROLE DO MOFO BRANCO	20
3.1	INTRODUÇÃO.....	20
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.2.1	Seleção das Entradas de Dados para Metanálise	21
3.2.2	Estimativa do Erro Padrão	23
3.2.3	Metanálise dos Dados	23
3.2.4	Probabilidade de Ganho em Produtividade	24
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.3.1	Metanálise de Efeitos Aleatórios	25
3.3.2	Probabilidade de Ganho em Produtividade	29
4	CONCLUSÕES.....	31
	REFERÊNCIAS	32
	ANEXOS	36
	ANEXO A – Referência bibliográfica dos 43 dados utilizados na metanálise de publicações)	38

1 INTRODUÇÃO

Presente em 25,5% da área de soja plantada no Brasil, o mofo branco, causado por *Sclerotinia sclerotiorum*, tem apresentado importância crescente no contexto agrícola, pois além de infectar em torno de 696 hospedeiros, produz escleródios que facilitam sua disseminação e permitem a sobrevivência do patógeno na mesma área (MEYER et al. 2014; FARR; ROSSMAN, 2015).

Diversos fatores influenciam o dano que o mofo branco causa nas culturas em que incide, sendo que fatores relacionados ao ambiente, como temperatura e umidade, relacionam-se com a disseminação, infecção e colonização do fungo.

Assim, se faz necessário a aplicação de técnicas culturais de controle do patógeno, como rotação de culturas, densidade de plantio, época de semeadura desfavorável e também práticas de controle químico, como tratamento de sementes e pulverização foliar. Dentre os princípios ativos utilizadas no manejo químico do mofo branco, destaca-se o fluazinam, fungicida de ação protetora, que inibe a fosforilação oxidativa do fungo, prevenindo a formação de ATP. O fluazinam é um dos fungicidas com melhor eficácia utilizado no manejo químico do mofo branco (MEYER et al. 2014).

O controle químico do mofo branco da soja é utilizado com o objetivo de reduzir a incidência e severidade da doença, garantindo assim maior produtividade da cultura. Entretanto, a resposta em produtividade de soja frente a utilização de fungicidas no controle de mofo branco nem sempre apresenta resultados em que a resposta da aplicação do fungicida é significativamente maior que o não tratamento químico visando o controle da doença.

Assim, algumas técnicas estatísticas podem fornecer estimativas de análise conjunta de estudos com variados resultados. A metanálise consiste em sumarizar quantitativamente resultados de diversos estudos de modo que seja considerada a variabilidade de cada estudo na influência que este terá na estimativa dos resultados.

Na fitopatologia, a metanálise tem sido empregada principalmente com três objetivos: 1) comparar a eficácia de diferentes tratamentos químicos no manejo de doenças e redução da perda de produtividade, 2) quantificar a relação da

intensidade de doença e produtividade e 3) avaliar a interação de agentes de controle biológicos de patógenos (NGUGI et al. 2011).

O objetivo deste estudo foi quantificar, por modelos meta-analíticos, o retorno de produtividade da cultura da soja frente a aplicação do fungicida fluazinam, assumindo-se que diferentes níveis de incidência e severidade de mofo branco influenciam a produtividade da cultura da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO MOFO BRANCO DA SOJA

Pertencente ao Filo Ascomycota, Ordem Helotiales, o fungo *S. sclerotiorum* infecta aproximadamente 696 espécies de plantas. A doença ocorre na maioria dos países com cultivos agrícolas, principalmente em clima temperado e subtropical (ALMEIDA et al. 2005, FARR; ROSSMAN, 2015).

Abawi e Grogan (1979), estudando a epidemiologia da doença, relatam que a via de infecção do mofo branco pode ser tanto pela parte aérea quanto pelo solo. Na parte aérea a infecção se dá por meio dos ascósporos, enquanto que no solo pode ser tanto por ascósporos quanto diretamente pelo micélio do fungo.

O fungo pode afetar toda parte aérea da planta, causando inicialmente lesões pequenas e aquosas que aumentam de tamanho rapidamente. As partes infectadas perdem a cor, tornando-se posteriormente de cor marrom, produzindo podridão mole nos tecidos (ALMEIDA et al. 2005; BIANCHINI et al. 2005; LEITE, 2005; MASSOLA; KRUGNER, 2011; FARR; ROSSMAN, 2013).

Posteriormente, sob condições favoráveis, desenvolve-se micélio branco e cotonoso sobre os tecidos, provocando a morte dos mesmos. Nesta fase, nota-se a formação de engrossamento micelial, que são os escleródios em formação. Estes são inicialmente brancos, tornando-se negros após sua maturação. Partes da planta que são infectadas, podem conter internamente os escleródios. Após caírem ao solo, os escleródios são submetidos a variações de temperatura e umidade que, quando favoráveis, estimulam a germinação e desenvolvimento dos apotécios. Estes produzem ascósporos, esporos que são liberados no ar e são responsáveis pela infecção das plantas (ABAWI; GROGAN. 1979; ALMEIDA et al. 2005; BIANCHINI et al. 2005; LEITE, 2005; MASSOLA; KRUGNER, 2011; FARR e ROSSMAN, 2013).

A infecção ocorre normalmente na junção do ramo com o pecíolo, onde ficam aderidas pétalas e folhas caídas, coincidindo assim, a infecção, com o fechamento da cultura e florescimento das plantas (BIANCHINI et al. 2005).

Os ascósporos necessitam de agente externo como fonte de energia

para auxiliar na sua infecção, geralmente se utilizando de pétalas que caem sobre as plantas. Entretanto, os ascósporos infectam rapidamente plantas com injúrias mecânicas ou necroses causadas por outros patógenos, o que explicaria a incidência de mofo branco mesmo antes do florescimento da cultura. Assim como para as demais fases da doença, a infecção dos ascósporos está diretamente relacionada com a umidade na folha, onde 48-72h de períodos de molhamento já favorecem a infecção (ABAWI; GROGAN, 1979; KORA et al. 2005).

2.1.1 Epidemiologia da Doença

A intensidade com que o fungo irá danificar as plantas e se disseminar varia de acordo com fatores relacionados a condições climáticas (temperatura, umidade relativa, molhamento foliar, radiação solar, entre outros), fatores relacionados a tratos culturais como espaçamento de plantio, densidade populacional, germoplasma suscetível, adubação. Ainda, qualquer outra prática que venha a estimular dossel vegetal mais denso, acarretando em maior umidade e menores temperaturas. Entretanto, estes fatores não são dependentes entre si para a presença e danos de mofo branco, mesmo com cultivares tolerantes, mas as condições de ambiente e patógeno forem favoráveis, teremos a presença da doença (BOLAND; HALL, 1988; KURLE et al. 2001; ALMEIDA et al. 2005; BIANCHINI et al. 2005; LEITE, 2005; MUELLER et al. 2004).

A temperatura também influencia a germinação carpogênica (emissão de apotécios), Abawi e Grogan (1979) relatam que escleródios submetidos a umidade constante e em temperaturas entre 11 e 15 °C produziram mais rapidamente apotécios viáveis. Entretanto, a faixa em que se observa a emissão de apotécios é bastante ampla, abrangendo temperaturas entre 5 e 30°C, concluindo assim, que a temperatura não seria fator limitante na emissão de apotécios.

Após sua liberação, os ascósporos ainda dependem principalmente de umidade para se manterem viáveis. Abawi e Grogan (1979) relatam que com umidade relativa de 7%, estes podem se manter viáveis por até 21 dias, enquanto que a 100% de umidade a viabilidade é de apenas 5 dias em condições de laboratórios. Em condições de campo, observaram viabilidade de 12 dias na cultura do feijoeiro.

A produção de apotécios está condicionada a condições ambientais,

dependendo da interação das mesmas para ocorrer, ela relaciona-se com intensidade de luz, umidade, temperatura e graus dia que o escleródio é submetido. Menor quantidade de luz (80 a $90 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) necessita de menor temperatura (12 a 18°C) para emissão de apotécios, independentemente umidade no solo. Sob maior luminosidade (120 a $130 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), foi necessária quantidade de dias mais baixa e a temperatura ótima para emissão de apotécios aumentou para 20°C . Quanto a relação da emissão de apotécios e graus dia, observou-se que a partir de 160 graus dia iniciou-se a emissão de apotécios, encerrando aos 900 graus dia sob alta quantidade de luz e reduzindo-se a intensidade de luz aumentou-se a necessidade de graus dia iniciando e finalizando a emissão aos 760 e 1.720 graus dia respectivamente (SUN; XANG, 2000).

As condições climáticas como temperatura e pluviosidade também influenciam o comportamento da doença no campo. Quando as condições climáticas são favoráveis ao maior crescimento vegetativo da planta, a infecção e desenvolvimento da doença é favorecido (BOLAND; HALL, 1988; KURLE et al., 2001).

Workneh e Yang (2000) constataram que não houve interação entre pluviosidade e o desenvolvimento de mofo branco, atribuindo a isso o fato de que a quantidade total de chuva no período de condução do ensaio foi suficiente para necessidade da doença. O mesmo não foi constatado para o fator temperatura, onde os autores têm resultados semelhantes ao o estudo realizado por Kurle et al. (2001), quando tiveram temperaturas abaixo da temperatura normal da região, houve maior desenvolvimento da doença.

Com relação ao período de molhamento foliar, Mueller et al. (2004) constataram que o desenvolvimento do mofo branco em soja se deu entre 40 e 112 horas de molhamento e temperatura de 12 a 24°C , faixa de temperatura muito próxima à sugerida por Almeida et al. (2005). Já na cultura do feijoeiro, Abawi e Grogan (1975) relataram que de 48 a 72 h de molhamento foliar já é suficiente para o aparecimento da doença e Bianchini et al. (2005) sugere faixa de temperatura mais ampla, de 5 a 30°C .

Porter (2012), estudando a influência de diferentes temperaturas e períodos de alta umidade relativa em ervilha, verificou que a partir de 24h de alta umidade pode-se observar lesões de *S. sclerotiorum* e ainda com 48h já houve o favorecimento de significativas lesões na haste da planta. Quanto à temperatura,

observou que o desenvolvimento da doença foi mais pronunciado a 21,1°C, onde acima desta temperatura já houve o desfavorecimento ao desenvolvimento da doença.

Pennypacker e Risius (1999) relatam em seu estudo que práticas de manejo como espaçamento de plantio mais curto, maior densidade populacional, antecipação de data de plantio e alta fertilidade de solo, que objetivam aumento de produtividade de soja, criam condições favoráveis para o desenvolvimento de mofo branco na planta pelo favorecimento do microclima no desenvolvimento do mesmo.

Rousseau et al. (2006), estudando os efeitos multivariados em dossel vegetal, rotação de culturas e a severidade de *S. sclerotiorum*, verificaram que o plantio de 3 anos sucessivos de milho está correlacionado com posterior redução de severidade de mofo branco e consequente aumento de produtividade de soja, verificando ainda forte relação de severidade da doença também com tipo de solo, onde atribuiu a solo mais argiloso, maior probabilidade de desenvolvimento de doença, principalmente por maior retenção de umidade ocasionando melhor microclima para o desenvolvimento da doença.

Quanto a germinação carpogênica, levantou a hipótese de que há relação entre as propriedades físicas de solos com a supressão da doença, pois em solo argiloso constatou maior germinação em comparação a solo de textura arenosa. Ainda, com o aumento de matéria orgânica no solo houve o aumento no desenvolvimento de mofo branco na cultura do feijoeiro (ROUSSEAU et al. 2007).

2.2 MANEJO DE MOFO BRANCO DA SOJA

Com relação ao controle químico de *S. sclerotiorum* com fungicidas, algumas condições devem ser seguidas para o sucesso do mesmo. Mueller et al. (2004) justifica que a necessidade de aplicação de fungicidas deve ser regida pelo estágio de desenvolvimento da cultura, pois a fonte de infecção primária de mofo branco é a pétala floral. Os autores atribuem ainda, o insucesso do controle químico a deficiente cobertura das pétalas no momento da aplicação, não as protegendo assim, da infecção. O trabalho sugere que a época ideal de aplicação do fungicida é após o florescimento e a segunda aplicação se faz necessária para redução da incidência e severidade de mofo branco, concordando com Almeida et al. (2005), os quais afirmam que na cultura da soja a fase mais suscetível é de floração plena (R2)

ao início de formação de vagens (R3/R4).

Devido ao alto poder destrutivo do mofo branco, se faz necessária a utilização de fungicidas como ferramenta em seu manejo. A eficiência desta ferramenta está relacionada prioritariamente, no caráter preventivo de seu uso (JULIATTI et al. 2010). Meyer et al. (2014), relatam que com relação a época de aplicação dos fungicidas, deve ser realizada principalmente no período de maior vulnerabilidade da planta ao patógeno (início da floração até o início da formação de vagem).

Dentre os fungicidas mais utilizados no controle de mofo branco é o fluazinam, que se caracteriza pela inibição da fosforilação oxidativa que previne a formação da molécula de ATP (RODRIGUES, 2006).

Estudando diferentes fungicidas para o controle químico de mofo branco, constatou que a utilização do fungicida fluazinam foi benéfica no manejo da doença, sendo que foi constatada perda de produtividade em até 39,5% sem a aplicação de fungicidas no controle de mofo branco (JULIATTI et al. 2010).

Com relação ao efeito da doença e seu controle, em produtividade da soja, Meyer et al. (2012) constataram que a doença reduziu em até 25% a mesma com incidência de doença variando de 34 a 44%. Ainda o fungicida fluazinam teve eficácia variando entre 82 a 86%.

Araújo et al. (2012), estudando diferentes formas de controle de mofo branco, constataram que os fungicidas procimidone e fluazinam foram os tratamentos mais eficientes na redução de incidência de mofo branco, apresentando 71% de controle na safra 2009/1010 e 77% na safra 2010/2011.

Wutski et al. (2012) constataram que a aplicação de fluazinam proporcionou a menor incidência de doença, variando entre 8 a 27,5% contra 49 a 57% de incidência na testemunha (sem aplicação de fungicida). Entretanto, mesmo proporcionando menor incidência, a produtividade não diferiu estatisticamente da testemunha.

Já Jaccoud Filho et al. (2010) e Jaccoud Filho et al. (2011) constataram controle de incidência e severidade de mofo branco de 80 a 98% com a utilização de fluazinam, com aumento de produtividade de 29 a 33 % quando comparado ao tratamento sem aplicação de fungicida.

Utiamada et al. (2013), em seu estudo, constatou que o tratamento com fluazinam proporcionou 40,75% de incidência e 9% de severidade, frente a

58,25% e 22,80% de incidência e severidade proporcionadas pelo tratamento sem aplicação de fungicida, refletindo assim em produtividade superior no tratamento com fluazinam de aproximadamente 16%. Gianchini et al. (2012), verificaram que duas aplicações de fluazinam tiveram 97,5% de eficácia na inibição da formação de apotécios, sendo que aqueles que emergiram formaram estirpes inviáveis.

2.3 METANÁLISE

A pesquisa pode ser categorizada em dois grupos, a pesquisa de caráter primário, que consiste naquela que o pesquisador investiga determinado fenômeno, e a síntese de pesquisas, na qual o pesquisador revisa e sumariza a pesquisa primária, uma forma de analisar a sumarização de pesquisas é a metanálise (ROSENBERG et al. 2004; BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN e PAUL, 2009; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010; MADDEN e PAUL, 2011; NGUGI et al., 2011).

Enquanto pode-se aplicar a metanálise em qualquer conjunto de dados, esta somente será representativa se os dados forem coletados de forma sistemática, localizando, avaliando e então sintetizando os dados do maior número de fontes possível. Com isso, a metanálise pode prover poderoso resultado estatístico amplamente aceito para estimativas de magnitude, consistência e homogeneidade do efeito de interesse a ser avaliado (ROSENBERG et al. 2004; BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN; PAUL, 2009; RODRIGUES e ZIEGELMANN, 2010; MADDEN; PAUL, 2011; NGUGI et al., 2011).

A metanálise, onde a variabilidade individual de cada ensaio influencia o resultado final, estima de maneira ponderada o resultado final da sumarização de estudos, estimativa esta que se denomina estimativa metanalítica (BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN; PAUL, 2009; RODRIGUES e ZIEGELMANN, 2010; MADDEN; PAUL, 2011).

A maioria das metanálises são conduzidas em um de dois modelos estatísticos, o modelo de efeitos fixos ou modelo de efeitos aleatórios (BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN; PAUL, 2011).

No modelo de efeitos fixos, assume-se que existe o efeito de tratamento e que este se subjaz a todos os estudos na análise, e todas as diferenças observadas nos efeitos de tratamentos são devido a erros de

amostragem dos dados. Já no modelo de efeitos aleatórios, assume-se que o verdadeiro efeito dos tratamentos pode variar de estudo a estudo, assumindo que o comportamento da variável em questão variar em diferentes ambientes de amostragem (BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN; PAUL, 2011).

O resultado do estudo de metanálise é denominado de efeito estimado do tratamento, onde o efeito típico do estudo é a diferença entre duas médias, podendo também ser aplicada para o teste de hipótese e às vezes para verificar a distribuição dos efeitos entre diferentes ensaios ou determinar qual fator pode estar influenciando determinado efeito de tratamento. (ROSENBERG et al. 2004; BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN; PAUL, 2011).

2.3.1 Modelo de Efeitos Fixos

Sob o modelo de efeitos fixos, é assumido que todos os estudos na metanálise compartilham de influência comum, ou seja, os fatores que influenciam o efeito do tratamento avaliado são os mesmos em todos os estudos, sendo assim, o comportamento do tratamento avaliado também é o mesmo (BORENSTEIN et al. 2009; FIELD; GILLETT, 2010; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010).

Assim, qualquer variação entre estudos é atribuída ao erro amostral. Para minimizar a esta variação, são atribuídos pesos diferentes a cada estudo com base na média ponderada e a variância de cada estudo (BORENSTEIN et al. 2009; FIELD; GILLETT, 2010; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010; NGUGI et al. 2011).

O modelo de efeitos fixos é usado mediante duas condições, a primeira em que se assume que todos os estudos incluídos na análise são idênticos, e a segunda que se objetiva computar o efeito do tratamento para determinada população e não extrapolar o resultado para outras populações (BORENSTEIN et al. 2009; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010).

2.3.2 Modelo de Efeitos Aleatórios

Este modelo assume que o conjunto de estudos amostrados possui distribuição normal e o efeito do tratamento pode às vezes ser maior ou menor, variando de estudo para estudo (BORENSTEIN et al. 2009; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010; MADDEN; PAUL, 2011).

Assim, além do erro amostral, considerado no modelo de efeitos fixos, o modelo de efeitos aleatórios considera também a variação dos dados entre os estudos, sendo importante se obter alguma medida de dispersão dos mesmos, como desvio padrão, variância ou coeficiente de variação (BORENSTEIN et al. 2009; FIELD; GILLETT, 2010; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010; MADDEN; PAUL, 2011; NGUGI et al. 2011).

Borenstein et al. (2009) descrevem o efeito observado conforme abaixo:

$$Y_i = \mu + \zeta_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Onde,

Y_i - efeito observado do tratamento no estudo

ζ_i - variação real do efeito do tratamento

μ - média geral dos efeitos observados

ε_i - erro amostral

A diferença entre o efeito real do tratamento e cada efeito observado depende do desvio padrão da distribuição dos efeitos verdadeiros entre os estudos, chamado de τ (tau). Sua variância, τ^2 , se aplica a todos os estudos da metanálise (BORENSTEIN et al. 2009; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010 MADDEN; PAUL, 2011).

Com base no erro estimado em cada estudo e a variância entre estudos (τ^2) ponderam-se então os diferentes pesos de cada estudo no resultado final da metanálise. Por este motivo, este método é também conhecido como método do inverso das variâncias, esta medida de variabilidade possui relação direta com o tamanho da amostra, ou seja, quanto maior o tamanho da amostra, menor é a variância e maior é o peso do estudo na estimativa metanalítica (BORENSTEIN et al. 2009; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010 MADDEN; PAUL, 2011).

Para se combinar estudos através de metanálise, inicialmente deve se realizar revisão sistemática dos mesmos, que consiste em selecionar estudos que são semelhantes entre si em termos metodológicos, definido pela pessoa que está empregando a análise. Seguindo-se esta linha de pensamento, supõe-se mais lógico empregar o modelo de efeitos fixos nas análises, entretanto, deve-se considerar que as amostras tomadas nos ensaios fazem parte de uma população cujas amostras podem variar, influenciando assim no resultado final do estudo. Quando isto

acontece, assume-se que os estudos são heterogêneos. Na presença de heterogeneidade, análises complementares como metanálise de subgrupos e regressão podem ser feitas para explicar a variabilidade (RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010).

Existem duas maneiras mais usuais de se verificar se há heterogeneidade entre os estudos, através do teste Q de Cochran ou pela estatística I^2 de Higgins e Thompson, que objetivam definir que a heterogeneidade das medidas de efeito é constituída de duas fontes de variação: a verdadeira heterogeneidade e o erro aleatório (RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010).

Assim que for constatada a heterogeneidade entre estudos, pode-se aplicar então a metanálise de modelos mistos, ou de subgrupos, que estuda a presença de covariáveis, também chamadas de variáveis moderadoras. Este modelo permite identificar assim pelo menos parte do efeito da heterogeneidade dos estudos (VIECHTBAUER, 2010).

2.3.3 Metanálise na Fitopatologia

Na fitopatologia, foram empregadas diversas modalidades de metanálise. Borowicz (2001) empregou a técnica para avaliar a influência de fungos micorrízicos na relação planta-patógeno, em estudos publicados durante 18 anos, constatando que há influência na redução do patógeno devido à interação da planta com o fungo micorrízico.

No estudo de epidemiologia e manejo de doenças, a metanálise é utilizada basicamente para responder três perguntas: a primeira questão é se há efeito na eficácia de diferentes tratamentos químicos no manejo de doenças e redução da perda de produtividade. A segunda questão a ser respondida é na quantificação da relação da intensidade de doença e produtividade e a terceira questão para avaliar a interação de agentes de controle biológicos de patógenos ou simplesmente a eficácia de controle biológico de plantas daninhas ou doenças (NGUGI et al. 2011).

Rosemberg et al. (2004) e Madden e Paul (2011) realizaram estudos detalhando a aplicabilidade de metanálise em fitopatologia com foco na relação entre severidade de doença e produtividade, onde constata a correlação entre estas duas variáveis.

Posteriormente, iniciaram-se estudos avaliando a relação entre severidade de doença e variáveis de produção, Paul et al. (2006) estudaram a relação entre a doença causada pelo complexo fusarium do trigo e a micotoxina DON (deoxivalenol), o que levou ainda a futuros estudos com a interação entre fungicidas e a micotoxina.

Paul et al. (2007), Paul et al. (2008) e Paul et al. (2010), puderam através da metanálise de estudos realizados em diferentes safras e locais, constatar que diferentes fungicidas variam na redução do DON em trigo, correlacionando a aplicação de diferentes ingredientes ativos com severidade e produtividade.

Ojiambo et al. (2010), realizaram revisão sobre a eficácia de fungicidas no controle de míldio em cucurbitáceas, constatando-se assim, o benefício na utilização do fungicida no controle da doença. Ainda na avaliação do efeito de fungicidas sobre o controle de doenças e produtividade, Salam et al. (2013), estudando o efeito de fungicidas no controle de doenças em trigo, constatou através de metanálise que houve redução na perda de produtividade na utilização de fungicidas.

3 ARTIGO: METANÁLISE DO GANHO DE PRODUTIVIDADE DA SOJA COM APLICAÇÕES DE FLUAZINAM PARA O CONTROLE DO MOFO BRANCO

3.1 INTRODUÇÃO

O mofo branco da soja, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, incide em 25,5% da área de soja no Brasil, infectando 696 hospedeiros. O fungo ataca toda parte aérea da planta, causando podridão mole dos tecidos. Posteriormente, desenvolve-se micélio cotonoso, provocando a morte dos tecidos, e formação de escleródios (estruturas de sobrevivência do fungo). Os escleródios são responsáveis pela permanência do inóculo no solo e a partir deles, ocorre a infecção na safra posterior ou disseminação para novas áreas, pelo transporte dos mesmos misturados às sementes colhidas, via micélio aderidos à semente e por movimentação de maquinários, aderidos ao solo (ALMEIDA et al. 2005; BIANCHINI et al. 2005; LEITE, 2005; MASSOLA; KRUGNER, 2011; FARR; ROSSMAN, 2013).

O controle da doença está relacionado com as práticas culturais como rotação de culturas, época de semeadura, espaçamento e densidade de plantio, e também ao controle químico com fungicidas, tanto em tratamento de sementes como em aplicação foliar.

Dentre os fungicidas utilizados no manejo químico do mofo branco da soja, utiliza-se o fluazinam, fungicida de ação protetora, que previne a formação de ATP pelo fungo. Meyer et al. (2014), em resultados da rede de pesquisa de mofo branco, liderada pela EMBRAPA, constataram que o fluazinam destaca-se com uma das melhores eficácias de controle dentre os fungicidas utilizados no manejo químico do fungo.

O controle químico da doença é utilizado visando redução de incidência e severidade de doença na área, visando assim, garantir a produtividade da cultura da soja. A resposta em ganho de produtividade pode variar quanto ao diferente comportamento da doença frente às condições ambientais, que podem favorecer seu desenvolvimento. Assim, resultados de análise conjunta de ensaios podem vir a facilitar melhores conclusões quanto a esta resposta de produtividade.

Dentre as técnicas de sumarização de resultados, pode ser utilizada a metanálise, que consiste em uma sumarização quantitativa de estudos, onde a

variabilidade de cada estudo proporciona um nível de influência diferente do mesmo na estimativa final, denominada estimativa metanalítica.

A metanálise é uma técnica nova de análise estatística em ensaios agrícolas, sendo amplamente utilizada em estudos relacionados a área de saúde. Tem-se utilizado a técnica na fitopatologia principalmente em três situações: 1) na comparação de diferentes tratamentos químicos no manejo de doenças e produtividade dos cultivos, 2) quantificar a relação da intensidade de doença e produtividade e 3) avaliar interação de agentes de controle biológicos a patógenos (NGUGI et al. 2011).

Existem dois modelos principais de metanálise, o de efeitos fixos e de efeitos aleatórios. O modelo de efeitos fixos considera que todos os estudos sofrem a mesma influência e que a diferença entre seus resultados é devido ao erro amostral e que os estudos utilizados na metanálise representam a população total (BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN; PAUL, 2009; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010; MADDEN; PAUL, 2011; NGUGI et al. 2011).

Já o modelo de efeitos aleatórios entende que os estudos que serão analisados são amostras de parte de uma população e que ainda, as diferenças entre seus resultados sofrem influências características de cada local onde os estudos foram conduzidos, influência esta que caracteriza heterogeneidade entre os estudos. A heterogeneidade pode ser estudada analisando-se os estudos por metanálise de modelos mistos, que consiste em considerais possíveis variáveis moderadoras, ou covariáveis, que venham a influenciar as estimativas dos efeitos (BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN; PAUL, 2009; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010; MADDEN; PAUL, 2011; NGUGI et al. 2011).

Este estudo teve por objetivo quantificar por modelos metanalíticos, o retorno de produtividade da cultura da soja frente a aplicação do fungicida fluazinam, assumindo-se que diferentes níveis de incidência e severidade de mofo branco influenciam a produtividade.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Seleção das Entradas de Dados para Metanálise

Foram coletados estudos de controle químico de mofo branco

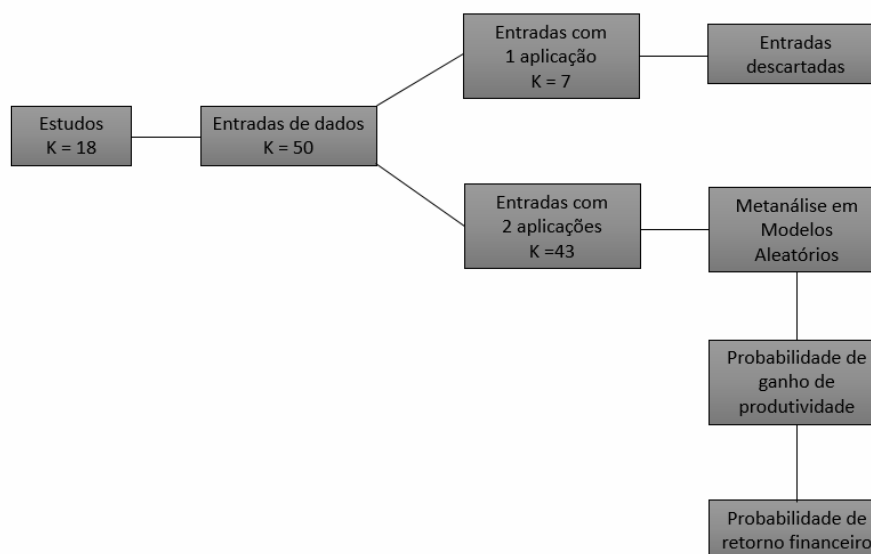
(*Sclerotinia sclerotiorum*) na cultura da soja para estimativa de resposta de produtividade da soja frente ao uso do fungicida fluazinam através de revisão de literatura e de dados de relatórios técnicos fornecidos pela empresa Iharabrás S/A Indústrias Químicas, conduzidos em parcerias com entidades de pesquisa no Brasil.

Estabeleceram-se alguns critérios para a seleção do estudo conforme apresentado na Figura 01. Inicialmente encontraram-se 18 estudos em que se foi utilizado o fungicida fluazinam no controle de mofo branco na cultura da soja.

A partir destes 18 estudos, selecionaram-se 50 possíveis entradas de dados para serem inseridas no conjunto de dados da metanálise. Como primeiro critério de seleção das entradas, verificou-se que sete delas continham uma aplicação de fluazinam para o controle da doença, assim, optou-se por excluí-las da análise em virtude do K estar abaixo de 30, valor mínimo considerado ideal por Borenstein et al. (2009).

As 43 entradas de dados restantes foram utilizadas na metanálise de modelos aleatórios considerando-se as diferenças de produtividade entre o tratamento com o fungicida fluazinam e a testemunha, como efeito do tratamento.

Figura 01 – Etapas da seleção e metanálise das diferenças de produtividade dos estudos de mofo branco na cultura da soja utilizando-se o fungicida fluazinam para seu manejo, selecionados em revisão bibliográfica. Londrina, 2015.



3.2.2 Estimativa do Erro Padrão

Como indicador da variabilidade da metanálise utilizou-se o erro padrão dos ensaios. Para sua estimativa, calculou-se primeiramente o desvio padrão de cada estudo através de seu coeficiente de variação. Para tal estimativa, utilizou-se a fórmula abaixo com base nas médias de produtividade dos tratamentos com fungicida e testemunha:

$$\sigma = \frac{\frac{Prod f + Prod t}{2} \cdot C.V}{100}$$

Onde,

σ - desvio padrão;

Prod f – média da produtividade do tratamento com fungicida;

Prod t – média da produtividade do tratamento testemunha;

C.V – coeficiente de variação do ensaio;

Assim, para cada entrada de dados utilizada na metanálise, estimou-se seu respectivo erro padrão conforme abaixo.

$$Erro\ padrão = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Onde,

σ - desvio padrão;

n – número de repetições do estudo;

3.2.3 Metanálise dos Dados

Assim que estimados todos os erros padrões, efetuou-se então a

metanálise em modelos aleatórios. A opção por este modelo de metanálise foi devido a assumir-se que os estudos analisados compõem uma amostra, fazendo assim parte de uma população.

Como efeito, ou magnitude do tratamento, considerou-se a diferença das produtividades entre o tratamento com fluazinam e o tratamento testemunha, sem aplicação de fungicida.

Embora tenha-se efetuado o teste Q de heterogeneidade e estimado o índice I^2 para verificar a condição de heterogeneidade, no presente estudo assumiu-se que a análise de modelos mistos não seria efetuada. Pois necessita-se, para estimativa precisa de metanálise de variáveis moderadoras, um número considerável de entradas de dados ($k > 30$) para que obtenha-se um resultado preciso.

3.2.4 Probabilidade de Ganho em Produtividade

Como resultado da metanálise de modelos aleatórios têm-se a estimativa metanalítica e valores de dispersão dos estudos, como a variância entre os estudos (τ^2). Assumindo-se que o conjunto tem distribuição normal, efetuou-se a estimativa da probabilidade do ganho em produtividade com a utilização do fungicida fluazinam no controle de mofo branco da soja. Para tal estimativa, seguiu-se metodologia proposta por Paul et al. (2008) e Madden e Paul (2011).

Onde a estimativa da probabilidade é dada por:

$$p_{\theta} = \Pr(\zeta_{new} > \theta) = 1 - \Phi\left(\frac{\theta - \zeta}{\sigma}\right)$$

Sendo que,

ζ_{new} = Efeito do tratamento a ser estimado

ϑ = Resposta da produtividade a ser estimada

σ = Variância entre os estudos

ζ = Estimativa metanalítica

ϕ = Função da Distribuição Normal

Detalhou-se a probabilidade de ganho em diferentes níveis de produtividade. Inicialmente estimou-se para produtividades maiores e menores que zero, de modo a verificar somente a probabilidade que o controle com fluazinam tem em proporcionar ganho em produtividade mediante sua utilização no manejo da doença. Posteriormente, estimaram-se as probabilidades de ganho para 120, 300, 600, 900 e 1.200 Kg.ha⁻¹ de soja mediante aplicação do fungicida.

3.2.4.1 Probabilidade de retorno financeiro com a aplicação fungicida

Ainda, seguindo-se a mesma metodologia da estimativa da probabilidade de ganho de produtividade, estimou-se a probabilidade do retorno financeiro com a aplicação do fungicida. Tomando-se como base o preço da saca de soja e o custo da aplicação, tem-se o custo em quilogramas de soja da aplicação do fungicida. Assim, estima-se a probabilidade de que se aplicando o fungicida, haja retorno financeiro.

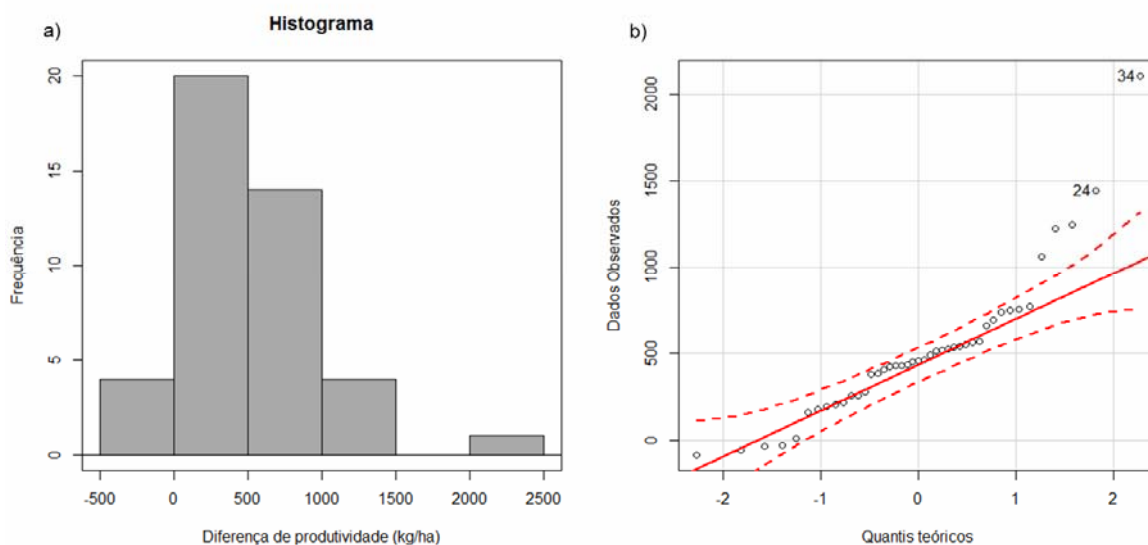
Para tal cálculo, tomou-se como base o custo de R\$50,00 por saca de soja e R\$170,00.ha⁻¹ o custo de duas aplicações do produto comercial que contém o fluazinam como ingrediente ativo. Obteve-se assim, o custo de 3,4 sacas de soja (204 Kg) por tratamento de duas aplicações de fluazinam.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Metanálise de Efeitos Aleatórios

Para verificação de normalidade dos dados de entrada utilizados, foram elaborados gráficos de probabilidade normal e histograma (Figura 1), assumindo-se assim a normalidade dos dados. Com base no comportamento normal dos dados, viabiliza-se então a realização da metanálise para uma sumarização dos mesmos.

Figura 1 – Representação da dispersão dos dados em a) Histograma e b) Gráfico de probabilidade normal (Q-Q Plot) da distribuição dos efeitos de tratamento com a utilização do fungicida fluazinam frente a ocorrência de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura da soja, para as 43 entradas de dados. Londrina, 2015.



Na Figura 2 estão apresentados os efeitos de tratamento de cada entrada de dado (coluna) com seus respectivos erros padrões (linha).

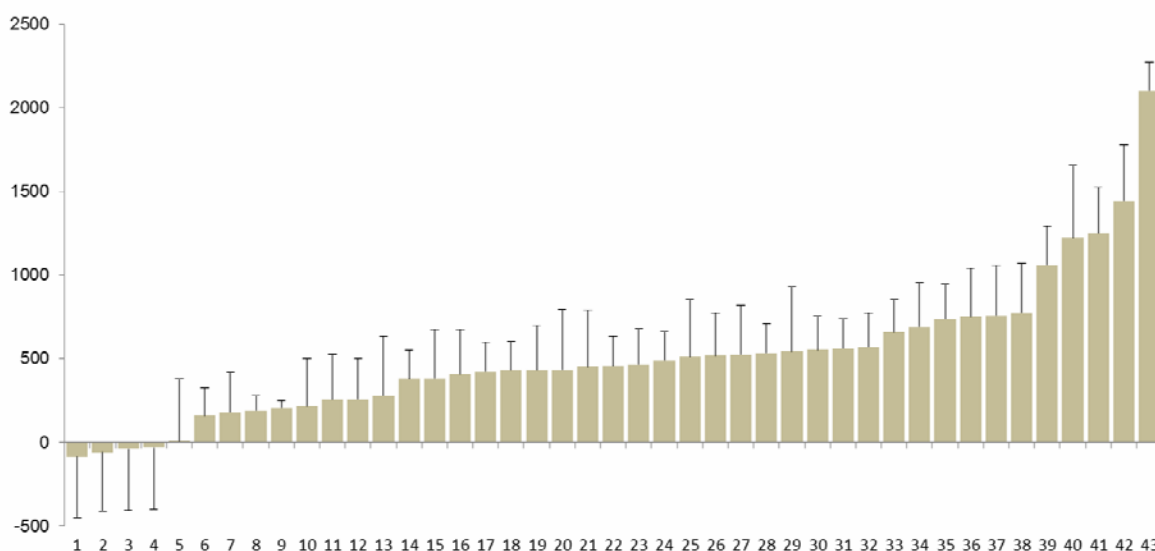
Constata-se que a grande maioria dos efeitos de tratamento encontradas em revisão bibliográfica foram positivas, este resultado pode se relacionar a que sejam publicados mais dados em que as diferenças de produtividade são significativas ou também que, quando se é programado um ensaio com a doença, buscam-se áreas com infestações mais altas, para que realmente

sejam observados efeitos entre os tratamentos.

Na Tabela 02, localizada no anexo do presente estudo, estão detalhadas a incidência e/ou severidade encontradas no tratamento testemunha dos estudos publicados, assim, nota-se que para o conjunto de dados utilizados na metanálise foram estudados em incidência de 2,5 a 64,5 % (24 entradas de dados) e severidade de 11,5 a 54,5% (19 entradas de dados). Ainda, 10 entradas de dados não apresentaram os índices de incidência e severidade, somente eficácia de controle do fungicida, sendo consideradas na metanálise por apresentarem as diferenças de produtividade dos tratamentos e o coeficiente de variação do estudo.

Como os dados coletados apresentaram diferentes níveis de incidência e severidade, pode-se afirmar que a estimativa do efeito dos tratamentos não está relacionada a maiores ou menores intensidades de doença, e sim sobre a resposta ao tratamento.

Figura 2 – Efeitos dos tratamentos em “forest plot” da resposta de produtividade das 43 entradas de dados utilizadas na metanálise de efeitos aleatórios do tratamento com a utilização do fungicida fluazinam frente a ocorrência de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura da soja. Londrina, 2015.



Como resultado final (estimativa metanalítica) obteve-se uma resposta positiva de produtividade na magnitude de 512,77 kg.ha⁻¹ quando se utilizou o fungicida fluazinam no controle da doença (Figura 3), resultado este significativo, pois sua amplitude de 388,51 a 637,30 não interceptam o valor zero

(Tabela 1).

A estimativa verificada no estudo indica inicialmente que há benefício em produtividade na utilização do fungicida, entretanto, como o teste Q foi significativo ($P_{valor} < 0,0001$) e o índice I^2 foi alto ($>75\%$), esta estimativa é influenciada por variáveis moderadoras, as quais no presente estudo não foram estudadas pois entendeu-se que a quantidade de estudos não seria suficiente para estimativa precisa da influência das mesmas sobre o ganho em produtividade.

O resultado em ganho de produtividade concorda com estudos realizados por Meyer et al. (2012), Jaccoud Filho et al. (2011) e Jaccoud Filho et al. (2012) e Utiamada et al. (2013), onde observaram produtividade superior com a utilização do fungicida fluazinam no controle de mofo branco e discordam de Wutski et al (2012), os quais encontram em seu estudo, em uma situação de 49 a 57% de incidência de doença no tratamento testemunha, não constataram perda de produtividade significativa em comparação ao tratamento com fungicida.

Figura 3 – Estimativa metanalítica obtida pela metanálise de modelos aleatórios das 43 respostas em produtividade da utilização do fungicida fluazinam frente a ocorrência de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura da soja. Londrina, 2015.

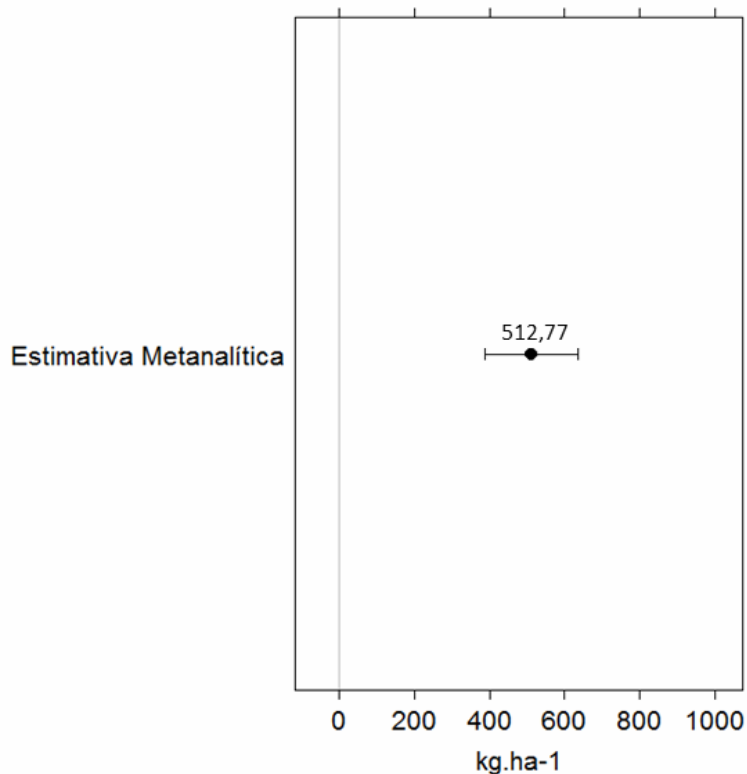


Tabela 1 – Estimativa metanalítica, τ^2 (variância entre os ensaios), P valor, limites inferiores e superiores da amplitude da estimativa metanalítica das análises da variável produtividade e índice I^2 dos obtidos da utilização do fungicida fluazinam visando o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura da soja. Londrina, 2015.

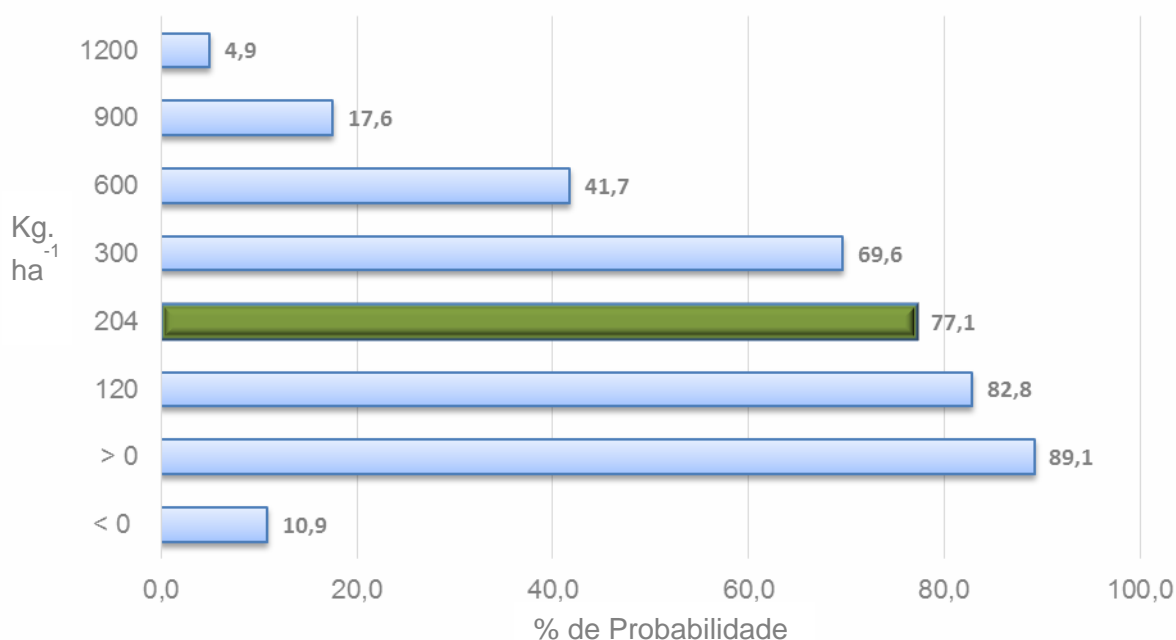
Variável	Estimativa metanalítica	P valor	Limite inferior	Limite Superior	τ^2	I^2 (%)
Produtividade	512,77	<0,0001*	388,51	637,30	172.553,11	99,87

* Significativo ao nível de no mínimo 1% de probabilidade.

3.3.2 Probabilidade de Ganho em Produtividade

A partir da estimativa metanalítica de 512,77 kg.ha⁻¹ pôde-se estimar a probabilidade de ganho em produtividade em diversas magnitudes, inclusive frente ao custo da soja e do tratamento com fluazinam, calculando-se assim a probabilidade de retorno financeiro frente a utilização do fluazinam (Figura 4).

Figura 4 – Probabilidade de ganho em produtividade estimada por metanálise de modelos aleatórios do conjunto de 43 entradas de dados para a cultura da soja comparando o efeito do tratamento do fungicida fluazinam em resposta a ocorrência de *Sclerotinia sclerotiorum*.



Observa-se na Figura 4 que se estimou 10,9% de probabilidade de que mesmo utilizando-se o fluazinam no controle de mofo branco da soja, haja produtividade menor que o não tratamento químico.

Este resultado está ligado às quatro entradas de dados em que se encontrou produtividade menor quando utilizado o fungicida, esperando-se assim que a estimativa estivesse relacionada a ganhos de produtividade.

Em contrapartida, estimou-se 89,1% de probabilidade de que haja ganho de produtividade independente da magnitude da mesma, quando utilizado o controle químico, comprovando-se a maior probabilidade de que haja benefício no manejo químico de mofo branco em maior produtividade.

Nota-se ainda que à medida que se estima a probabilidade para um ganho em produtividade maior, esta diminui, sendo 82,8, 69,6, 41,7, 17,6 e 4,9% para ganhos em 120, 300, 600, 900 e 1.200 Kg.ha⁻¹ respectivamente.

Para auxiliar tomada de decisão para o manejo químico da doença, a probabilidade de que se tenha retorno financeiro sobre o tratamento químico foi estimada. Para valor da saca de soja em R\$50,00 e do tratamento com o fluazinam R\$170,00, tem-se o custo em quilogramas de soja de 204 Kg.ha⁻¹ por tratamento e probabilidade de 77,1% para que se houvesse ganho nessa magnitude.

Uma vez que o valor da soja e o custo do fungicida variam por condições de mercado, a estimativa não é um valor fixo, entretanto serve de embasamento para a compreensão do retorno proporcionado pela utilização de fluazinam.

Uma vez que não foi possível conduzir a metanálise em modelos mistos, devido ao número reduzido de entrada de dados, recomenda-se a condução de estudos que correlacionem diferentes níveis de doença e sua resposta à diferentes tratamentos com fungicidas devem ser conduzidos visando quantificar o dano do mofo branco na cultura da soja e a respostas à diferentes técnicas de manejo.

4 CONCLUSÕES

Com 89,1% de probabilidade, a aplicação do fungicida fluazinam relaciona-se com ganho em produtividade de soja quando aplicado visando o controle do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*.

Quanto maior a produtividade estimada para resposta à aplicação de fluazinam, menor é a probabilidade de que a mesma ocorra, sendo de sendo 82,8, 69,6, 41,7, 17,6 e 4,9% para ganhos em 120, 300, 600, 900 e 1.200 Kg.ha⁻¹ respectivamente.

No presente estudo, estimou-se probabilidade de 77,1 % para que se tenha retorno financeiro na utilização de fluazinam no manejo de mofo branco.

A probabilidade de retorno financeiro com a utilização do fungicida serve de ferramenta para tomada de decisão de manejo químico a ser tomada pelo produtor.

REFERÊNCIAS

- ABAWI, G.S.; GROGAN, R.G. Source of primary inoculums and effects of temperature and moisture in infection of beans by *Whetzelinia sclerotiorum*. **Phytopathology**. New York, v.65, p.300-309, 1975.
- ABAWI, G.S.; GROGAN, R.G. Epidemiology of Diseases Caused by *Sclerotinia* Species. **Phytopathology**. New York, v.69, n.08, p.899-904, 1979.
- ALMEIDA, A.M.R.; FERREIRA, L.P.; YORINORI, J.T.; SILVA, J.F.V.; HENNING, A.A.; GODOY, C.V.; COSTAMILAN, L.M.; MEYER, M.C. Doenças da Soja. In: KIMATI, H. **Manual de Fitopatologia**. 4ª ed. São Paulo: Agronômica Ceres. V.2 Doenças de Plantas cultivadas, p. 569-588, 2005.
- ARENDS, L.R., HOES, A.W., LUBESN, J., GROBEE, D.E., STINJEN, T. Baseline risk as a predictor of treatment benefit: three clinical meta-re-analyses. **Statist. Med.** V.19. p.3497-3518, 2000.
- ARENDS, L.R., VOKO, Z., STINJEN, T. Combining multiple outcome measures in a meta-analysis: an application. **Statist. Med.** V. 22. p. 1335-1353, 2003.
- BIANCHINI, A.; MARINGONI, A.C.; CARNEIRO, S.M.T.P.G. Doenças do Feijoeiro. In: KIMATI, H. **Manual de Fitopatologia**. 4ª ed. São Paulo: Agronômica Ceres. V.2 Doenças de Plantas cultivadas, p. 333-349, 2005.
- BOLAND, G.J.; HALL, R. Epidemiology of Sclerotinia stem rot of Soybean in Ontario. **Phytopathology**. Ontario, v.78, p.1241-1245, 1988.
- BORENSTEIN, M.; HEDGES, L.V.; HIGGINS, J.P.T.; ROTHSTEIN, H.R. **Introduction to Meta-analysis**. Wiley and sons. United Kingdom, 2009.
- BOROWICZ, V.A. Do Arbuscular Mycorrhizal Fungi alter Plant-pathogen relations? **Ecology**, v.82, n°11, p. 3057-3068, 2001.
- FARR, D.F.; ROSSMAN, A.Y. Fungal Databases. Disponível em <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>. Acesso em: 15 mar.2015.
- FIELD, A.P.; GILLET, R. How to do a meta-analysis. **British Journal of Mathematical and Statistical Psychology**. v.63, p.665-694, 2010.
- GIANCHINI, R.M.; LUCAS, B.V.; CASSETARI NETO, D.; ALVES, M.C.; MATTIONI, F. Efeito da aplicação de fungicidas na germinação de escleródios. **Anais do Primeiro Encontro Internacional de Mofo Branco**. CNPQ, FAUEPG, MAPA. Ponta Grossa: UEPG, 82p. 2012.
- JACCOUD FILHO, D.S.; VRISMAN, C.M.; MANOSSO NETO, M.O.; HENNEBERG, L.; GRABIKOSKI, E.M.G.; PIERRE, M.L.C.; SARTORI, F.F. Avaliação da eficácia e

do manejo de fungicidas no controle do “Mofo Branco” (*Sclerotinia sclerotiorum*) na cultura da soja. **Resumos da XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Brasília DF, p. 189-191, 2010.

JACCOUD FILHO, D.S.; VRISMAN, C.M.; PIERRE, M.L.C.; BERGER NETO, A.; SARTORI, F.F.; CANTELE, M.A.; GRABIKOSKI, E.M.G.; HENNEBERG, L. Avaliação da eficácia de novos fungicidas para o controle do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) da soja nos campos gerais. **Resumos da XXXII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. São Pedro SP, p. 154-155, 2011.

JULIATTI, F.C.; REZENDE, A.A.; CAIRES, A.M.; AGUIAR, P.; CARNEIRO, L.M.S. Diferentes manejos no controle da podridão branca da haste da soja (*Sclerotinia sclerotiorum*). **Resumos da XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Brasília DF, p. 196-200, 2010.

KORA, C.; MCDONALD, M.R.; BOLAND, G.J. Epidemiology of Sclerotinia rot of carrot caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian journal of Plant Pathology**. v.27, p. 245-258, 2005.

KURLE, J.E.; GRAU, C.R.; OPLINGER, E.S.; MENGISTU, A. Effects on Sclerotinia stem rot in Soybean. **Agronomy Journal**, Minnesota, v.93, p.973-982, 2001.

LEITE, R.M.V.B.C. Doenças do Girassol. In: KIMATI, H. **Manual de Fitopatologia**. 4ª ed. São Paulo: Agronômica Ceres. V.2 Doenças de Plantas cultivadas, p. 385-399, 2005.

MADDEN, L.V., PAUL, P.A. Meta-analysis for Evidence Synthesis in Plant Pathology: An Overview. **Phytopathology**. V.101, P.16-30, 2011.

MASSOLA, N.S.; KRUGNER, T.L. Fungos Fitopatogênicos. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. 4ª Ed. São Paulo: Agronômica Ceres. V1 Princípios e Conceitos, p.149-206, 2011.

MEYER, M.C.; NUNES JUNIOR, J.; PIMENTA, C.B.; SEIL, A.H.; MACHADO, T.A.; ROCHA, M.B.; ARAUJO, V.R.; FRIZZO, A.A.; DIAS, F.T.G.; SILVA, T.A. **Anais do Primeiro Encontro Internacional de Mofo branco**. CNOQ, FAUEPG, MAPA. Ponta Grossa: UEPG, 82p. 2012.

MEYER, M.C.; CAMPOS, H.D.; GODOY, C.V.; UTIAMADA, C.M. Ensaio Cooperativos de controle químico de mofo branco na cultura da Soja: safras 2009 a 2012. Londrina, EMBRAPA SOJA, Doc 345, 101p, 2014.

MUELLER, D.S.; BRADLEY, C.A.; GRAU, C.R.; GASKA, J.M.; KURLE, J.E.; PEDERSEN, W.L. Application of thiophanate-methyl at different host growth stages for management of sclerotinia stem rot in soybean. **Crop Protection**, USA, v.23, p.983-988, 2004.

NGUGI, H.H.; ESKER, P.D.; SCHERM, H. Meta-Analysis to Determine the Effects of Plant Disease Management Measures: Review and Case Studies on Soybean and Apple. **Phytopathology**, v.101, n° 1, p.31-41, 2011.

OJIAMBO, P.S.; PAUL, P.A.; HOLMES, G.J. A Quantitative Review of Fungicide Efficacy for Managing Downy Mildew in Cucurbits. **Phytopathology**, v. 100, n° 10, p. 1066-1076, 2010.

PAUL, P.A. LIPPS, P.E. MADDEN, L.V. Meta-analysis of regressions coefficients for the Relationship Between Fusarium head Blight and Deoxyvalenol Content of Wheat. **Phytopathology**, v. 96, n°9, p. 951-961, 2006.

PAUL, P.A.; LIPPS, P.E.; HERSHMAN, D.E.; MCMULLEN, M.P.; DRAPER, M.A.; MADDEN, L.V. A Quantitative Review of Tebuconazole Effect on Fusarium Head Blight and Deoxyvalenol Content in Wheat. **Phytopathology**, v. 97, n° 2, p.211-220, 2007.

PAUL, P.A.; LIPPS, P.E.; HERSHMAN, D.E.; MCMULLEN, M.P.; DRAPER, M.A.; MADDEN, L.V. Efficacy of Triazole-Based Fungicides for Fusarium Head Blight and Deoxynivalenol Control in Wheat: A Multivariate Meta-Analysis. . **Phytopathology**, v. 98, n° 9, p.999-1011, 2008.

PAUL, P.A.; MCMULLEN, M.P.; HERSHMAN, D.E.; MADDEN, L.V. 2010. Meta-analysis of the effects of Triazole-Based Fungicides on Wheat Yield and test Weight as Influenced by Fusarium Head Blight Intensity. **Phytopathology**. v. 100. p.160-171, 2010.

PENNYBACKER, B.W.; RISIUS, M.L. Environmental Sensitivity of Soybean Cultivar Response to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**. Pennsylvania, v.89, n.8, p.618-622, 1999.

PORTER, L. Selection of pea genotypes with partial resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* across a wide range of temperatures and periods of high relative humidity. **Euphytica**. V.186, n.3, p.671-678, 2012.

RODRIGUES, M.A.T. Classificação de Fungicidas de acordo com o Mecanismo de Ação proposto pelo FRAC. **Dissertação de mestrado** – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006.

RODRIGUES, C.L.; ZIEGELMAN, P.K. Metanálise: Um Guia Prático. **REV HCPA**, v.30, n° 4, 2010.

ROSENBERG, M.S.; GARRET, K.A.; SU, Z.; BOWDEN, R.L. Meta-analysis in Plant Pathology: Synthesizing Research Results. **Phytopathology**. V.94. p.1013-1017, 2004.

ROUSSEAU, G. X.; RIOUX, S; DOSTALER, D. Multivariate effects of plant canopy, soil physico-chemistry and microbiology on *Sclerotinia* stem rot of soybean in relation to crop rotation and urban compost amendment. **Soil Biology & Biochemistry**, Vol. 38, p. 3325-3342, 2006.

ROUSSEAU, G.; RIOUX, S.; DOSTALER, D. Effect of crop rotation and soil amendments on *Sclerotinia* stem rot on soybean in two soils. **Canadian Journal of Plant Science**. Belem – PA, v.87, p.605-614, 2007.

SALAM, K.P.; THOMAS, G.J.; BEARD, C. Application of meta-analysis in plant pathology: a case study examining the impact of fungicides on wheat yield loss from the yellow spot—septoria nodorum blotch disease complex in Western Australia. **Food Sec.** v.5, nº3, p. 319-325, 2013.

SUN, P.; XANG, X.B. Light, Temperature and Moisture effects on Apothecium Production of *Sclerotinia sclerotiorum*. **PlantDisease**. Iowa, v.84, n.12, 2000.

UTIAMADA, C.M.; SATO, L.N.; YORINORI, M.A. Eficiência de fungicidas para o controle do mofo branco na soja (Ensaio Cooperativo – Safra 2012-2013). **Resumos da XXXIII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Londrina PR, p. 127-129, 2013.

VIECHTBAUER, W. Conducting Meta-Analyses in R with the metaphor Package. **Journal of Statistical Software**, v.36, n.3, p.1-48, 2010.

WORKNEH, F.; YANG, X.B. Prevalence of *Sclerotinia* Stem Rot of Soybeans in the North-Central United States in relation to tillage, Climate, and Latitudinal Positions. **Phytopathology**. Iowa, v.90, n.12, p.1375-1382, 2000.

WUTSKI, C.R.; JACCOUD FILHO, D.S.; GRABICOSKI, E.M.G.; VRISMAN, C.M.; PIERRE, M.L.C.; SARTORI, F.F.; CANTELE, M.A.; BERGER NETO, A.; CANTELE, L.E.; TULLIO, H.E.; HULLER, G.C.; BARAN, C.L. Avaliação da eficácia de diferentes fungicidas para o controle de mofo branco. **Anais do Primeiro Encontro Internacional de Mofo Branco**. CNOQ, FAUEPG, MAPA. Ponta Grossa: UEPG, 82p. 2012.

ANEXO

ANEXO A
Referências bibliográficas das entradas de dados utilizadas na metanálise de efeitos aleatórios

Tabela 02 - Informações referentes aos estudos utilizados na metanálise de modelos aleatórios, contendo o número de aplicações do fungicida fluazinam, incidência e severidade de mofo branco no tratamento testemunha, eficácia de controle, cultivar utilizada e referências bibliográficas. Londrina, PR, 2015.

Entrada	Ano	Número de Aplicações	Incidência	Severidade	E(%)		Cultivar	Referência Bibliográfica
					Incidência	Severidade		
1	2010	2	36.6	30.2	88.8	89.4	NK3363	
2	2010	2	36.6	30.2	90.2	89.7	NK3363	SHIPANSKI, C.A.; MICHELI. A.; KOGUSHI. L.; ROSSET. J. D. L.; GALLO, P. Efeito de fungicidas no manejo de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> na cultura da soja, cv. NK 3363, safra 2009/10. Relatório de pesquisa. Castro - PR. Fundação ABC, 2010.
3	2010	1	36.6	30.2	86.1	85.4	NK3363	
4	2010	2	36.6	30.2	97.3	97.4	NK3363	
5	2010	2	36.6	30.2	90.7	93.0	NK3363	
6	2010	2	36.6	30.2	86.3	86.8	NK3363	
7	2010	1	36.6	30.2	79.5	80.8	NK3363	
8	2010	1	36.6	30.2	80.1	79.8	NK3363	
9	2010	2	36.6	30.2	92.1	93.4	NK3363	
10	2010	2	36.6	30.2	98.1	98.0	NK3363	
11	2011	2	NI ⁽¹⁾	11.5	NI	97.4	NK3363	
12	2011	1	NI	11.5	NI	83.5	NK3363	SHIPANSKI, C.A.; MICHELI. A.; KOGUSHI. L.; ROSSET. J. D. L.; ROSA. W. D. S.; JESUS. A. C. A. Efeito dos programas de fungicidas sobre o controle de Mofo branco na cultura da Soja cv NK3363, safra 2010/2011. Castro - PR. Relatório de pesquisa. Fundação ABC, 2011.
13	2011	1	NI	11.5	NI	92.2	NK3363	
14	2011	1	NI	11.5	NI	73.9	NK3363	
15	2011	1	NI	11.5	NI	93.0	NK3363	
16	2011	2	NI	11.5	NI	93.9	NK3363	
17	2011	2	NI	11.5	NI	97.4	NK3363	
18	2011	2	NI	11.5	NI	95.7	NK3363	
19	2011	2	NI	11.5	NI	84.3	NK3363	
20	2011	2	NI	11.5	NI	78.3	NK3363	
21	2011	2	NI	11.5	NI	98.3	NK3363	

Continuação...

22	2011	2	54.4	NI	94.3	NI	NI	MEYER, M.C.; CAMPOS, H.D.;
23	2011	2	31.28	NI	71.0	NI	NI	HENNING, A.A.; UTIAMADA, C.M.;
24	2011	2	36.8	NI	83.7	NI	NI	PIMENTA, C.B.; GODOY, C.V.;
								JACCOUD FILHO, D.S.; RAMOS JUNIOR, E.U.; BORGES, E.P.;
								JULIATTI, F.C.; NUNES JUNIOR, J.;
								SILVA, L.H.C.P.; CUNHA, M.G.; ITO, M.F.; COSTA, N.B.; FURLAN, S.H.;
25	2011	2	35.6	NI	95.7	NI	NI	VENÂNCIO, W.S. Eficiência de fungicidas para controle de mofo branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) em soja, na safra 2010/2011 – resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Montividiu, GO. EMBRAPA, 2011.
26	2011	2	64.5	NI	80.6	NI	NI	MEYER, M.C.; CAMPOS, H.D.;
								HENNING, A.A.; UTIAMADA, C.M.;
								PIMENTA, C.B.; GODOY, C.V.;
								JACCOUD FILHO, D.S.; RAMOS JUNIOR, E.U.; BORGES, E.P.;
								JULIATTI, F.C.; NUNES JUNIOR, J.;
								SILVA, L.H.C.P.; CUNHA, M.G.; ITO, M.F.; COSTA, N.B.; FURLAN, S.H.;
27	2011	2	15.4	NI	77.9	NI	NI	VENÂNCIO, W.S. Eficiência de fungicidas para controle de mofo branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) em soja, na safra 2010/2011 – resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Ponta Grossa - PR. EMBRAPA, 2011.

Continuação...

28	2011	2	31.3	NI	66.1	NI	MSOY7908RR	MEYER, M.C.; NUNES JUNIOR, J.; PIMENTA, C.B.; SEII, A.H.; NUNES SOBRINHO, J.B.; COSTA, N.B.; GUARNIERI, S.F. Eficiência de Fungicidas no Controle de Mofo Branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) em Soja, No estado de Goiás. Resumos da XXXII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil - São Pedro, SP, agosto de 2011.
29	2012	2	NI	54.5	NI	77.2	NK3363	SHIPANSKI, C.A.; MICHELI. A.; KOGUISHI. L.; ROSSET. J. D. L. Eficácia de fungicidas sobre o controle do Mofo Branco na cultura da soja, cultivar NK 3363, safra 2011/12, Castro - PR. Relatório de pesquisa. Fundação ABC, 2012.
30	2012	2	NI	54.5	NI	85.0	NK3363	
31	2012	2	56	NI	10.7	NI	NK3363	SHIPANSKI, C.A.; MICHELI. A.; KOGUISHI. L.; ROSSET. J. D. L. Eficácia do aumento de doses fungicidas sobre o controle do Mofo Branco na cultura da soja, cultivar NK 3363, safra 2011/12, Castro - PR. Relatório de pesquisa. Fundação ABC, 2012.
32	2012	2	56	NI	21.4	NI	NK3363	
33	2012	2	56	NI	42.9	NI	NK3363	

34	2012	2	8	NI	100.0	NI	SYN 1180 RR	MADALOSSO, M.G. Verificar a eficácia de diferentes fungicidas no controle do mofo branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) na cultura da soja. Instituto Phytus. Relatório técnico Ensaio Cooperativos EMBRAPA. 2012.
----	------	---	---	----	-------	----	-------------	---

Continuação...

35	2012	2	51.3	NI	53.6	NI	ST810RR	BORGES, E.P.; DIAS, A.R.; OLIVEIRA, J.A.R.; FERREIRA, C.B.; PRANDO, F.D.P.; FREITAS, P.H.; OLIVEIRA, I.B.; BORGES, R.A.; YAMAMOTO, A.T.; RODRIGUES, L.A. Efeito de novos fungicidas no controle químico de mofo branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) na cultura da soja na Região dos Chapadões. Fundação Chapadão. Relatório técnico Ensaio Cooperativos EMBRAPA. Chapadão do Sul, 2012.
36	2012	2	NI	NI	NI	38.8	P98Y11RR	JULIATTI, F.C. Rede de fungicidas para o controle do mofo branco na safra 2011-2012. Relatório Técnico Ensaio Cooperativos EMBRAPA. Uberlândia, 2012.

37	2012	2	2.5	NI	60.0	NI	5909RR	ITO, M.F.; PAES, V.L.; ITO, M.A.; RAMOSJR, E.U. Avaliação de Fungicidas para o Controle de Mofo branco em Soja. Instituto Agrônomo - IAC. Campinas, 2012.
38	2012	2	34.7	NI	54.2	NI	MSOY7908RR	MEYER, M. C. Ensaio cooperativo de controle químico de mofo-branco em soja. Relatório Técnico Final. EMBRAPA, 2012.
Continuação...								
39	2012	2	36.75	21	51.7	64.8	BMX Turbo RR	UTIAMADA, C.M.; SATO, L.N. Eficiência Agrônômica de Fungicidas no Controle de Mofo Branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) na Cultura da Soja, Ensaio Cooperativo, Safra 2011/2012. TAGRO - Relatório Técnico. Londrina, 2012.
40	2012	2	20.5	47.1	59.5	67.5	BMX Turbo RR	JACCOUD FILHO, D.S. Ensaio Cooperativo para controle de Mofo Branco - Novos Fungicidas. Relatório Técnico. Ponta Grossa, 2012.
41	2012	2	NI	NI	70.4	NI	BMX Apollo RR	VENANCIO, W.S. Ensaio cooperativo de controle químico do mofo branco na cultura da soja. Relatório Técnico. Palmeira- PR, 2012.
42	2012	2	NI	NI	94.4	NI	BMX Potência RR	
43	2013	2	NI	NI	NI	56	NI	SHIPANSKI, C.A.; MICHELI. A.; KOGUISHI. L.; NOGEIRA. M.S.; CHAGAS. D.F.; ROSSET. J. D. L.;
44	2013	2	NI	NI	NI	58	NI	
45	2013	2	NI	NI	NI	58	NI	

46	2013	2	NI	NI	NI	65	NI	SILVESTRE. A.D.S.; MACHADO. A.P. Resultados de verão na cultura da Soja 2012-13 - Fitopatologia, Castro - PR. Fundação ABC, 2013.
47	2013	2	58.25	22.8	30.0	60.5	BRS284	UTIAMADA, C.C.; SATO, L.N.; YORINORI, M.A. Eficiência de Fungicidas para Controle do Mofo Branco na Soja (Ensaio Cooperativo - Safra 2012/13). Reunião de pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 13 e 14 de Agosto de 2013, Londrina - PR. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013.

Continuação...

48	2014	2	NI	NI	99.5	NI		BORGES, E.P.; RODRIGUES, L.A.; VERONESE, R.; RODRIGUES, T. DAS.; SERAGUZI, E.F.; MAGALHÃES, F.F.; FIGUEIREDO, M.A.G. DE.; SILVA, R.A.P.; SOUZA, H.M.DE. Eficácia de Fungicidas Associado ao Adjuvante Break-thru no controle de Sclerotinia sclerotiorum na cultura da soja.
49	2014	2	NI	NI	85.9	NI	ST810RR	Resumos Expandidos da XXXIV Reunião de Pesquisa de Soja. p. 240-242. Londrina, 2014.
50	2014	2	NI	NI	95.3	NI		

(1) Dado de entrada não informado no estudo.