

Universidade Estadual de Londrina

ANDRE LUIS DA SILVA

METANÁLISE DO GANHO EM PRODUTIVIDADE COM APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS FOLIARES EM MILHO NO BRASIL

Londrina
2015

ANDRE LUIS DA SILVA

METANÁLISE DO GANHO EM PRODUTIVIDADE COM APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS FOLIARES EM MILHO NO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito a obtenção do título de mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri

Londrina
2015

Catalogação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S586m Silva, Andre Luis da.
Metanálise do ganho em produtividade com aplicação de fungicidas foliares em milho no Brasil / Andre Luis da Silva. – Londrina, 2015.
53 f. : il.

Orientador: Marcelo Giovanetti Canteri.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Fungicidas – Teses. 2. Milho – Doenças e pragas – Controle – Teses. 3. Milho – Produtividade – Teses. I. Canteri, Marcelo Giovanetti. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 632.952

ANDRE LUIS DA SILVA

METANÁLISE DO GANHO EM PRODUTIVIDADE COM APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS FOLIARES EM MILHO NO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito a obtenção do título de mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

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

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

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

Londrina, 04 de março de 2015.

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais e minha esposa...

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha esposa Márcia Ferreira, pela paciência, atenção e motivação e companheirismo em todos os momentos

Agradeço aos meus pais Sebastião e Odete que sempre me deram suporte para que atingisse meus objetivos, sendo eles meus espelhos de luta, perseverança e caráter.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Marcelo Giovanetti Canteri, pela amizade, apoio e orientação desde a época de graduação, sempre contribuindo para o meu crescimento pessoal e profissional e sempre estimulando novas pesquisas e desafios que contribuam com o desenvolvimento da agricultura de nosso país.

Agradeço a Pós-graduação da Universidade Estadual de Londrina, pela oportunidade oferecida, assim como todos os professores que fazem com que este programa tenha sucesso e mantenha alta qualidade.

Agradeço a CAPES pela bolsa concedida, na qual foi de grande importância neste período de estudos.

Aos colegas Ciro H. Sumida, Luiz Henrique Tutida, Guilherme G. Moreira e em especial ao colega de mestrado Fernando Tupich que muito contribuiu para meu trabalho. Ao amigo José Rocha pelos conselhos e amizade. A todos deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

Agradeço aos meus irmãos Alline, Alexandre e Henrique que estão sempre ao meu lado me orientando, criticando, apoiando e estimulando meu crescimento pessoal.

SILVA, André Luis da. **Metanálise do ganho em produtividade com aplicação de fungicidas foliares em milho no Brasil**. 2015. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

A partir dos anos 2000, constatou-se que houve aumento no uso de fungicidas foliares na cultura do milho no Brasil, porém encontra-se inconsistência com potencial ganho no rendimento em produtividade com o seu uso. Através da metanálise avaliou-se a relação da aplicação foliar de fungicidas em milho no Brasil com a produtividade. A revisão bibliográfica sistemática sobre o tema foi realizada em artigos publicados em revistas científicas e anais de congresso, a fim de sumarizar os efeitos desta prática, objetivando-se de reunir dados das respostas em incremento de produtividade para respectiva cultura. Para tal revisão adotaram-se critérios para seleção dos trabalhos a serem incluídos no estudo. Após a seleção dos dados, calculou-se as medidas de efeito (diferença de produtividade em $kg.ha^{-1}$ entre o tratamento aplicado e a testemunha sem aplicação). A revisão forneceu dados de 23 publicações, totalizando-se 309 medidas de efeito. Através do software R, realizou-se a metanálise, aplicando-se o modelo de efeitos aleatórios, pois constatou-se alta heterogeneidade entre os estudos. Posteriormente aplicou-se o modelo de efeito misto, afim de explicar a alta heterogeneidade, onde, criou-se variáveis moderadoras: “Grupos químicos”, “Número de aplicações”, “Estádio em que ocorreram as aplicações” e “Época de cultivo”. Em posse da estimativa metanalítica das variáveis moderadoras, calculou-se a probabilidade positiva e negativa de ganho em produtividade e nos níveis de 2, 5 e 10 sacas de 60 $kg.ha^{-1}$. Os resultados da metanálise para variável (Geral) e as variáveis moderadoras foram significativamente positivos, P-valor<0,0001, com estimativa metanalítica geral dos estudos de 845,3 $kg.ha^{-1}$ e intervalo de confiança entre 771,4 $kg.ha^{-1}$ e 919,3 $kg.ha^{-1}$. Para os resultados das variáveis moderadoras, a probabilidade de resposta positiva nos ganhos em produtividade e nos níveis de 2, 5 e 10 sacas 60 $kg.ha^{-1}$, destacaram-se a classe estrobilurina com (89,4%, 88,0%, 81,0% e 69,5%), aplicações realizadas no vegetativo+reprodutivo com (90,9%, 88,2%, 83,1% e 72,0%), com três aplicações (91,2%, 88,5%, 83,5% e 72,4%). As demais moderadoras apresentaram-se com percentual de probabilidade de ganho positivo em produtividade acima de 80%. Demonstrou-se através da metanálise que a aplicação de fungicidas foliares em milho favoreceu o incremento de produtividade da cultura nos estudos analisados no Brasil, no entanto, fatores como viabilidade econômica e manejo integrado de doenças devem ser considerados para utilização desta prática .

Palavras-chave: Tratamento químico. Produtividade. Forest plot. Probabilidade de ganho.

SILVA, André Luis da. **Gain meta-analysis in productivity with foliar fungicide application on corn in Brazil**. 2015. 53 p. Dissertation (Master's degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

From the 2000s, it was found that there was an increase in the use of foliar fungicides on corn crop in Brazil, but there is inconsistency with potential gain in yield productivity with its use. Through meta-analysis, the relation of foliar application of fungicides on corn in Brazil with productivity was evaluated. A systematic literature review on the topic in articles published in scientific journals and annals of congress was conducted in order to summarize the effects of this practice, aiming to gather data from the responses in productivity growth to its culture. For such a review, criteria for selection of papers to be included in the study were adopted. After the data selection, the effect measures (productivity gap in kg ha^{-1} applied between the treatment and the control without application) was calculated. The review provided data from 23 publications, totaling up 309 effect measures. The meta-analysis was performed through software R, and it was applied the random effects model, as it was found high heterogeneity among the studies. Later, the mixed effect model was applied in order to explain the high heterogeneity among the studies, where moderating variables were created: "chemical groups", "number of applications", "stadium where applications occurred", "cultivation season" and "region where the procedures were conducted". In possession of the meta-analytic estimate of moderating variables, the positive and negative probability of gains in productivity and on levels of 2, 5 and 10 sacks of 60 kg ha^{-1} was calculated. The results of the meta-analysis for variable (overall) and the moderating variables were significantly positive, P-value <0.0001, with the overall meta-analytical estimate of the studies of 845.3 $kg.ha^{-1}$ and a confidence interval of 771.4 kg. ha^{-1} and 919.3 $kg.ha^{-1}$. For the results of moderating variables, the probability of a positive response in productivity gains and on levels of 2, 5 and 10 sacks of 60 kg ha^{-1} the strobilurin class with 89.4%, 88.0%, 81.0% e 69.5%) stood out, applications performed in the vegetative + reproductive with (90.9%, 88.2%, 83.1% e 72.0%) with three applications (91.2%, 88.5%, 83.5% e 72.4%). The other moderator variables presented with percentage of positive gain probability in productivity over 80%. Through meta-analysis it has been shown that foliar fungicide application on corn favored the crop yield increment in the studies analyzed in Brazil, however, factors such as economic viability and integrated pest management should be considered for using this practice.

Keywords: Chemical treatment. Productivity. Meta-analysis. Forest plot, Gain probability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Histograma da distribuição das diferenças de produtividade (kg.ha-1) dos tratamentos com e sem aplicação de fungicidas foliares em milho obtidos através da revisão bibliográfica relizada no Brasil.....38

Figura 2– Diferenças de produtividade (kg.ha-1) entre tratamentos com aplicação de fungicidas foliares em milho e a testemunha sem aplicação (representado em barras) e seus respectivos erros padrões (representado pelas linhas), para as 309 medidas de efeito obtidas através da revisão bibliográfica realizada no Brasil.....39

Figura 3– Dispersão dos dados em gráfico de probabilidade normal (Q-Q plot - figura A) gráfico funil (Figura B) com a distribuição das diferenças obtidas entre a produtividade de tratamentos com aplicação de fungicidas foliares em milho e a testemunha sem aplicação, considerando as 309 diferenças observadas com a análise dos dados obtidas através da revisão bibliográfica para cultura do milho no Brasil 40

Figura 4– Metanálise das medidas de efeito estimadas por modelos aleatórios (geral) e modelos de efeitos mistos com o uso das variáveis moderadoras: tipo de grupo químico de fungicidas utilizados (triazol, estrobilurina, mistura estrobilurina triazól ou outros grupos), época de aplicações (vegetativo ou reprodutivo), número de aplicações (1, 2 ou 3) e época em que foram conduzidos os experimentos (primeira ou segunda safra) e seus respectivos números de estudos (k) em cada modelo ou classe.....44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos trabalhos onde foram extraídos os dados utilizados neste estudo. Título do trabalho, número de medidas de efeito utilizadas (n) e referência do autor do trabalho.....34

Tabela 2 – Estimativa metanalítica, tau2 (variância entre os estudos), Teste Q (heterogeneidade entre estudos), K (número de estudos analisados), valor e limites inferiores e superiores do intervalo de confiança da estimativa das análises das variáveis dos dados de diferença de produtividade (kg.ha-1) com e sem aplicação foliar de fungicidas na cultura do milho no Brasil.....41

Tabela 3 – Estatística da metanálise de efeitos mistos, cada variável moderadora com suas respectivas classes, número de estudos analisados (K), heterogeneidade dos estudos (I2), Estimativa metanalítica, nível de significância do estudo (P-valor), limites inferiores e superiores do intervalo de confiança da estimativa das análises das variáveis moderadoras dos dados de diferença de produtividade (kg.ha-1) com e sem aplicação foliar de fungicidas na cultura do milho e variância entre os estudos (tau2) 42

Tabela 4 – Probabilidade de ganho em resposta em produtividade positiva, negativa em 2, 5 e 10 (sacas.ha-1) sob a aplicação de fungicidas foliares na cultura do milho, nos estudos obtidos pela revisão bibliográfica, análise geral das 309 medidas de efeito e de suas variáveis moderadoras estrobilurina, triazol, mistura estrobilurina+triazol, uma, duas e três aplicações e aplicações nos estádios vegetativo, reprodutivo e vegetativo+reprodutivo 45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11

2 REVISÃO DE LITERATURA 13

2.1 A CULTURA DO MILHO 13
2.1.1 Problemas Fitossanitários na Cultura do Milho 14
2.1.2 Doenças Fúngicas Foliares na Cultura do Milho 15
2.1.3 Mancha Branca ou Mancha Foliar de Phaeospaeria 16
2.1.4 Ferrugem Polissora 17
2.1.5 Helmintosporiose Comum 18
2.1.6 Ferrugem Comum 19
2.1.7 Mancha Foliar de Cercospora 19
2.1.8 Mancha de Diplodia 21
2.2 CONTROLE QUÍMICO DE DOENÇAS NA CULTURA DO MILHO 22
2.2.1 Uso de Fungicidas em Milho no Brasil 22
2.2.2 Uso e Efeito dos Triazóis no Controle das Doenças 23
2.2.3 Uso e Efeito das Estrobilurinas no Controle das Doenças 23
2.3 ÉPOCA DE CONTROLE DAS DOENÇAS 25
2.4 METANÁLISE 25
2.4.1 Conceitos e Aplicações 25
2.4.2 Medidas de Efeito 26
2.4.3 Modelos de Efeitos Fixos 26
2.4.4 Modelos de Efeitos Aleatórios 27
2.4.5 Modelos de Efeitos Mistos 28
2.4.6 Metanálise na Agronomia 28

3 ARTIGO 30
3.1 RESUMO 30
3.2 ABSTRACT 31
3.3 INTRODUÇÃO 32
3.4 MATERIAL E MÉTODOS 33
3.4.1 Critérios para seleção dos trabalhos 33

3.4.2 Análise dos dados 35
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 38
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 45
3.7 CONCLUSÃO 46

REFERÊNCIAS 47

1 INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se no cenário mundial entre os maiores produtores de grãos. Na safra 2013/2014 a produção de milho foi de aproximadamente 75 milhões de toneladas, em área de aproximadamente 15,3 milhões de hectares, se posicionando como terceiro maior produtor e segundo maior exportador do grão (CONAB, 2014).

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é cultivada em todas as regiões produtoras de grãos do país. Trata-se de commoditie com elevada cotação no mercado agrícola mundial e relevante importância para a economia brasileira. Pelo cultivo em várias regiões, com diferentes características de clima, solo e nível de tecnologia, favorece a ocorrência de diversas doenças, pois esses fatores se relacionam diretamente com a incidência e severidade das mesmas (SANGOI et al., 2000).

Os principais métodos de manejo das doenças do milho realizavam-se com uso de híbridos ou variedades resistentes associadas a medidas culturais (COSTA et al., 2012). A partir do ano de 2000, quando ocorreu no sudoeste do estado de Goiás severa epidemia de cercosporiose (*Cercospora zeae maydis* Tehon & E.Y Daniels), verificou-se acentuado aumento da utilização de fungicidas em áreas comerciais do grão (COSTA et al., 2012). A partir dos anos 2000, deu-se grande ênfase ao controle de doenças através da aplicação de fungicidas. Anteriormente a este fato a utilização de fungicidas para o manejo de doenças na cultura do milho restringia-se a campos de produção de sementes e de milhos especiais, como milho pipoca e milho doce (COSTA, et al., 2009).

Resultados de pesquisa, no Brasil e no exterior, demonstraram os efeitos positivos da aplicação de fungicidas no manejo de doenças foliares em milho e na redução de danos que acarretam perdas em produtividade (HARLAPUR et al., 2009; JULIATTI et al., 2007; PINTO et al., 2004). No entanto, outro aspecto a ser considerado é a significativa instabilidade na obtenção dos aumentos de produtividade pela utilização de fungicidas, ou seja, não ocorre repetibilidade desses ganhos, quando consideradas variações em fatores como variedades ou híbridos, intensidade de doença, sistemas de produção e nível tecnológico empregado. Além disso, em algumas situações, mesmo havendo resposta positiva em aumento de

produtividade, essas podem não ser suficientes para garantir retorno econômico. Fatores como estes levaram à formação de opiniões favoráveis e contrárias sobre a real necessidade e viabilidade da utilização de fungicidas em milho (COSTA, et al., 2009).

Diante do exposto o entendimento das relações entre intensidade de doenças e produtividade se torna importante para estabelecer estratégias de manejo (SAVARY, et al., 2006; MADDEN et al., 2007; DALLA LANA et al., 2015).

Segundo Madden; Paul (2011), a metanálise se enquadra como procedimento estatístico adequado para análise de revisão quantitativa de estudos independentes. Em fitopatologia a metanálise vem sendo usada para sumarizar resultados de eficiência de fungicidas obtidos através de diversos experimentos conduzidos em diferentes locais e anos. Atualmente a metanálise foi utilizada em estudos de contaminação de grãos por micotoxinas (PAUL et al., 2005; PAUL et al., 2006), relação entre intensidade de doença e produtividade (ROSEMBERG; GARRETT, 2004; SHA; DILLARD, 2006; DALLA LANA et al., 2015), eficiência de fungicidas para o controle de ferrugem da soja e da giberela do trigo (PAUL et al., 2007; SCHERM et al., 2009), metanálise da resposta de híbridos de milho e fungicidas foliares no cinturão do milho dos Estados Unidos (PAUL et al., 2011).

Objetivou-se com este trabalho realizar revisão quantitativa de trabalhos publicados sobre o uso de fungicidas em aplicações foliares e as produtividades obtidas sobre a cultura do milho no Brasil. A sumarização das medidas de efeito na metanálise realizaram-se por modelos metanalíticos de efeitos aleatórios e mistos, testando-se com este último modelo a significância de covariáveis ou variáveis moderadoras, que possam influenciar nas medidas de efeito (diferença entre produtividade do tratamento e da testemunha) reduzindo as variabilidades das mesmas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.), espécie diploide, alógama e apresenta como centro de origem o México e América central, pertence à família das *poáceaes* (*graminae*), sendo único cereal nativo do mundo, devido a possibilidade de ser cultivado desde o nível do mar até 3 mil metros de altitude (LERAYER, 2006). Diversas hipóteses sobre sua origem foram propostas, porém as mais consistentes são aquelas que demonstram que o milho descende do teosinte, uma gramínea com várias espigas sem sabugo, que pode cruzar naturalmente com o milho e produzir descendentes férteis (GALINAT, 1995).

A domesticação desta cultura feita pelo homem evoluiu-se cada vez mais através da seleção visual no campo, destacando as principais características como produtividade, resistência a doenças e capacidade de adaptação, dentre outras, originando os híbridos hoje conhecidos (LERAYER, 2006).

A produção mundial de milho na safra 2013/2014 foi de aproximadamente 984 milhões de toneladas. Os principais países produtores desse grão são os Estados Unidos (353 milhões de toneladas), seguido da China (218 mi de toneladas) e Brasil (75 mi de toneladas), (DEAGRO, 2014).

Para entender o desenvolvimento da produção e do mercado do milho alguns pontos devem ser analisados sob a ótica das cadeias produtivas ou dos sistemas agroindustriais. O milho apresenta-se como insumo para produção de diversos produtos, porém na cadeia de suínos e aves são consumidos aproximadamente 70% do milho produzido no mundo e entre 70 e 80% do milho produzido no Brasil. Assim, para melhor abordagem do que está ocorrendo no mercado desse cereal, é importante, além da análise de dados relativos ao produto milho (EMBRAPA, 2011).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com rendimento médio de 4.908 $kg.ha^{-1}$, em área cultivada de 15,3 milhões de hectares (CONAB, 2014). A produção de milho no Brasil caracteriza-se pela divisão da produção em duas épocas de semeadura. As semeaduras de verão, ou primeira safra, são realizadas na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto na região Sul até os meses de outubro/novembro no Sudeste e

Centro-Oeste (no Nordeste este período ocorre no início do ano). Mais recentemente tem aumentado a produção obtida na chamada "safrinha", ou segunda safra. A "safrinha" se refere ao milho de sequeiro, plantado extemporaneamente, em fevereiro ou março, quase sempre depois da soja precoce, predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo (EMBRAPA, 2011).

2.1.1 Problemas Fitossanitários na Cultura do Milho

A cultura do milho possui diversos problemas, além dos que se referem às alternâncias de mercado (preço e demanda), ainda existem outro conjunto de fatores que incluem alternâncias climáticas, controle de plantas daninhas, manejo e controle de pragas e doenças. Fatores estes que acarretam em baixa produtividade da cultura. De acordo com MAPA (2012), o agronegócio da cultura do milho no Brasil apresenta perspectivas futuras favoráveis, principalmente pelo aumento das exportações e aumento no consumo de carnes principalmente de suínos e aves.

No sistema de produção de milho alguns fatores tornam-se importantes e determinantes para obtenção de boa produtividade. Neste cenário a ocorrência de doenças tornou-se mais intensa a cada ano, provocando prejuízos aos produtores, principalmente pelo aumento de cultivo do milho em áreas irrigadas, a falta de rotação de culturas, utilização de cultivares suscetíveis e ampliação das épocas de cultivo (1ª e 2ª safras), a falta de rotação de culturas e a semeadura de segunda safra contribuem para o aumento da sobrevivência dos fitopatógenos no campo (COSTA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2004), aumentando o risco das doenças e permitindo a ocorrência de outras doenças consideradas secundárias para a cultura (CASA et al., 2006). Além desses fatores, o aumento da área cultivada em plantio direto proporcionou uma alteração no microclima e na biologia do agroecossistema, com reflexos nas populações dos agentes causais das doenças do milho (REIS et al., 2004).

2.1.2 Doenças Fúngicas Foliares na Cultura do Milho

Para que uma doença ocorra, de acordo com Agrios (2005), é necessário que haja a interação entre três componentes: patógeno, hospedeiro e ambiente que favoreça a relação destes. O milho cultivado no Brasil, segundo Agroceres (1996) e Reis; Casa (2004) sofre ação de cerca de vinte patógenos, sendo eles responsáveis pelas perdas de rendimento dos grãos por causarem danos relacionados ao estabelecimento de plantas devido podridões radiculares, doenças foliares, carvões, podridões do colmo e podridões da espiga.

Segundo Pinto et al. (2006), as mudanças climáticas em escala global, mudanças no sistema de cultivo, da época em que realizou-se a semeadura (primeira e segunda safra), além do uso de práticas como semeaduras sucessivas de milho, expansão da área de cultivo e ausência do sistema de rotação de culturas fizeram com que a incidência e severidade das doenças na cultura apresentassem aumentos nos últimos anos, contribuindo expressivamente para a multiplicação e conservação de inóculos de vários patógenos, bem como a submissão da cultura às condições edafoclimáticas favoráveis a certas doenças, principalmente a partir da década de 1990 (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004), genótipos suscetíveis, atraso na colheita, uso indiscriminado de defensivos, elevada população de plantas, adubação desequilibrada, semeadura de milho safrinha e milho irrigado (OLIVEIRA et al., 2004; REIS et al., 2004). Alguns fatores influenciaram no aumento ou redução de doenças. De acordo com Reis et al. (2004) torna-se necessário a realização de trabalhos que avaliem como diferentes fatores dentro de sistemas de produção podem afetar doenças e patógenos que atacam a cultura do milho.

Posto que para a ocorrência da doença é necessário que se apresente condições climáticas favoráveis, presença de inóculo e suscetibilidade das cultivares dentro de um determinado sistema de plantio, a importância destas doenças torna-se variável de um ano para outro, bem como de uma região para outra. Porém, algumas delas ocorrem de modo generalizado nas principais regiões produtoras de milho, como por exemplo, a Mancha Branca ou Mancha de Phaeosphaeria. No estado do Paraná, devido suas condições de cultivo, as doenças mais comuns são: Mancha Foliar de Phaeosphaeria (*P. maydis, P. ananatis*), Ferrugem Polissora (*P. polysora*), Helmintosporiose Comum (*E. turcicum*), Ferrugem

Comum (*Puccinia sorghi*), Mancha Foliar de Cercospora (*C. zeae-maydis*) com potenciais de danos de 63% Pinto, (1999), 23-61% Von Pinho et al. (1999), 18-50% e 12-57% SILVA; SCHIPANSKI (2007) e 4- 65% Ward et al. (1999), respectivamente e Mancha de Diplodia (*S. macrospora*) com danos indiretos através da podridão dos colmos (BRUNELLI et al., 2004).

2.1.3 Mancha Branca ou Mancha Foliar de Phaeosphaeria

A Mancha Branca no Brasil a princípio definiu-se como decorrente do agente causal *Sphaerulina maydis* (P. Henn) (HENNINGS, 1902) e em seguida, na Índia, como causada por *Phaeosphaeria maydis* (P. Henn.) (RANE et al., 1965) e mais tarde tornou-se a classificação mais aceita no país. Bomfeti et al. (2008) observaram a presença de um outro agente causal, encontraram-se células bacterianas no interior das lesões provocadas pela doença, constatando a bactéria *Pantoea ananatis*. Portanto, o agente causal desta doença ainda apresenta-se em discussão mediante a comunidade científica e sua etiologia considera-se ainda desconhecida (COSTA et al., 2009).

Os sintomas iniciam com pequenas lesões cloróticas semelhantes à anasarca e evolui para manchas necróticas com um diâmetro variável (0,3 a 2,0 cm), alterando ainda seu formato, de arredondado a oblongo com bordos escuros e centro esbranquiçado com pontuações mais escurecidas, representando as frutificações do patógeno. A morte parcial ou total da folha pode ser devido à coalescência de lesões. Na planta, os sintomas tendem a surgirem primeiro nas folhas da parte inferior, seguindo para o ápice rapidamente, apresentando maior severidade após o pendoamento. Estes danos causados são observados em redução do tamanho das espigas e grão não completamente cheios, de cores desbotadas, chochos e ardidos (EMBRAPA, 2011).

O fungo *P. maydis* é um ascomiceto que apresenta ascas hialinas e possuem oito ascósporos hialinos, retos ou ligeiramente curvos, com três septos com dimensões de 14,5 a 17,5 por 3,5 a 5 µm. Os picnídios apresentam coloração escura e contém esporos hialinos (PEREIRA et al., 2005).

As condições ambientais de temperaturas noturnas entre 14ºC e 20ºC, umidade relativa do ar em torno de 60%, plantio tardio, disponibilidade de água na superfície foliar, favorecem a infecção do fungo e predispõe a planta à

doença. Estas condições variam na literatura, considerando Silva; Menten (1997) as temperaturas entre 24 e 30°C, umidade relativa elevada e baixa luminosidade como as favoráveis para o desenvolvimento do fungo, enquanto que, Fernandes et al. (2000) constataram índices mais severos da doença sob temperatura mínima do ar e umidade relativa média iguais ou superiores a 14°C e 60%, respectivamente. Estes mesmos autores observaram que nestas condições ótimas de temperatura, porém com umidade relativa inferior à 60% a doença não ocorreu, concluindo que o fator umidade foi determinante para o aparecimento das lesões.

Para que se tenha um controle eficiente da doença deve-se utilizar de maneira correta práticas de manejo como, uso de cultivares resistente, evitando o plantio de cultivares mais suscetíveis em épocas ou locais que sejam muito úmidos e chuvosos, especialmente nos períodos vegetativos e de florescimento da cultura. Outro manejo importante é a eliminação de restos culturais por rotação de culturas, visto que há estruturas do fungo e que podem se alojar na palhada, e ainda, devem ser realizadas adubações equilibradas de nitrogênio, fósforo e potássio. Em alguns casos, há a necessidade de usar fungicidas na parte aérea da planta (FANTIN, 2006).

Segundo Costa et al. (2009), quando se opta pelo uso de fungicidas, estes devem ser aplicados cinquenta dias após a semeadura para se proteger os estádios reprodutivos da planta e nas aplicações subsequentes se deve verificar a severidade da doença.

2.1.4 Ferrugem Polissora

A Ferrugem Polissora é causada pelo fungo *Puccinia polysora* Underw, fazendo parte das principais doenças do milho no Brasil. Segundo Casela; Ferreira (2002), as condições favoráveis são temperaturas entre 23 e 28 °C e alta umidade relativa do ar e pode causar perdas de 50% da produtividade final Von Pinho (1999) devido os danos de redução de área foliar, redução de vigor e peso de grãos, senescência precoce e acamamento das plantas. Os sintomas típicos da doença são a formação de pústulas marrom clara de formatos circulares e ovais e presentes normalmente na face adaxial da folha.

Considera-se esta ferrugem de maior importância nas regiões onde o milho é cultivado em altitudes inferiores a 700 m e elevadas temperaturas e

umidades, sendo constatadas severas epidemias em toda a região Centro Oeste do Brasil, noroeste de Minas Gerais, São Paulo e parte do Paraná (CASELA et al., 2006).

Para o manejo desta doença há o requerimento de práticas como: uso de cultivares resistentes, escolha de época adequada ao plantio, evitando coincidência dos estádios onde a planta é mais suscetível com os períodos de alta pressão de inóculo e uso de aplicação de fungicidas quando há eleveda pressão de inóculo e presença de cultivares suscetível (COSTA et al., 2009).

O desenvolvimento de cultivares resistentes à Ferrugem Polissora, adaptadas à região Sul, é, provavelmente, a mais importante estratégia a ser adotada para o manejo desta doença. Outra alternativa é o uso de fungicidas, recomendado em situações de elevada pressão da doença e na presença de cultivares suscetíveis.

2.1.5 Helmintosporiose Comum

Segundo Kamikoga et al. (1991), doença é favorecida por condições de umidade relativa do ar e temperaturas elevadas e seus danos podem atingir 50% quando em alta intensidade antes do pendoamento.

A helmintosporiose comum, causada pelo fungo *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonar & Suggs. considerada dentre as doenças mais antigas e importantes relacionadas à cultura do milho no Brasil. Apesar de apresentar maior importância no cultivo de milho de pipoca e/ou no plantio da segunda safra (CASELA et al., 2006).

Os sintomas caracterizam-se pela formação de lesões foliares necróticas, alongadas e elípticas, de tamanhos entre 2,5 a 15 cm de comprimento com coloração verde-acinzentada a marrom (PEREIRA, 1997). A Helmintosporiose ocorre inicialmente nas folhas inferiores e progride para a parte superior da planta.

As perdas provocadas pela doença dependem da severidade e do estádio de desenvolvimento da cultura na época de infecção (PEREIRA, 1997). A redução do rendimento de grãos em híbridos suscetíveis explica-se pela severidade das doenças nas folhas imediatamente abaixo da espiga (PATAKY, 1992).

2.1.6 Ferrugem Comum

A Ferrugem Comum, causada por *Puccinia sorghi* pertencente ao Reino Fungi, divisão *Basidiomycota*, classe *Teliomycetes*, ordem *Uredinales*, família *Pucciniaceae,* sendo dentre as doenças do milho, a mais antiga e mais estudada, por estar amplamente distribuídas pelas regiões produtoras, ocorrendo de modo mais severo entre altitudes entre 800 a 1500 m (PINTO; FERNANDES; OLIVEIRA, 1997; FERNANDES; OLIVEIRA, 2000). A caracterização da doença se deve à presença de pústulas elípticas e alongadas nas duas faces da folha, nas bainhas e colmos, com produção de uredósporos de coloração marrom canela. Segundo Pereira (1997), as pústulas tornam-se mais escuras devidas o desenvolvimento dos teliósporos. Em condições de severidade elevada podem ocorrer clorose e morte das plantas.

As condições ambientais que favorecem a ação do fungo fitopatogênico são temperaturas moderadas e umidade relativa alta, com temperaturas extremas entre 7 °C e 35 °C, ou seja, temperaturas fora deste intervalo prejudicam o fungo de modo a paralisar o seu desenvolvimento (VITTI et al., 1995).

A disseminação pode ser pelo vento, água, insetos e outros agentes disseminadores, seja por longas ou pequenas distâncias, sendo o primeiro possível a partir, principalmente, pelo vento. Esta disseminação pode alcançar longas distâncias, até mesmo de continente para continente e ainda favorecer a distribuição dos esporos pela planta (PEREIRA et al., 2005).

Os danos são principalmente devido à redução da área fotossintética da planta de milho, que pode causar clorose e senescência precoce, os quais irão afetar no momento do enchimento de grãos e resultar em quedas na produção (PEREIRA et al., 2005).

2.1.7 Mancha Foliar de Cercospora

A Mancha Foliar de Cercospora, relatada pela primeira vez no Brasil no ano de 1953, porém, ocorreu severamente no ano 2000 e atualmente considera-se como das mais importantes doenças da cultura do milho (PINTO, 2004). Sua severidade acentua-se por condições de alta umidade relativa e temperatura diurna associada a noites frias com formação de orvalho. As perdas na produção de grãos

ocasionadas por esta doença variam de 20 a 60 % e na região do cinturão do milho nos Estados Unidos, estas perdas chegam a até 50% (WARD et al., 1999). Segundo Casela et al. (2006), a Mancha Foliar de Cercospora ocorre praticamente em toda região produtora de milho, principalmente na região Centro Sul do Brasil, onde a severidade em cultivares suscetíveis podem causar perdas superiores à 80%. A disseminação por meio de esporos em restos culturais e o transporte destes pelo vento e respingos de água. Ao eliminar, portanto, restos culturais há a possibilidade de reduzir essa fonte de inóculo para a próxima safra e outras áreas.

Quanto a sua etiologia, a doença está associada à duas espécies de fungos: *Cercospora zeae-maydis* Tehon & Daniels e *Cercospora sorghi* Ellis & Everh f. sp. *maydis* Ellis & Everh (CHUPP, 1953).

As lesões causadas apresentam formato retangular, delimitando-se pelas nervuras da folha quanto à sua largura. São de coloração marrom, mas em condições favoráveis para o desenvolvimento do fungo podem adquirir coloração acinzenta devida intensa esporulação. Em desenvolvimento pleno atingem até 6 cm de comprimento com 2 a 4 mm de largura. Quando observadas contra a luz, as lesões jovens apresentam um halo clorótico característico e dentro de duas a três semanas estas lesões se alongam formando estrias antes de atingirem seu formato retangular (CASELA; FERREIRA, 2003).

Testes realizados por Brandão (2002) quantificou os danos causados pela Mancha Foliar de Cercospora mediante a aplicação de fungicida azoxystrobin e observou variações de severidades sendo 40 a 51%, 19 a 27% e 15 a 25% para híbridos suscetíveis, moderadamente resistentes e resistentes, respectivamente.

Os fungicidas que se mostram mais eficientes no controle da doença são os sistêmicos, do grupo dos triazóis, benzimidazóis e estrobilurinas. Os fungicidas azoxystrobin, propiconazole, flutriafol, trifloxystrobin + propiconazole, tebuconazole e piraclostrobin + epoxiconazole reduziram significativamente a severidade da Mancha Foliar de Cercospora (HORST et al., 2003). E ainda, trabalhos realizados por Juliatti et al., (2002) mostraram a eficiência de fungicidas em diferentes épocas de aplicação e na relação custo/benefício, o azoxystrobin foi o mais adequado para o controle desta doença.

2.1.8 Mancha de Diplodia

A Mancha de Diplodia é causada pelo fungo *Stenocarpella macrospora,* descrita pela primeira vez sobre colmos de milho no ano de 1896 no estado do Alabama, Estados Unidos e causando Mancha de Diplodia na África do Sul mais tarde, em 1979 (CASA et al., 2006). No Brasil, o relato foi feito por Johann (1973), no estado de São Paulo, causando podridão em sementes. Entretanto, as Manchas de Diplodia somente foram relatadas nas folhas em 1973, na Bahia (RAM; RAM; ROCHA, 1973). Este fungo é frequentemente detectado em sementes.

Inicialmente, as lesões em alguns híbridos apresentam-se na forma de tecido clorótico evoluindo para necrose. Estas lesões com formato irregular e comprimento de 1 a 3 cm, apresentando-se coloração parda e anéis concêntricos mais escuros a partir do ponto inicial da lesão. Pequenos pontos negros, subepidérmicos, isolados ou agrupados são observados sobre as lesões em necrose, os chamados picnídios, observam-se ainda cirros longos os extrudando (REIS; CASA; BRESOLIN, 2004).

O fungo *S. macrospora*, necrotrófico, apresentando fase parasitária na planta viva e fase saprofítica em restos culturais, podendo-se encontrar o patógeno nas sementes de milho na forma de micélio e sobre os restos da cultura sobre a superfície do solo na forma de picnídios. O principal veículo de disseminação do patógeno, portanto, é a semente infectada (PEREIRA et al., 2005).

Além da redução da capacidade fotossinética por meio das lesões nas folhas, o patógeno pode, devido a alta produção de inóculo sobre as lesões, transportar-se para outras partes da planta, infectando colmos e espigas. O milho até então é a única cultura que o *S. macrospora e Stenocarpella maydis* hospeda no Brasil e sabe-se que estes fatores ligam-se diretamente à produção de grãos ardidos (PEREIRA; CARVALHO; CAMARGO, 2005).

O uso do tratamento de sementes com fungicidas visa eliminar possíveis micélios associados às estas sementes e ainda protege-la contra o patógeno no solo. Os fungicidas utilizados para esta erradicação são comumente do grupo dos benzimidazóis (CASA et al., 1998).

Juliatti, et al. (2007) observaram que o uso de fungicidas triazóis e estrobilurinas (piraclostrobina + epoxiconazole e azoxystrobina + ciproconazole e

azoxystrobina) reduziram a incidência de grãos ardidos quando aplicados via foliar após 45 e 60 dias após a semeadura.

2.2 CONTROLE QUÍMICO DE DOENÇAS NA CULTURA DO MILHO

No Brasil, a partir do final da década de 90, houve um aumento considerável na incidência e severidade das doenças de milho, acarretando perdas consideráveis em produtividade nas principais regiões produtoras do país (JULIATTI et al., 2007; PINTO, 2004).

Dos fatores que contribuíram para o crescimento na intensidade das doenças do milho, podem ser citados a expansão da fronteira agrícola, a ampliação das épocas de semeadura (safra e safrinha), os cultivos contínuos de milho, a adoção do sistema de plantio direto sem rotação de culturas, o aumento do uso de sistemas de irrigação e o uso de cultivares suscetíveis que estão entre os mais importantes, por promoverem modificações importantes na dinâmica populacional dos patógenos (PEREIRA et al., 2005), resultando num aumento gradual do potencial de inóculo desses organismos nas áreas de cultivo.

2.2.1 Uso de Fungicidas em Milho no Brasil

Estudos quanto ao uso de controle químico em doenças da cultura do milho vêm crescendo em paralelo ao aumento dos índices de disseminação e severidade destas. A partir da década de 1990 começaram os estudos comparativos entre doses e épocas de aplicação de fungicidas no milho. Resultados obtidos por Galli et al. (1995) mostraram que utilizando doses de 0,75 e 1,0 kg/ha de tebuconazole via aplicação foliar houve uma queda significativa do número de pústulas da Ferrugem Polissora (*Puccinia polysora*) na cultura do milho. Ainda, Pinto (1999) utilizou uma cultivar suscetível à Mancha de Phaeosphaeria (HB 200) para comparar duas doses de macozeb (1,6 e 2,4 $kg.ha^{-1}$) e de oxicloreto de cobre (0,35 e 0,7 $kg.ha^{-1}$), com 4, 5 e 10 pulverizações para controlar esta doença. O primeiro tratamento proporcionou aumentos entre 16,8 e 63,1 % de produção, sendo esta produção aumentada conforme aumentou-se as doses e número de aplicações,

enquanto que o oxicloreto apresentou fitotoxicidade e produções semelhantes às testemunhas.

2.2.2 Uso e Efeito dos Triazóis no Controle das Doenças

Segundo Ronchi et al. (1997) os triazóis inibem o citocromo P450-dependente14α-demetilase, que é uma via biossintética dos esteróis e ao inibir tal biossíntese rompe-se a integridade da membrana, reduz a disponibilidade de ergosterol, rompendo a membrana e o escoamento eletrolíquido. O ergosterol é o principal esterol presentes nos fungos, sendo assim esses tipos de fungicidas sistêmicos são muito eficazes no controle de doenças, com exceção das que são causadas por *Pythium* e *Phytophthora*, pois estes não sintetizam esteróis (BERGAMIN FILHO et al., 1995).

Devido às dificuldades impostas pelo seu modo de ação, os triazóis são um grupo químico que apresentam menor ocorrência de resistência para um determinado patógeno (Ghini; Kimati, 2000), diferentemente dos benzimidazóis, que mostraram resistência de populações de patógenos.

Juliatti et al. (2004), no entanto, observaram ineficiência do uso dos triazóis Propiconazole e Difenoconazole para o controle da Mancha de Phaeosphaeria (*Phaeosphaeria maydis)*. Porém, este fato pode ser explicado devido à divergência quanto à etiologia da doença, pois segundo Paccola-Meirelles et al. (2001) o patógeno primário da Mancha Foliar de Phaeosphaeria é na verdade a bactéria *Pantoea ananas,* enquanto que a *P. maydis* tem ação secundária e estes triazóis não apresentam ação secundária sobre a bactéria, não fazendo assim o controle esperado.

2.2.3 Uso e Efeito das Estrobilurinas no Controle das Doenças

Fungicidas naturais derivados do ácido β-methoxyacrylico foram os precursores das estrobilurinas. Estes fungicidas naturais são produzidos por uma série de fungos basidiomicetos decompositores de madeira. Eles têm uma atividade antifúngica por meio da inibição da respiração mitocondrial pela do sítio Q0 denominado complexo citocromo bcl, presente na membrana interna de fungos e outros eucariotos. Isto faz com que haja uma interrupção do ciclo de energia dentro

do fungo cessando a produção de ATP. Estudos mostram ainda que a germinação de esporos e a mobilidade de zoósporos são sensíveis às estrobilurinas (BARTLETT, 2002).

As estrobilurinas podem ser absorvidas através da camada de cera da superfície foliar devido sua estreita afinidade, formando assim uma deposição no órgão suscetível. Em seguida, pela sua fase de vapor, o produto pode ser distribuído novamente (BARTLETT et al.,2002).

Ter conhecimento sobre a ação provocada pela estrobilurina nos diferentes estádios de desenvolvimento do fungo tem sido relevante para que sejam realizadas aplicações em momentos ideias para que se obtenham resultados mais satisfatórios quanto ao controle das doenças. Estas aplicações devem ser preferencialmente realizadas antes da infecção ou em estádios iniciais do desenvolvimento do patógeno para potencializar os efeitos contra a germinação dos esporos e motilidade dos zoósporos (BARTLETT et al., 2002).

Além da ação antifúngica desta molécula, há ainda uma influência em fatores fisiológicos da planta, o que faz com que essa associação promova melhores condições de expressão do potencial dos híbridos, com relação à qualidade e produtividade das culturas. Na cultura do milho, segundo estudos realizados por Brachtvogel et al. (2010), não houve observação de efeitos mediante a aplicação de estrobilurinas, sem a ocorrência de efeitos benéficos mesmo em condições de estresse à planta. Contudo, ainda se fazem necessários mais estudos a fim de avaliar possíveis efeitos fisiológicos com o uso desta molécula.

2.3 Época de Controle das Doenças

O uso de fungicidas permite que seja reduzida a área abaixo da curva de progresso da doença, aumentando a produtividade e, além disto, um fator preponderante para o controle químico é a época em que o mesmo é realizado, bem como o uso de mais de uma aplicação na cultura.

Aplicações de azoxistrobina + ciproconazol quando aplicados em combinações de épocas (7 folhas – V7 + pedoamento – VT) foi mais eficiente no controle de doenças do que somente no pendoamento. Quando aplicado piraclostrobina + epoxiconazole também se mostrou mais eficiente quando aplicado em combinação em V7 e pendoamento, seguido de somente em V7 e

posteriormente em pendoamento. Semelhante os resultados de azoxistrobina + ciproconazole foram os tratamentos com picoxistrobina + ciproconazole (RAMOS, 2011). De maneira geral, os resultados obtidos por Ramos (2011) apresentaram-se na média das épocas para todos os fungicidas e híbridos testados, o programa de duas épocas de aplicação (V7 e pendoamento) como o mais eficiente, obtendo maior redução da área abaixo da curva de progresso da doença, especificamente a Helmintosporiose, com redução de 38% em relação a época de aplicação no pendoamento, 24% em relação à V7 (7 folhas) e 56% comparado com a média das testemunhas.

O uso de triazol + estrobilurina, testados com aplicações em V8, VT e V8 + VT apresentaram controle de Cercosporiose, Mancha Branca e Helmintosporiose, sendo a máxima eficácia de controle de 68,75%, 65% e 96,15%, respectivamente. Com relação à produtividade, a testemunha apresentou 101 $sc.ha^{-1}$, enquanto que com aplicações em em V8, VT e V8 + VT apresentaram 118, 123 e 127 $sc.ha^{-1}$, respectivamente, comprovando as variações em relação à época de aplicação. (SILVA et al., 2009).

2.4 METANÁLISE

2.4.1 Conceitos e Aplicações

Segundo Finney (1995) a utilização do termo metanálise foi feito pela primeira vez, para este sentido, por G.V Glass, em 1976 em seu artigo intitulado “Primary, secondary and meta-analysis of research”, na revista Educational Research. Posteriormente a isso diversos trabalhos foram utilizados técnicas estatísticas para combinar ou reunir dados já publicados ou utilizados em outros estudos, sem, entretanto ter se fixado um termo específico para definir o método utilizado.

O termo metanálise associa-se a métodos quantitativos, ou seja, para se configurar uma metanálise não basta que se analisem quantitativamente os resultados de trabalhos anteriores como em uma revisão, pois é imprescindível uma nova análise estatística dos dados ou resultados reunidos para que se obtenha uma conclusão. A metanálise permite chegar a conclusão em caso de resultados

aparentemente discordantes (BOISSEL et al., 1989; BOISSEL, 1994; D`AGOSTINO; WEINTRAUB, 1995).

A metanálise aplica-se em diversos conjuntos de dados, no entanto somente se valida se os dados forem coletados de forma que sejam sintetizados do maior número de fontes. Com isso metanálise apresenta-se como forma de estimar a magnitude, consistência e homogeneidade do efeito de interesse a ser avaliado (ROSENBERG et al. 2004; BORENSTEIN et al. 2009; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010; MADDEN; PAUL, 2011; NGUGI et al., 2011). Cada estudo incluído na metanálise tem uma diferente influência e peso em seu resultado final (BORENSTEIN et al. 2009).

2.4.2 Medidas de Efeito

Existem diversas medidas de efeito e a escolha de qual utilizar depende do objetivo da metanálise e da natureza das variáveis-resposta dos estudos (ROSENBERG et al., 2004; MADDEN; PAUL, 2011). Nas áreas de agronomia, fitopatologia, ecologia, são frequentemente utilizadas a diferença média absoluta ou padronizada e o log da razão de resposta Log (R). A diferença média absoluta é dada pela subtração do valor obtido no tratamento desejado com o obtido no tratamento testemunha. É uma medida de efeito intuitiva e informativa quando a medida é feita em uma mesma escala de avaliação nos diferentes estudos (MADDEN; PAUL, 2011).

A maioria das metanálises conduzem-se com o modelo de efeitos fixos ou de efeitos aleatórios (BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN; PAUL, 2011).

No modelo de efeitos fixos, assume-se que existe um efeito de tratamento que se subjaz a todos os estudos na análise, e que todas as diferenças observadas nos efeitos de tratamentos são devidas 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 (BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN; PAUL, 2011).

2.4.3 Modelo de Efeitos Fixos

Para o modelo de efeitos fixo é assumido que todos os estudos na

metanálise compartilham de uma 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 é o mesmo em todos os estudos (BORENSTEIN et al. 2009; FIELD; GILLETT, 2010; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010).

Assim, qualquer variação entre estudos é atribuída ao erro amostral. Para minimizar esta variação é atribuído um peso diferente a cada estudo com base em uma 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 que se assume que todos os estudos incluídos na análise são idênticos, e a segunda que se objetiva computar o efeito do tratamento para uma determinada população e não extrapolar o resultado para outras populações (BORENSTEIN et al. 2009; RODRIGUES; ZIEGELMANN, 2010).

2.4.4 Modelo de Efeitos Aleatórios

Segundo Viechtbauer (2010), grande parte das metanálises são realizadas com um conjunto de estudos independentes que não são exatamente idênticos, o que faz com que a medida de efeito não seja necessariamente a mesma para todos os estudos (BORESTEIN, 2009). Nestes casos é comum considerar o modelo de efeitos aleatórios.

Assume neste modelo que no conjunto de estudos amostrados possui distribuição normal e o efeito do tratamento pode variar de acordo com o estudo (BORENSTEIN et al. 2009; 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 dentro de cada ensaio, sendo importante a obtenção de uma variabilidade, como desvio padrão, variância ou coeficiente de variação (BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN; PAUL, 2011).

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

$$Y_i = \mu + \zeta_i + \varepsilon_i$$

Onde,

Y_i - efeito observado do tratamento no estudo

ζ_i - média geral dos efeitos observados

μ - variação real do efeito dos tratamentos

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. Com base no erro estimado em cada estudo e a variância entre estudos (tau) ponderam-se então os diferentes pesos de cada estudo no resultado final da metanálise, devido a isso os pesos são relativamente menores do que no de efeitos fixos (BORENSTEIN et al. 2009; MADDEN; PAUL, 2011).

2.4.5 Modelo de Efeitos Mistos

Na metanálise este modelo é mais utilizado por considerar covariáveis ou variáveis moderadoras para explicar as variabilidades dos diferentes estudos das medidas de efeito. Este modelo permite identificar quais covariáveis exercem influência significativa na estimativa da medida de efeito global (PAUL et al., 2006; PAUL et al., 2010; MADDEN ; PAUL, 2011).

2.4.6 Metanálise na Agronomia

Em fitopatologia a metanálise vem sendo utilizada para sumarizar resultados de eficiência de fungicidas obtidos através de diversos experimentos conduzidos em diferentes locais e anos. Atualmente a metanálise foi utilizada em estudos de contaminação de grãos por micotoxinas Paul et al. (2005); Paul et al. (2006), relação entre intensidade de doença e produtividade Rosemberg; Garrett (2004); Sha; Dillard (2006); Dalla lana et al. (2015), eficiência de fungicidas para o controle de ferrugem da soja e da giberela do trigo Paul et al. (2007); Scherm et al.

(2009) e metanálise da resposta de híbridos de milho e fungicidas foliares no cinturão do milho dos Estados Unidos (Paul et al., 2011).

De acordo com Doré et al. (2011), a metanálise deve ser mais utilizada em ensaios agronômicos. Uma quantidade considerável de dados experimentais está disponível em artigos publicados em periódicos da área agronômica. Tais dados podem ser revisados, combinados e analisados com técnicas estatísticas para ranquear sistemas de cultivo (dentro de um determinado ambiente) de acordo com seu impacto na produção. Ainda citam que a metanálise serve com alternativa aos modelos de simulação de (MAKOWSKI et al, 2009).

3 ARTIGO

METANÁLISE DO GANHO EM PRODUTIVIDADE COM APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS FOLIARES EM MILHO NO BRASIL

3.1 RESUMO

A partir dos anos 2000, constatou-se que houve aumento no uso de fungicidas foliares na cultura do milho no Brasil, porém encontra-se inconsistência com potencial ganho no rendimento em produtividade com o seu uso. Através da metanálise avaliou-se a relação da aplicação foliar de fungicidas em milho no Brasil com a produtividade. A revisão bibliográfica sistemática sobre o tema foi realizada em artigos publicados em revistas científicas e anais de congresso, a fim de sumarizar os efeitos desta prática, objetivando-se de reunir dados das respostas em incremento de produtividade para respectiva cultura. Para tal revisão adotaram-se critérios para seleção dos trabalhos a serem incluídos no estudo. Após a seleção dos dados, calculou-se as medidas de efeito (diferença de produtividade em $kg.ha^{-1}$ entre o tratamento aplicado e a testemunha sem aplicação). A revisão forneceu dados de 23 publicações, totalizando-se 309 medidas de efeito. Através do software R, realizou-se a metanálise, aplicando-se o modelo de efeitos aleatórios, pois constatou-se alta heterogeneidade entre os estudos. Posteriormente aplicou-se o modelo de efeito misto, afim de explicar a alta heterogeneidade, onde, criou-se variáveis moderadoras: “Grupos químicos”, “Número de aplicações”, “Estádio em que ocorreram as aplicações” e “Época de cultivo”. Em posse da estimativa metanalítica das variáveis moderadoras, calculou-se a probabilidade positiva e negativa de ganho em produtividade e nos níveis de 2, 5 e 10 sacas de 60 $kg.ha^{-1}$. Os resultados da metanálise para variável (Geral) e as variáveis moderadoras foram significativamente positivos, P-valor<0,0001, com estimativa metanalítica geral dos estudos de 845,3 $kg.ha^{-1}$ e intervalo de confiança entre 771,4 $kg.ha^{-1}$ e 919,3 $kg.ha^{-1}$. Para os resultados das variáveis moderadoras, a probabilidade de resposta positiva nos ganhos em produtividade e nos níveis de 2, 5 e 10 sacas 60 $kg.ha^{-1}$, destacaram-se a classe estrobilurina com (89,4%, 88,0%, 81,0% e 69,5%), aplicações realizadas no vegetativo+reprodutivo com (90,9%, 88,2%, 83,1% e 72,0%), com três aplicações (91,2%, 88,5%, 83,5% e 72,4%). As demais moderadoras apresentaram-se com percentual de probabilidade de ganho positivo em produtividade acima de 80%. Demonstrou-se através da metanálise que a aplicação de fungicidas foliares em milho favoreceu o incremento de produtividade da cultura nos estudos analisados no Brasil, no entanto, fatores como viabilidade econômica e manejo integrado de doenças devem ser considerados para utilização desta prática .

Palavras-chave: tratamento químico, produtividade, forest plot, probabilidade de ganho.

Gain meta-analysis in productivity with foliar fungicide application on corn in Brazil

3.2 ABSTRACT

From the 2000s, it was found that there was an increase in the use of foliar fungicides on corn crop in Brazil, but there is inconsistency with potential gain in yield productivity with its use. Through meta-analysis, the relation of foliar application of fungicides on corn in Brazil with productivity was evaluated. A systematic literature review on the topic in articles published in scientific journals and annals of congress was conducted in order to summarize the effects of this practice, aiming to gather data from the responses in productivity growth to its culture. For such a review, criteria for selection of papers to be included in the study were adopted. After the data selection, the effect measures (productivity gap in kg ha^{-1} applied between the treatment and the control without application) was calculated. The review provided data from 23 publications, totaling up 309 effect measures. The meta-analysis was performed through software R, and it was applied the random effects model, as it was found high heterogeneity among the studies. Later, the mixed effect model was applied in order to explain the high heterogeneity among the studies, where moderating variables were created: “chemical groups”, “number of applications”, “stadium where applications occurred”, “cultivation season” and “region where the procedures were conducted”. In possession of the meta-analytic estimate of moderating variables, the positive and negative probability of gains in productivity and on levels of 2, 5 and 10 sacks of 60 kg ha^{-1} was calculated. The results of the meta-analysis for variable (overall) and the moderating variables were significantly positive, P-value <0.0001, with the overall meta-analytical estimate of the studies of 845.3 $kg.ha^{-1}$ and a confidence interval of 771.4 kg. ha^{-1} and 919.3 $kg.ha^{-1}$. For the results of moderating variables, the probability of a positive response in productivity gains and on levels of 2, 5 and 10 sacks of 60 kg ha^{-1} the strobilurin class with 89.4%, 88.0%, 81.0% e 69.5%) stood out, applications performed in the vegetative + reproductive with (90.9%, 88.2%, 83.1% e 72.0%) with three applications (91.2%, 88.5%, 83.5% e 72.4%). The other moderator variables presented with percentage of positive gain probability in productivity over 80%. Through meta-analysis it has been shown that foliar fungicide application on corn favored the crop yield increment in the studies analyzed in Brazil, however, factors such as economic viability and integrated pest management should be considered for using this practice.

Keywords: Chemical treatment, productivity, meta-analysis, forest plot, gain probability.

3.3 INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se no cenário mundial entre os maiores produtores de grãos. Na safra 2013/2014 a produção de milho aproximou-se de 75 milhões de toneladas, em área de 15,3 milhões de hectares, posicionando-se como terceiro maior produtor e segundo maior exportador do grão (CONAB, 2014). A cultura do milho (*Zea mays* L.) é cultivada em todas as regiões produtoras de grãos do país, sob diferentes características de clima, solo e nível de tecnologia que favorece a ocorrência de diversas doenças, pois esses fatores se relacionam diretamente com a incidência e severidade das mesmas (SANGOI et al., 2000).

Os principais métodos de manejo das doenças do milho no Brasil realizavam-se com uso de híbridos ou variedades resistentes associadas a medidas culturais. A partir do ano 2000, quando ocorreu no sudoeste do estado de Goiás severa epidemia de cercosporiose (*Cercospora zeae maydis* Tehon & E.Y Daniels), verificou-se acentuado aumento da utilização de fungicidas em áreas comerciais do grão (COSTA et al., 2012).

Resultados de pesquisa, no Brasil e no exterior, demonstraram os efeitos positivos da aplicação de fungicidas no manejo de doenças foliares em milho e na redução de perdas em produtividade (HARLAPUR et al., 2009; JULIATTI et al., 2007; PINTO et al., 2004). No entanto, outro aspecto a ser considerado é a significativa instabilidade na obtenção dos aumentos de produtividade pela utilização de fungicidas, ou seja, não ocorre repetibilidade desses ganhos, quando consideradas variações em fatores como variedades ou híbridos, intensidade de doença, sistemas de produção e nível tecnológico empregado. Fatores como estes levaram à formação de opiniões favoráveis e contrárias sobre a real necessidade e viabilidade da utilização de fungicidas em milho (COSTA, et al., 2009).

Diante do exposto, o entendimento das relações entre intensidade de doenças e produtividade se torna importante para estabelecer estratégias de manejo (SAVARY et al., 2006; MADDEN et al., 2007; DALLA LANA et al., 2015).

A metanálise, de acordo com Madden; Paul (2011) enquadra-se como procedimento estatístico adequado para análise de revisão quantitativa de estudos independentes. Em fitopatologia a metanálise vem sendo utilizada para sumarizar resultados de eficiência de fungicidas obtidos através de diversos experimentos conduzidos em diferentes locais e anos. Atualmente a metanálise foi

utilizada em estudos de contaminação de grãos por micotoxinas (Paul et al. (2005); Paul et al. (2006), relação entre intensidade de doença e produtividade (Rosemberg; Garrett (2004); Sha; Dillard (2006); Dalla lana et al. (2015), eficiência de fungicidas para o controle de ferrugem da soja e da giberela do trigo (Paul et al. (2007); Scherm et al. (2009) e metanálise da resposta de híbridos de milho e fungicidas foliares no cinturão do milho dos Estados Unidos (Paul et al., 2011).

Objetivou-se com este trabalho sumarizar através de modelos metanalíticos os dados de produtividade referentes ao uso de fungicidas em aplicações foliares sobre a cultura do milho no Brasil, demonstrando-se qual potencial de ganho em produtividade com esta prática.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Critérios para seleção dos trabalhos

A revisão sistemática dos trabalhos publicados sobre o tema foi realizada via busca na literatura. Para o objetivo deste trabalho, realizou-se revisão em artigos publicados em revistas científicas e resumos expandidos de anais de congresso, objetivando-se reunir trabalhos de aplicações foliares de fungicidas em milho e obter dados das respostas em incremento de produtividade para a respectiva cultura. Os critérios adotados para seleção foram: Trabalhos realizados no Brasil, independente se em primeira ou segunda safra, com utilização de aplicações foliares de fungicidas dos grupos químicos triazol ou estrobilurina com pelo menos uma aplicação, trabalhos que apresentassem dados de produtividade dos tratamentos fungicidas e da testemunha, com no mínimo três repetições e que apresentassem alguma medida de variância como desvio padrão, erro padrão ou coeficiente de variação (Tabela 1).

Tabela 1 – Características dos trabalhos onde foram extraídos os dados utilizados neste estudo. Título do trabalho, número de medidas de efeito utilizadas (n), referência do autor do trabalho e local de publicação

Título	n	Referência	Local de Publicação
1 - Eficiência de fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho	12	Jardine; Laca-buendía (2009).	FAZU em revista Uberaba.
2 - Progresso da ferrugem tropical do milho (*Zea mays* L.) sob diferentes tratamentos fungicidas	5	Costa, M.F et al. (2008)	Summa Phytopathologica.
3 - Avaliação da eficiência de fungicidas no controle da cercosporiose (*cercospora zeae-maydis*) na cultura do milho	7	Pinto, N.F.J.A. et al. (2004)	Revista Brasileira de Milho e Sorgo.
4 - Desempenho agronômico de híbridos de milho, em função da aplicação foliar de fungicidas	8	Vilela et al. (2012)	Biosci. J.
5 - Eficácia da associação de fungicidas e antibióticos no manejo da mancha branca do milho e seu efeito na produtividade	10	Juliatti et al. (2014)	Biosci. J.
6 - Efeito da cercosporiose no rendimento de híbridos comerciais de milho	13	Brito, A.H. et al. (2007)	Fitopatologia Brasileira.
7 - Avaliação da eficiência de fungicidas no controle de mancha branca (*phaeosphaeria maydis)* na cultura do milho	4	Calgaro et al. (2010)	Anais do XIX Encontro Anual de Iniciação Científica.
8 - População de plantas e uso de piraclostrobina na cultura do milho: alterações agronômicas e fisiológicas	2	Brachtvogel (2010)	Tese Doutorado, UNESP, Botucatu SP
9 - Doses de nitrogênio e fontes de cu e mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho	4	Tomazela et al. (2006)	Revista Brasileira de Milho e Sorgo.
10 - Controle da feosferia, ferrugem comum e cercosporiose pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação na cultura do milho	40	Juliatti et al. (2004)	Biosci. J.
11 - Avaliação de desempenho de cultivares de milho safrinha no município de Sinop-MT	3	Silva et al. (2013)	XII Seminário Nacional de milho safrinha.
12 - Controle químico da cercosporiose, mancha-branca e dos grãos ardidos em milho	12	Brito, A.H. et al. (2013)	Revista Ceres.
13 - Avaliação de fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho	11	Diniz Campos et al. (2009)	X Seminário Nacional de milho safrinha.
14 - Aplicação de fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho	3	Costa, D.F et al. (2012)	Revista Brasileira de Milho e Sorgo
15 - Eficácia de diferentes fungicidas na cultura do milho	20	Duarte et al. (2009)	Biosci. J.
16 - Controle químico de doenças foliares em cultivares de milho safrinha transgênicos no estado de são paulo	39	Fatin et al. (2013)	XII Seminário Nacional de milho safrinha.
17 - Controle químico de ferrugem polisora e de helmintosporiose com diferentes fungicidas e épocas de aplicação e seu efeito na produtividade	15	Grigolli e Lourenção (2013)	XII Congresso Nacional de milho safrinha.

18 - Aplicação de fungicidas em diferentes estádios fenológicos da cultura do milho (*Zea mays*) no controle de doenças.	21	Koguishi (2011)	Tese Mestrado UEPG – Ponta Grossa PR
19 - Frequencia e época de aplicação de fungicidas e seus efeitos em híbridos de milho (*Zea mays* L.)	27	Ramos (2011)	Tese Mestrado UFSM – Santa Maria RS
20 - Controle de doenças com fungicida em milho safrinha	3	Swartz; Marchioro (2009)	Revista Cultivando o saber
21 - Controle preventivo de doenças foliares em híbridos comerciais de milho com fungicidas em espaçamento reduzido	40	Zanatta (2013)	Tese Mestrado Unicentro – Guarapuava PR
22 - Eficiência comparativa de cinco fungicidas na produtividade de milho em condições de campo	5	Scapin; Neto (2011)	XVI Seminário Interinstitucional de ensino Pesquisa e extensão
23 - Eficiência e qualidade das aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho	5	Costa (2009)	Tese doutorado UPF Passo Fundo RS

Após a seleção dos trabalhos, as informações com as médias de produtividade dos tratamentos foram extraídas e incluídas em uma nova planilha, onde descreveu-se as seguintes informações: diferença de produtividade entre o tratamento fungicida e a testemunha (medida de efeito), coeficiente de variação do ensaio, época de aplicação (vegetativo ou reprodutivo), considerando-se aplicações no pendoamento como fase reprodutiva, número de aplicações de fungicidas (uma duas ou três) e grupos químicos utilizados (triazol, estrobilurina, mistura (triazol+estrobilurina) e os demais grupos encontrados foi agrupado em (outros grupos químicos). Selecionou-se 52 trabalhos, onde após aplicados os critérios de seleção foram aproveitados dados de 23 ensaios, o que totalizou 309 medidas de efeito (diferenças de produtividade entre tratamento foliar fungicida e testemunha em $kg.ha^{-1}$).

3.4.2 Análises dos dados

Após a seleção dos dados calculou-se as medidas de efeito pela diferença absoluta entre os tratamentos fungicidas e as respectivas testemunhas (produtividade no tratamento - produtividade na testemunha). Posteriormente, para verificação da viabilidade da metanálise realizou-se o teste de Shapiro-Wilk, onde constatou-se a normalidade dos mesmos, gerando gráfico de frequência da distribuição e gráfico “forest plot”, que verifica para cada variável analisada, o comportamento do efeito dos tratamentos e erro padrão dos mesmos. Com os dados de coeficiente de variação de cada estudo analisado, calcularam-se as variáveis

desvio padrão e erro padrão:

$$\delta = (c.v * \bar{y})/100$$

Onde o desvio padrão (δ) do ensaio se dá pela multiplicação do coeficiente de variação (c.v) com a média de produtividade entre tratamento e testemunha ($\bar{y}$), dividido por cem e;

$$SE = \delta/\sqrt{n}$$

Erro padrão (SE) através da divisão do desvio padrão (δ) pela raiz quadrada do número de repetições (n) de cada estudo.

De acordo com Borenstein et al. (2009); Madden; Paul (2011), quando o conjunto de estudos amostrados possui distribuição normal, o efeito do tratamento pode às vezes ser maior ou menor, variando de estudo para estudo, sendo recomendável utilizar o modelo de efeito aleatório. Escolheu-se o modelo de efeito aleatório, em detrimento ao fixo, pois assumiu-se que o conjunto de estudos primários selecionados forma uma amostra de uma população de ensaios. A avaliação da heterogeneidade do modelo aleatório foi feita pelo teste Q (HEDGES, 1981) e estatística I^2 (HIGGINS; THOMPSON, 2002; HIGGINS et al., 2003)

Após a estimativa da medida de efeito global, variáveis moderadoras foram introduzidas no modelo de efeitos aleatórios. Elas foram definidas com base em características dos estudos como prováveis fatores que explicariam a heterogenidade entre os mesmos. Um modelo de efeitos mistos foi ajustado para cada variável moderadora, para avaliar a magnitude da influência de cada uma dessas variáveis na medida de efeito global. Criou-se quatro variáveis moderadoras e dentro delas suas classes: 1) Grupo químico dos fungicidas utilizados composto pelas classes (estrobilurina, triazol, mistura estrobilurina+triazol e outros grupos); 2) Número de aplicações foliares de fungicidas com uma, duas ou três aplicações; 3) Época das aplicações composta por vegetativo, reprodutivo ou vegetativo+reprodutivo e 4) Época de cultivo composto pelo período em que os estudos foram conduzidos primeira ou segunda safra.

Após a definição do modelo a ser seguido calculou-se então a

probabilidade de ganho, que apresenta parâmetros que fornecem a dimensão de qual probabilidade do tratamento avaliado proporcionar um benefício em determinado nível de produtividade. A metodologia para o cálculo do mesmo foi a sugerida por Paul et al. (2010) e Madden; Paul (2011):

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

Onde,

ζnew = 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

#

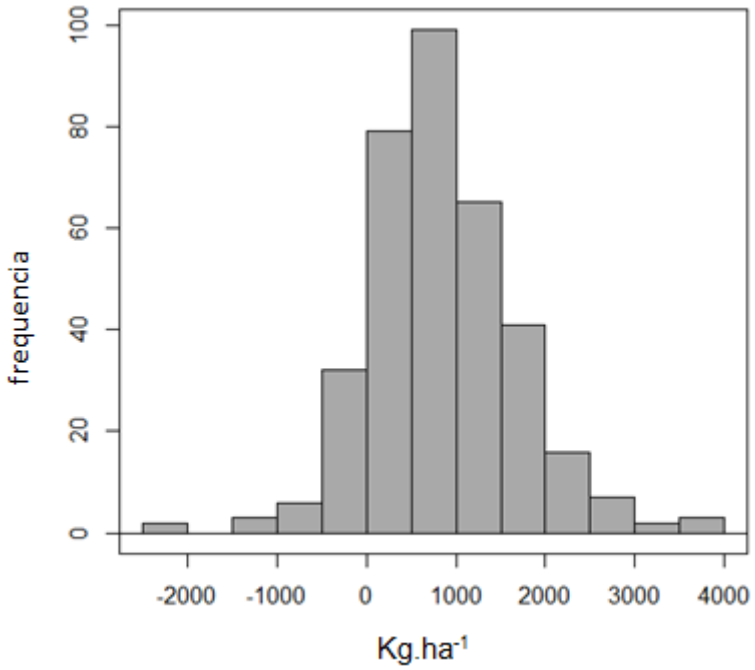
As estatísticas dos modelos metanalíticos foram ajustadas utilizando o pacote Metafor (The metafor package) (VIECHTBAUER, 2010) através do software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

Com base nos resultados das análises dos conjuntos de dados obtidos e das variáveis moderadoras geradas, possibilitou-se analisar através dos resultados metanalíticos a relação do uso de fungicidas em aplicação foliar com a produtividade para a cultura do milho no Brasil.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Objetivando-se avaliar a relação do uso de fungicidas foliares na cultura do milho com a produtividade da cultura, realizou-se metanálise com os dados obtidos através da revisão de literatura. Previamente a realização da metanálise testou-se a normalidade dos dados através do teste Shapiro-Wilk que constatou normalidade dos mesmos. Após gerou-se o histograma que demonstrou-se graficamente que a frequência da distribuição das medidas de efeito (diferenças de produtividade entre tratamentos com aplicação fungicidas em milho e testemunha) apresentou-se com distribuição normal (Figura 1).

Figura 1 – Histograma da distribuição das diferenças de produtividade (kg.ha^{-1}) dos tratamentos com e sem aplicação de fungicidas foliares em milho obtidos através da revisão bibliográfica realizada no Brasil



Após comprovada a normalidade dos dados, gerou-se o gráfico forest plot (Figura 2), onde apresentou-se a distribuição das 309 medidas de efeito dos dados obtidos pela revisão bibliográfica. Neste gráfico as médias relacionadas à diferença de produtividade em kg.ha^{-1} entre os tratamentos com aplicação foliar de fungicidas e a testemunha sem aplicação encontram-se classificados em ordem crescente representado pelas barras verticais, acompanhadas de suas medidas de variância (erro padrão) representada pelas linhas. Observou-se que quarenta e três

medidas de efeito analisadas reduziram a produtividade e outros 266 a incrementaram, com intervalo de confiança variando de -2133 a 3760 kg.ha^{-1}.

Na Figura 3 encontram-se os gráficos de quantis (Fig. A), onde se apresenta o comportamento dos dados em relação a normalidade dos mesmos e gráfico de dispersão (Fig. B), indicando a assimetria e concentração da maior parte dos dados para o lado positivo.

Figura 2 – Diferenças de produtividade (kg.ha^{-1}) entre tratamentos com aplicação de fungicidas foliares em milho e a testemunha sem aplicação (representado em barras) e seus respectivos erros padrões (representado pelas linhas), para as 309 medidas de efeito obtidas através do levantamento realizado no Brasil

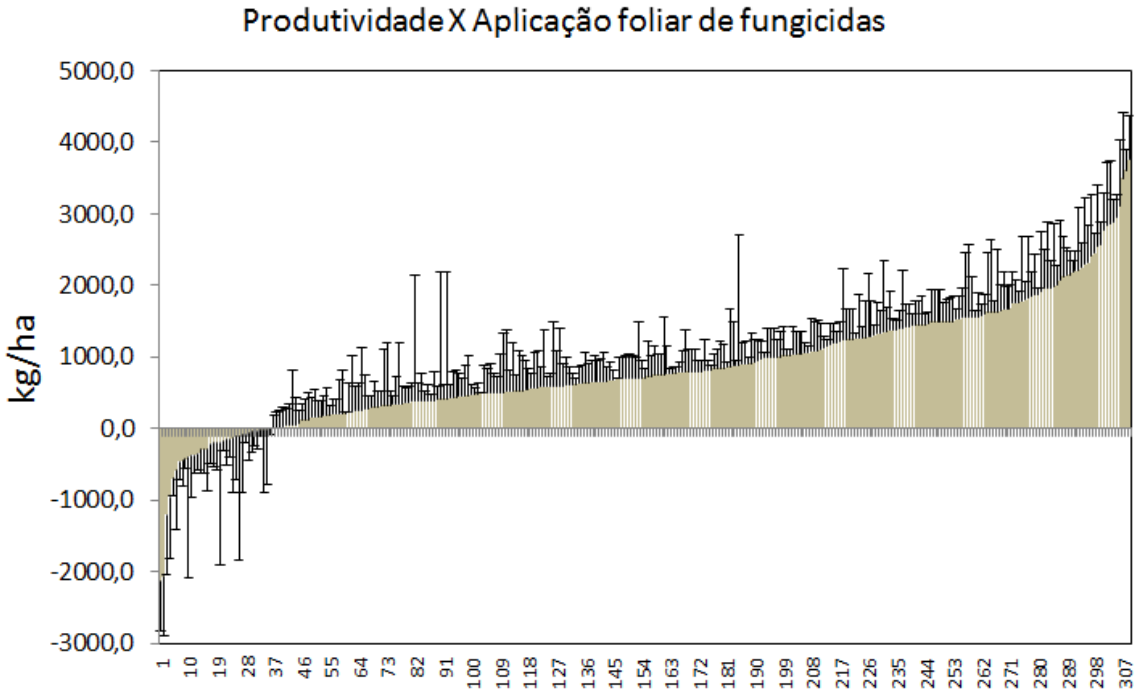
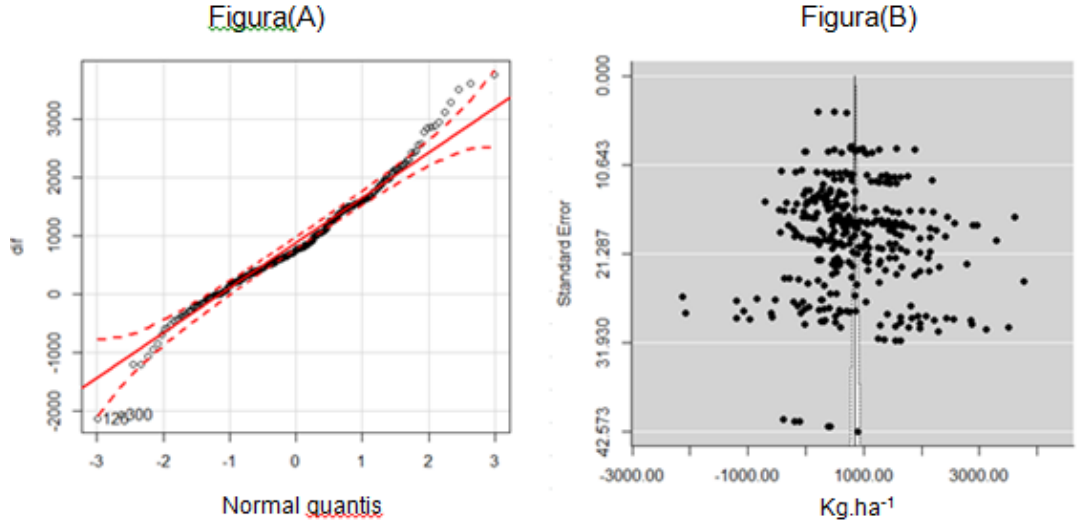


Figura 3 – Dispersão dos dados em gráfico de probabilidade normal (Q-Q plot - figura A) gráfico funil (Figura B) com a distribuição das diferenças obtidas entre a produtividade de tratamentos com aplicação de fungicidas foliares em milho e a testemunha sem aplicação, considerando as 309 diferenças observadas com a análise dos dados obtidas através da revisão bibliográfica para cultura do milho no Brasil



Após constatadas as normalidades das medidas de efeito, realizou-se a sumarização das mesmas através do ajuste em dois modelos metanalíticos. Primeiramente obteve-se estimativa global para medidas de efeito, como análise exploratória da heterogeneidade entre os estudos, utilizou-se o modelo de efeitos aleatórios. Posteriormente ajustou-se em modelos de efeitos mistos, onde objetivou-se avaliar a influência de variáveis moderadoras. A escolha do modelo aleatório em detrimento ao fixo deu-se, pois, assumiu-se que o conjunto de dados selecionados forma amostra de uma população de ensaios.

Com a definição dos modelos a serem utilizados, realizou-se a metanálise através do software R, com uso do pacote metafor (VIETCHBAUER, 2010).

A metanálise realizada pelo modelo aleatório considerou-se todas as 309 medidas de efeito (Geral), demonstrando-se que os dados foram significativos, com heterogeneidade pelo Q test e estatística I^2 de 99,95%, P-valor <0,0001 e intervalo de confiança que variou de 771,4 kg.ha^{-1} a 919,3 kg.ha^{-1} (Tabela 2).

Tabela 2 – Estimativa metanalítica, tau^2 (variância entre os estudos), Teste Q (heterogeneidade entre estudos), K (número de estudos analisados), valor e limites inferiores e superiores do intervalo de confiança da estimativa das análises das variáveis dos dados de diferença de produtividade (kg.ha^{-1}) com e sem aplicação foliar de fungicidas na cultura do milho no Brasil

Variável		Estimativa metanalítica	P valor	Limite inferior	Limite Superior
Geral***	(K=309)	845,3	<0,0001	771,4	919,3
tau^2		439477,1108			
Teste Q		Pvalor<0,0001			

Níveis de significância: (0***) (0,001**) (0,01*) (0,05.)

Com o objetivo de verificar possíveis covariáveis que expliquem a alta heterogeneidade determinada pela estatística I^2 e Q test ajustou-se pelo modelo misto as quatro variáveis moderadoras (Grupos químicos com as classes triazol, estrobilurina, mistura estrobilurina+triazol e outros grupos, moderadora época de aplicação com as classes vegetativo, reprodutivo e vegetativo+reprodutivo, moderadora número de aplicações com as classes uma, duas ou três aplicações e moderadora época de cultivo com as classes safra e safrinha. Todas as variáveis moderadoras analisadas apresentaram alta heterogeneidade pela estatística I^2. Analisando-se a tabela 3 dentro das classes da variável moderadora Grupo Químico, observou-se que as classes triazol, estrobilurina e mistura (estrobilurina+triazol) apresentaram P-valor<0,0001 diante de P-valor 0,0018 de outros grupos. Com base na estimativa metanalítica a classe das estrobilurinas mostrou-se mais produtiva com 1014,2 kg.ha^{-1}, seguido pela mistura (estrobilurina+triazol) com 838,4 kg.ha^{-1}, triazol com 841,7 kg.ha^{-1} e outros grupos com 716,5 kg.ha^{-1}.

Trabalhos demonstraram a eficiência dos fungicidas destes grupos químicos citados (Tabela3) na redução de doenças e incremento na produtividade da cultura do milho (PINTO et al., 2004; JULIATTI et al., 2007; Costa et al., 2012; HARLAPUR et al., 2009; PAUL et al., 2011; COSTA et al., 2012).

Tabela 3 – Estatística da metanálise de efeitos mistos, cada variável moderadora com suas respectivas classes, número de estudos analisados (K), heterogeneidade dos estudos (I^2), Estimativa metanalítica, nível de significância do estudo (P-valor), limites inferiores e superiores do intervalo de confiança da estimativa das análises das variáveis moderadoras dos dados de diferença de produtividade (kg.ha^{-1}) com e sem aplicação foliar de fungicidas na cultura do milho e variância entre os estudos (tau^2)

[a]Moderadora	Classe	[b]K	[c]I^2	[d]E.Met.[3]	[e]P-valor	[f]Lim. Inf.[4]	[f]Lim. Sup.[4]	[g]Tau^2
[1]Grupo Químico	Triazol	56	99,96%	841,7	<0,0001	629,3	1054,1	657209,1
	Estrobilurina	25		1014,2	<0,0001	696,3	1332,1	
	Mistura (Estrob.+Trzl)	208		838,4	<0,0001	728,2	948,6	
	Outros grupos	20		716,5	0,0018	361,1	1071,9	
[2]Época de aplicação	Vegetativo	154	99,96%	722,5	<0,0001	596,9	940,2	632419,8
	Reprodutivo	41		696,7	<0,0001	453,2	848,2	
	Vegetativo+Reprodutivo	114		1064,6	<0,0001	918,6	1210,6	
[3]Número de Aplicações	1	183	99,96%	679,3	<0,0001	565,2	793,5	620516,1
	2	83		1095,5	<0,0001	926,0	1265,1	
	3	43		1068,6	<0,0001	833,1	1304,1	
[4]Época de Cultivo	Safra	181	99,96%	943,9	<0,0001	826,6	1061,2	644626,4
	Safrinha	128		701,1	<0,0001	561,9	840,2	

[a]Variáveis moderadoras: [1]Grupo Químico: Classes dos Grupos Químicos (Triazol, Estrobilurinas, mistura Estrobilurinas+Triazol e outros grupos); [2]Época de aplicação (Vegetativo, Reprodutivo e Vegetativo+Reprodutivo);[3] Número de aplicações (1, 2 e 3),[4] Época de cultivo (Safra e Safrinha);.[b]Número de estudos analisados (K). [c] Heterogeneidade das variáveis estudadas (I^2); [d]Estatística metanalítica, ponto estimado em kg.ha^{-1}. [e]P valor (nível de significância do estudo);[f] intervalo de confiança em kg.ha^{-1} (Limites inferiores e superiores);. [g] Variância entre os estudos (Tau^2).

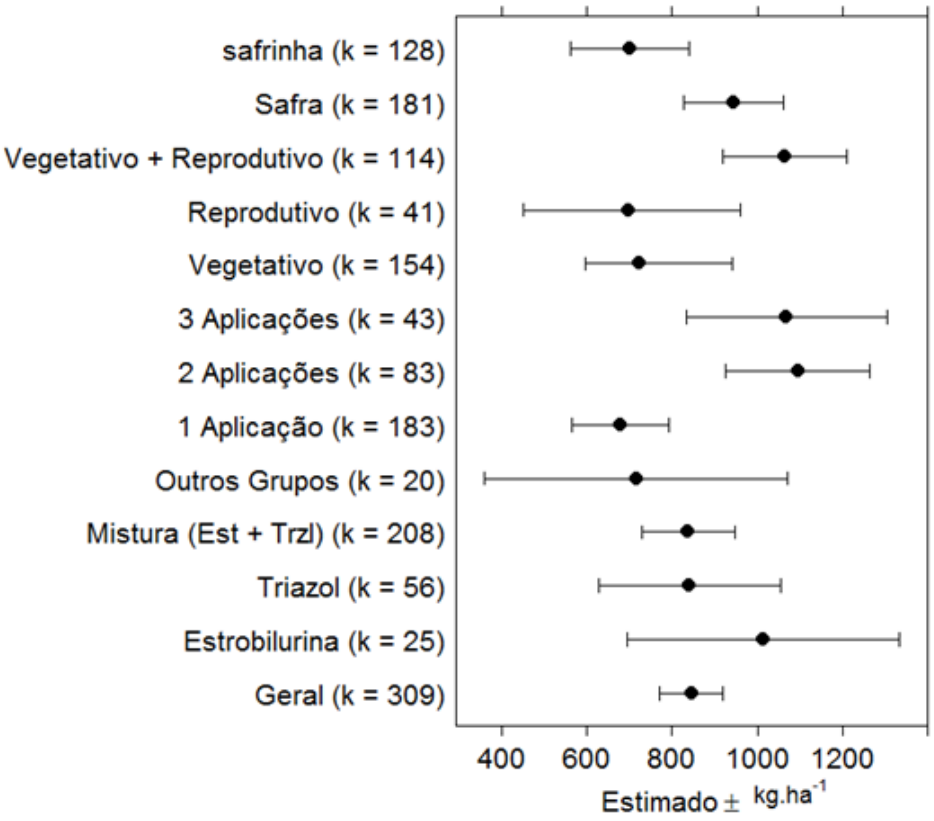
Paul et al. (2011), utilizaram resultados de experimentos de aplicação foliar de fungicidas dos grupos químicos (estobilurinas+triazóis) e estrobilurinas realizados em duas aplicações no vegetativo e reprodutivo, no período de 2002 a 2009, em quatro estados dos Estados Unidos, para determinar a resposta de produtividade do milho e constataram que o milho responde em produtividade à aplicação dos produtos, no entanto, em situações onde ocorre alta pressão de doenças, as respostas de produtividade apresentam-se mais consistentes que em baixa pressão, o mesmo observado por Wise; Muller (2011).

Aplicações conjuntas nos estádios vegetativo e reprodutivo da cultura do milho apresentaram estimativa metanalítica superior (1064,6 kg.ha^{-1}) a aplicação somente no vegetativo (722,5 kg.ha^{-1}) e reprodutivo (696,7 kg.ha^{-1}). Silva et al. (2009) comparou uso de fungicidas (estrobilurinas+triazol) aplicados nos estádios vegetativo, reprodutivo e vegetativo+reprodutivo, com resultados de produtividade similares com os apresentados na metanálise da variável moderadora época de aplicação. O mesmo observou-se para o número de aplicações, onde apesar do maior número de aplicações na cultura realizarem-se de forma preventiva no estádio vegetativo, demonstrou-se que apesar dos números de aplicações serem

significativos (P-valor <0,0001), as estimativas metanalíticas aumentam conforme aumenta o número das aplicações, com 679,3 $kg.ha^{-1}$ para uma aplicação, 1095,5 $kg.ha^{-1}$ para duas aplicações e 1068,6 $kg.ha^{-1}$ para três aplicações. Os resultados obtidos na variável moderadora época de cultivo, safra apresentou-se com estimativa metanalítica de 943,9 $kg.ha^{-1}$ e safrinha de 701,1 $kg.ha^{-1}$, que pode explicar-se pelo fato da safrinha ser cultivada extemporaneamente, geralmente em condições climáticas onde os regimes de chuva são menores nas principais regiões produtoras geralmente ocorre a diferença de produtividade entre as duas épocas de cultivo no Brasil (EMBRAPA, 2008).

Na figura 4 demonstrou-se graficamente a metanálise, com dados da variável analisada (Geral) com as respectivas classes das variáveis moderadoras, onde no centro da linha do intervalo de confiança, refere-se ao ponto médio estimado em $kg.ha^{-1}$, a esquerda refere-se ao limite inferior e a direita ao limite superior. Como já citado e demonstrado anteriormente todos os dados foram significativos, apresentando relação do uso de fungicidas em aplicações foliares na cultura do milho.

Figura 4 – Metanálise das medidas de efeito estimadas por modelos aleatórios (geral) e modelos de efeitos mistos com o uso das variáveis moderadoras: tipo de grupo químico de fungicidas utilizados (triazol, estrobilurina, mistura estrobilurina triazol ou outros grupos), época de aplicações (vegetativo ou reprodutivo), número de aplicações (1, 2 ou 3) e época em que foram conduzidos os experimentos (primeira ou segunda safra) e seus respectivos números de estudos (k) em cada modelo ou classe



Com os resultados da metanálise, a estimativa metanalítica e medida de variância dos dados (Tau^2), possibilitou-se calcular a probabilidade de ganho positivo em produtividade e nos níveis de 2, 5 e 10 sacas 60 $kg.ha^{-1}$ (Tabela 4). Demonstraram-se para análise de todos os estudos as probabilidades de 89,8%, 88,1%, 79,4% e 64,4% respectivamente. Para as variáveis moderadoras “Grupo químico”, a probabilidade de retorno positivo e nos níveis de 2, 5 e 10 $sacas.ha^{-1}$ foram de (89,4%, 88,0%, 81,0% e 69,5%) para estrobilurina, (85,0%, 81,3%, 74,7% e 61,7%) para triazol, (84,9%, 83,1%, 74,6% e 61,5%) para mistura estrobilurina+triazol. A moderadora “Número de aplicações” apresentou probabilidades de ganho para uma aplicação de (80,6%, 76,1%, 68,4% e 54,0%), duas aplicações com (91,8%, 89,2%, 84,3% e 73,5%) e três aplicações com (91,2%,

88,5%, 83,5% e 72,4%). Para “Época das aplicações” observou-se que para aplicação realizada no estádio reprodutivo a probabilidade de ganho foi de (80,9%, 76,5%, 69,1% e 54,8%), no estádio vegetativo de (81,8%, 77,5%, 70,2% e 56,1%) e para vegetativo+reprodutivo de (90,9%, 88,2%, 83,1% e 72,0%). Indicou-se com estes resultados que a aplicação de fungicidas foliares em milho apresentou relação positiva com a produtividade da cultura do milho no Brasil. Costa et al. (2012) citando resultados de Paul et al. (2011), sugerem que mesmo havendo ganhos de produtividade com aplicações foliares de fungicidas, estudos de viabilidade econômica faz-se necessário para se concluir até que ponto tais ganhos viabilizam uma ou mais de uma aplicação foliar na cultura do milho.

Tabela 4 - Probabilidade de ganho em resposta em produtividade positiva, negativa em 2, 5 e 10 (sacas.ha^{-1}) sob a aplicação de fungicidas foliares na cultura do milho, nos estudos obtidos pela revisão bibliográfica, análise geral das 309 medidas de efeito e de suas variáveis moderadoras estrobilurina, triazol, mistura estrobilurina+triazol e outros grupos químicos, uma, duas e três aplicações e aplicações nos estádios vegetativo, reprodutivo e vegetativo+reprodutivo

TRATAMENTOS	POSITIVO (%)	NEGATIVO (%)	2 SACAS (%)	5 SACAS (%)	10 SACAS (%)
Geral	89,8	10,2	88,1	79,4	64,4
Estrobilurina	89,4	10,6	88,0	81,0	69,5
Triazol	85,0	15,0	81,3	74,7	61,7
Mistura (Est.+trzl)	84,9	15,1	83,1	74,6	61,5
Outros Grupos químicos	81,1	18,9	79,0	69,6	55,7
1 Aplicação	80,6	19,4	76,1	68,4	54,0
2 Aplicações	91,8	8,2	89,2	84,3	73,5
3 Aplicações	91,2	8,8	88,5	83,5	72,4
Vegetativo	81,8	18,2	77,5	70,2	56,1
Reprodutivo	80,9	19,1	76,5	69,1	54,8
Vegetativo+Reprodutivo	90,9	9,1	88,2	83,1	72,0

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sugere-se estudo de viabilidade econômica para detectar até que ponto o número e época de aplicações de fungicidas em milho torna-se viável para cultura e para manutenção de um sistema economicamente sustentável.

A metanálise apresenta-se como ferramenta importante nos estudos agronômicos para compreensão de resultados que necessitem de uma estimativa de

resposta mais detalhada, para melhor entendimento de parâmetros com resultados oscilantes e que apresentem tendências.

3.7 CONCLUSÃO

A aplicação de fungicidas foliares na cultura do milho relacionou-se à produtividade, apresentando respostas positivas para todas as variáveis analisadas.

A estimativa metanalítica geral dos dados foi de 845,3 $kg.ha^{-1}$ com intervalo de confiança entre 771,4 $kg.ha^{-1}$ e 919,3 $kg.ha^{-1}$.

A probabilidade de ganho em produtividade com o uso de fungicidas foliares em milho demonstrou que para a variável com os dados gerais como para as variáveis moderadoras a probabilidade de retorno positivo foi acima de 80%, o que através da metanálise dos dados de revisão de trabalhos publicados no Brasil, confirma que a aplicação de fungicidas foliares em milho favoreceu positivamente a produtividade.

REFERÊNCIAS

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5 ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005.

AGROCERES. **Guia Agroceres de Sanidade.** São Paulo: Sementes Agroceres, 1996.

BARTLETT, D. W. et al. Review: The strobilurin fungicide. **Pest Management Science.** v.58. n.7. 2002.

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia.** 3ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 1995.

BOISSEL, J.P.; BLANCHARD, J.; PANAK, E. Considerations for the meta analysis of randomized clinical trials. Summary of a panel discussion. **Controlled clinical trials**, Lyon – França, v.10, n.3, p.254-281, 1989.

BOISSEL, J.P.Méta-analyse des essais cliniques; intêrets et limites. **Archives des Maladies Du coeur et des vaisseaux**, Deauville – França, v.87, n.4, p.11-17, 1994.

BOMFETI, C. A. et al. Localization of Pantoea ananatis inside lesions of maize white spot disease using transmission electron microscopy and molecular techniques. **Tropical Plant Pathology**, v.33, p.63-66, 2008.

BORENSTEIN, M.; HEDGES, L.V.; HIGGINS, J.P.T.; ROTHSTEIN, H.R. **Introduction to Meta-analysis**. Wiley and sons. United Kingdom, 2009.

BRANDÃO, A. M.; JULIATTI, F. C.; BRITO, C. H.; GOMES, L. S. Épocas de aplicação de fungicidas para o controle da cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*) em híbridos de milho com diferentes níveis de resistência. **Fitopatologia Brasileira.** Brasília. 2002. v. 27.

BRACHTVOGEL, E. L. **População de plantas e uso de piraclostrobina na cultura do milho: alterações agronômicas e fisiológicas.** 2010. Dissertação – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Botucatu. São Paulo.

BRUNELLI, K. R.; SOBRINHO, C. A.; CAVALCANTI, L. S.; FERREIRA, P. T. O.; CAMARGO, L. E. A. Germinação e penetração de *Stenocarpella macrospora* em folhas de milho. **Fitopatologia Brasileira.** v.30. p. 187-190. 2004.

CASA, R. T.; REIS, E. M.; ZAMBOLIM, L. Fungos associados à semente de milho produzida na região sul e Sudeste do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v.23, n.3, p.370-373, maio-junho. 1998.

CASA, R.T.; REIS, E.M.; ZAMBOLIM, L. Doenças do Milho Causadas por Fungos do Gênero *Stenocarpella.* **Fitopatologia Brasileira**, n. 31, v. 5, p. 427-439, set-out, 2006.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. Variability in isolates of *Puccinia polysora* in Brazil. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.27, p. 414-416, 2002.

CASELA, C. R.; FERREIA, A. S. A Cercosporiose na Cultura do Milho. **Circular Técnica 24.** Brasília: EMBRAPA. 2003.

CASELA, C.R. et al. Doenças na cultura do milho. **CircularTécnica 83**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 14p.

CHUPP, C. **A monograph of the fungus genus *Cercospora***. New York NY. The Ronald Press. 1953.

CONAB; **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v.1 – Safra 2013/2014, n.8-oitavo levantamento, Brasília, maio de 2014, p.66-72. Acesso em 20 mai.2014.disponívelem:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_10_10_12_36_boletim_portugues_dezembro_2013.pdf>.

COSTA, V.R; COTA, V.L. Controle químico de doenças na cultura do milho: aspectos a serem considerados na tomada de decisão sobre aplicação. **Circular Técnica 125.** Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 11p.

COSTA, R. V. da COTA, L. V.; SILVA, D. D; MEIRELLES, W.F; LANZA, F.E. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de estrobilurinas em milho. **Tropical plant pathology**, vol.37:246-254, 2012.

D'AGOSTINO, R. B.; WEINTRAUB, M. Meta-analisys: A method for synthesizing research. **Clinical pharmacology an Terapeutics**, Alexandria, VA, v.58, n.6, p.605-616, 1995.

DALLA LANA, F.; DEL PONTE, E.M.; ZIEGELMANN P. K.; MAIA, A. de H.N.; GODOY, C.V. Meta-analysis of the relationship between crop yeald and soybean rust severity. **Phytopathology**. V.105. p.307-315, 2015.

DEAGRO, **Boletim safra mundial de milho 2014/2015-4^{0} levantamento do USDA**.2014**.** Disponível em:< http://sna.agr.br/deagro-divulga-boletim-informativo-sobre-o-4o-levantamento-da-safra-mundial-de-soja-e-milho-20142015/>.Acesso em 23 ago. 2014.

DORÉ, T., MAKOWSKI, D., MALÉZIEUX, E., MUNIER-JOLAIN, N., TCHAMITCHIAN, M., TITTONELL, P. Facing up to paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge. **European Journal of Agronomy** v.34, p.197-210, 2011.

EMBRAPA; **Cultivo do milho**. EMBRAPA-CNPMS, 2008. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/economia.htm >. Acesso em: 20/05/2014.

EMBRAPA, **Cultivo do milho.** EMBRAPA-CNPMS.2011**.** Disponível em:< http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/economia.htm>.Acessoem 20 ago. 2014.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2ª ed., 360p. Piracicaba, 2004.

FANTIN, G. M. Tratar ou não? **Revista Cultivar**. Pelotas. n.38. p. 11-14. Agosto 2006.

FANTIN, G.M.; DUARTE, A.P. **Manejo de Doenças na Cultura do Milho Safrinha**. Campinas: Instituto Agronômico. 2009. 99p.

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. de. **Principais doenças na cultura do milho.** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 80 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular técnica, 26).

FERNANDES, F.T.; OLIVEIRA, E. **Principais doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 2000. 80p.

FIELD, A.P.; GILLET, R. How to do a meta-analysis. **British Journal of Mathematical and Statistical Psycology**. v.63, p.665-694, 2010.

FINNEY, D. A statistician at meta-analysis. **Journal of Clinical Epidemiology,** New Haven, v. 48, n. 1, p. 87-103, 1995.

GALLI, M. A.; SALVO, S.; CERVO, J. C.; PARADELLA, A. Avaliação da eficiência de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem (*Puccinia polysora* Underw.) na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Fitopatologia Brasileira.** Brasília. v.20. p.309. 1995.

GALINAT, W.C. The origin of maize: grain of humanity. New York: **New York Botanical Garden Journal**, v. 44, p.3-12, 1995.

GHINI,R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2000.

HARLAPUR, S. I.; KULKARNI, M. S.; SRIKANT KULKARNI PATIL, B. C. Assessment of crop loss due to turcicum leaf blight caused by *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard and Suggs in maize. **Indian Phytopathology**, New Delhi, v. 62, n. 2, p. Sistema de Integração Lavoura-Pecuária: O modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo 11 144-154, 2009.

HEDGES, L. V. Distribution Theory for Glass's estimator of effect size and related estimators. **Journal of Educational Statistics**, v. 6, n. 2, p. 107- 128, 1981.

HENNINGS, P. V. Fungi S. Paulenses II. **Puttermans collect: Hedwigia**, Dresden, v.41, p.295-311, 1902.

HIGGINS, Julian; THOMPSON, Simon G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. **Statistics in medicine**, v. 21, n. 11, p. 1539-1558, 2002.

HIGGINS, J. P. et al. Measuring inconsistency in meta-analyses. **British Medical Journal**, v. 327, n. 7414, p. 557-560, 2003

HORST, G. C.; DUARTE, R. N.; CAMPOS, J. R.; SILVA, L. H. C. P. Eficácia do controle químico de doenças foliares em milho. **Fitopatologia Brasileira.** 2003.

JOHANN, H.; Diplodia macrospora on corn in Brazil. **Plant Disease Repórter.** 1935. V.19. p.9-10**.**

JULIATTI, F. C.; BRANDÃO, A. M.; BRITO, C. H.; GOMES, L. S. Manejo Integrado de Cercosporiose e viabilidade econômica do uso de fungicidas no Cerrado brasileiro. **Fitopatologia Brasileira.** Brasília. 2002.

JULIATTI, F. C. et al. Controle da feosféria, ferrugem comum e cercosporiose pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação na cultura do milho. **Biosciense Journal.** 2004. Uberlândia. v.20. n.3. p.45-54.

JULIATTI, F. C.; ZUZA, J. L. M. F.; SOUZA, P. P.; POLIZEL, A. C. Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 34-41, 2007.

KAMIKOGA, A. T. M.; SALGADO, C. L.; BALMER, E. Reactionof diferente populations of popcorn (*Zea mays*) to *Helminthosporium turcicum.* **Summa Phytopathologica.** v.17. p. 100-104.1991.

LERAYER, A. **Guia do milho, tecnologia do campo a mesa**: Conselho de informações sobre biotecnologia, 2006. 16p. (Boletim informativo).

MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; VAN DER BOSCH, F. **The study of plant disease epidemics**. St. Paul: APS Press, 2007. p. 411.

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

MAKOWSKI, D., TICHIT, M., GUICHARD, L., VAN KEULEN, H., BEAUDOIN, N., Measuring the accuracy of agro-environmental indicators. **Journal of Environmental Management,** v. 90, p.139–S146, 2009.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil projeções do agronegócio 2011/2012 a 2021/2022.** Brasília, abr. 2012. Disponível em:< http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-20012%20a%202021-2022%20(2)(1).pdf>Acesso em 18 ago. 2014.

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, nº 1, p.31-41, 2011.

OLIVEIRA, E. de; FERNANDES, F. T.; CASELA, C. R.; PINTO, N. F. J. de A.; FERREIRA, A. da S. Diagnose e controle de doenças na cultura do milho. In: GALVÃO e MIRANDA. **Tecnologias de produção do milho.** Viçosa: UFV, p. 227-267, 2004.

PACCOLA-MEIRELLES, L. D.; FERREIRA, A. S.; MEIRELLES, W. F.; MARRIEL, I. E.; CASELA, C. L. Detction of a bacterium associated with a leaf spot desease of maize in Brazil. **J. Phytopathology.** Berlin. v149. 2001.

PATAKY, J.K. Relationships between yield of sweet corn and northern leaf blight caused by *Exserohilum turcicum*. **Phytopathology**, v.82, p.370-375, 1992.

PAUL, P. A.; LIPPS, P. E.; MADDEN, L. V. Relationship between visual estimates of fusarium head blight intensity and deoxynivalenol accumulation 80 in harvested wheat grain: a meta-analysis. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 95, n. 10, p. 1225–1236, 2005.

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, nº9, 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 deoxynivalenol content in wheat. **Phytopathology**, v.97, 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, p.999-1011, 2010.

PAUL, P. A. et al. Meta-analysis of yield response of hybrid field corn to foliar fungicides in the U.S. Corn Belt. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 101, n. 9, p. 1122–32, 2011.

PEREIRA, O.A.P. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. p.538-555.

PEREIRA, O. A. P.; CARVALHO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 2005. v. 2, p.477- 488.

PINTO, N. F. J. A.; FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. Milho (*Zea mays):* controle de doenças. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIN, L. **Controle de doenças de plantas:** grandes culturas. Viçosa: UFV – Departamento de Fitopatologia. Brasília: Ministério da Agricultura e Abastecimento. 1997. v. 2. p. 821-863.

PINTO, N. F. J. A. Eficiência de doses e intervalos de aplicações de fungicidas no controle da mancha foliar do milho provocada por *Phaeosphaeria maydis.* Rane, Payak & Renfro. **Ciência e Agrotec.**, v.23. n.4. p.1006-1009. 1999.

PINTO, N. F. J. A. Controle químico de doenças foliares em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 134-138, 2004.

PINTO, N. F. J. DE A.; SANTOS, M. A. DOS; WRUCK, D. S. M. Principais doenças da cultura do milho. **Informe Agropecuário: Cultivo do milho no sistema de plantio direto**, Belo Horizonte, v.27, n.233, p.7-12, 03 jul. 2006. Bimestral.

PINTO, N. F. J. A.; ANGELIS, B.; HABE, M. H. Avaliação da eficiência de fungicidas no controle da Cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 139- 145, 2004.

R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2010. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 20 de junho de 2013.

RAM, A.; RAM, C.; ROCHA, H. M. **A new desease of maize in Bahia, Brazil, with special reference to its causal organism.** 1973. Turrialba 23. p. 227-230.

RAMOS, J. P. **Frequência e época de aplicação de fungicidas e seus efeitos em híbridos de milho (Zea mays L.).** Santa Maria – RS, 2011.

RANE, M. S.; PAYAK, M. M.; RENFRO, B. L. A. **Phaeosphaeria leaf spot of maize. Indian Phytopatholy Society Bulletin**, v. 03, p. 6-10, 1965.

REIS, E.M.;CASA, R.T.; BRESOLIN, A.C.R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho.** Lages: Graphel, 44p., 2004.

RODRIGUES, C.L.; ZIEGELMAN, P.K. Metanálise: Um Guia Prático**. REV HCPA**, v.30, nº 4, 2010.

RONCHI, A. et al. Effects of triazolic fungicide on maize plant metabolism: modifications of transcript abundance in resistance-related pathways. **Plant Sciense.** v.130. p.51-62. 1997.

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.

SANGOI, L., ENDER, M., GUIDOLIN, A.F., BOGO, A., KOTHE, D. M. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000.

SAVARY, S. et al. Quantification and modeling of crop losses: a review of purposes. **Annual review of phytopathology**, Saint Paul, v. 44, p. 89-112, 2006.

SCHERM, H.; CHRISTIANO, R.S.C.; ESKER, P.D.; DEL PONTE, E.M.; GODOY, C.V. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. 2009. Disponível em:<http://www,sciencedirect.com>. Acesso em 15/06/2014

SHAH, D. A.; DILLARD, H. R. Yield loss in sweet corn caused by Puccinia sorghi : a meta-analysis. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 90, n. 11, p. 1413–1418, 2006.

SILVA, H. P.; MENTEN, J. O. M. Manejo Integrado de Doenças na Cultura do Milho. In: ANTOÑIL LUIZ FANCELLI; DURVAL DOUTORADO-NETO. **Tecnologia da Produção de Milho**. Piracicaba: Esalq/USP, 1997. v.1. p. 40-56.

SILVA, O. C.; SCHIPANSKI, C. A. **Manual de Identificação e Manejo das Doenças no Milho.** Fundação ABC, 2007.

SILVA, L. H. C.; CAMPOS, H. D.; SILVA, J. R. C.; MORAES, E. B.; CARMO, G. L. **Controle Químico de Doenças Foliares no Milho Safrinha.** Milho safrinha – X Seminário Nacional. Rio Verde – Goiás, 2009.

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

VITTI, A. J.; BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L.; FEGIES, N. C. Epidemiologia comparativa entre a ferrugem comum e a helmintosporiose do milho: I. Efeitos de variáveis climáticas sobre os parâmetros monocíclicos. **Summa Phytopathologica.** Jaboticabal. 1995. v. 21. n. 2. p. 127-130.

VON PINHO, R. G.; RAMALHO, M. A. O., SILVA, I. C., POZAR, G. Danos causados pelas ferrugens polissora e tropical do milho. **Fitopatologia Brasileira.** Brasília, 1999. v. 24. p. 400-409

WARD, J. M. J.; STROMBERG, E. L.; NOWELL, D. C.; NUTTER, F. W. Gray leaf spot: a disease of global importance in maize production. **Plant Disease**. 1999. St. Paul. v. 83. n. 10. p. 884-895.

WISE K., MUELLER D. Are fungicides no longer just for fungi? **An analysis of foliar fungicide use in corn**. APSnet Features, DOI:10.1094/APSnetFeature-2011-0531.2011.