



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS BAMBUÍ*
Curso superior de Agronomia

**COMPATIBILIDADE ENTRE HERBICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DA
CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUTOS BIOLÓGICOS A BASE DE *Beauveria bassiana* e
*Metarhizium anisopliae***

CEZAR DIAS DO NASCIMENTO

BAMBUÍ - MG

2019

CEZAR DIAS DO NASCIMENTO

**COMPATIBILIDADE ENTRE HERBICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DA
CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUTOS BIOLÓGICOS À BASE DE *Beauveria bassiana* e
*Metarhizium anisopliae***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia.

Orientação: Prof. Dr. Ricardo Sousa Cavalcanti
Coorientação: Prof. Dr. Ricardo Monteiro
Corrêa

BAMBUÍ - MG

2019

N244c Nascimento, Cezar Dias do.
2019 Compatibilidade entre herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar e produtos biológicos à base *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisoplia*. / Cezar Dias do Nascimento. – Bambuí, 2019.

30 f. : il. color.

Orientador: Ricardo Sousa Cavalcanti.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Campus Bambuí.

1. Controle biológico. I. Cavalcanti, Ricardo Sousa (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí. III. Título.

CDD: 632.96

CEZAR DIAS DO NASCIMENTO

**COMPATIBILIDADE ENTRE HERBICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DA
CANA-DE-AÇÚCAR E PRODUTOS BIOLÓGICOS À BASE DE *Beauveria bassiana* e
*Metarhizium anisopliae***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em 26 de novembro de 2019.

Prof. Dr. Ricardo Sousa Cavalcanti (Orientador – IFMG - *Campus* Bambuí)

Prof. Dr. Ricardo Monteiro Corrêa (Coorientador – IFMG - *Campus* Bambuí)

Prof. Dr. Marcelo Loran de Oliveira Freitas (IFMG - *Campus* Bambuí)

Maísa Paula da Silva (Técnica Laboratorista – IFMG - *Campus* Bambuí)

A toda a minha família, amigos e todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização desta importante etapa em minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me mostrar o caminho certo e proporcionar perseverança durante toda a minha vida.

Gratidão aos meus pais, Rozana e Cicero, por sua presença e amor incondicional, por sempre me incentivarem e acreditarem que eu sou capaz de superar os obstáculos que a vida me apresenta, também pelo incentivo aos estudos e pelo apoio, que serviram de alicerce para as minhas realizações.

Aos meus professores, Orientador Ricardo Sousa Cavalcanti e Coorientador Ricardo Monteiro Corrêa, pelas valiosas contribuições durante todo o processo, cuja dedicação e atenção foram essenciais para que este trabalho fosse concluído satisfatoriamente.

Também agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Bambuí e ao seu corpo docente, que demonstrou estar comprometido com a qualidade e excelência do ensino.

”Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

(Charles Chaplin)

RESUMO

NASCIMENTO, Cezar Dias do. **Compatibilidade entre herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar e produtos biológicos à base de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae***. Bambuí: IFMG – Campus Bambuí, 2019.

O manejo de lavouras contempla a utilização de produtos fitossanitários, dentre eles, os herbicidas. Portanto, a seletividade desses produtos a agentes de controle biológico, como entomopatógenos, deve ser avaliada, principalmente, devido ao uso excessivo que atualmente ocorre em algumas culturas e sua importância no manejo da cana-de-açúcar, pois pode ocorrer um comprometimento na ação dos agentes de controle biológico, ocasionando a perda da sua eficiência. O presente estudo teve como objetivo avaliar a compatibilidade de quatro herbicidas (glifosato, hexazinona+diuron, 2,4 D e atrazina) com produtos biológicos à base de *Metarhizium anisopliae* IBCB425 e *Beauveria bassiana* IBCB66. O experimento foi realizado em condições laboratoriais, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e nove repetições. Os fungos foram inoculados em placas de Petri contendo o meio BDA (batata-dextrose-ágar) com os produtos químicos, os quais foram comparados à testemunha em meio sem adição dos herbicidas. As doses utilizadas foram mensuradas de acordo com a recomendação da dose de cada produto. A avaliação ocorreu 11 dias após a inoculação dos fungos, por meio da medição do diâmetro das colônias. Todos os tratamentos diferiram entre si, sendo que o herbicida glifosato foi o mais compatível com ambos os entomopatógenos, apresentando o maior crescimento de colônias quando comparado com o tratamento-controle. O 2,4 D mostrou-se como o herbicida que apresentou maior incompatibilidade, inibindo completamente o desenvolvimento de *M. anisopliae* IBCB425 e responsável pela menor taxa de crescimento de *B. bassiana* IBCB66. Os tratamentos hexazinona+diuron e atrazina diferiram da testemunha, possibilitando o crescimento de aproximadamente 60 e 75%, respectivamente, em relação à testemunha, para *B. bassiana* IBCB66. Para *M. anisopliae* IBCB425, hexazinona+diuron permitiu um crescimento de 88%, e o herbicida atrazina mostrou-se compatível com o tratamento-controle.

Palavras-chave: Controle biológico, *M. anisopliae* IBCB425, *M. anisopliae* IBCB425.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Cezar Dias do. **Compatibility between herbicides used in sugar cane crop and biological products based on *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae***. Bambuí: IFMG – *Campus* Bambuí, 2019.

Crop management includes the use of phytosanitary products, including herbicides. Therefore, the selectivity of these products to biological control agents, such as entomopathogens, must be evaluated mainly due to their overuse currently occurring in some crops, and to its importance in sugar cane management, therefore, there may be a compromise in the action of biological control agents and cause loss of their efficiency. The present study aimed to evaluate the compatibility of four herbicides (glyphosate, hexazinone + diuron, 2,4 D and atrazine) with the biological products based on *Metarhizium anisopliae* IBCB425 and *Beauveria bassiana* IBCB66. The experiment was carried out under laboratory conditions in a completely randomized design with five treatments and nine replications. The fungi were inoculated in Petri dishes containing the BDA (potato-dextrose-agar) with the chemicals, which were compared to the control without the addition of herbicides. The doses used were measured according to the dose recommendation of each product. The evaluation took place 11 days after fungal inoculation by measuring the diameter of the colonies. All treatments differed from which herbicide glyphosate was the most compatible with both entomopathogens, showing higher colony growth when compared to the control treatment. The 2,4 D showed to be the herbicide that presented the highest incompatibility, completely inhibiting the development of *M. anisopliae* IBCB425 and it was responsible for the lowest growth rate of *B. bassiana* IBCB66. The hexazinone + diuron and atrazine treatments differed from the control allowing growth of approximately 60 and 75% respectively compared to the control for *B. bassiana* IBCB66 a *M. anisopliae* IBCB425, hexazinone + diuron allowed 88% growth and atrazine herbicide was compatible with the control treatment.

Keywords: Biological control, *M. anisopliae* IBCB425, *M. anisopliae* IBCB425.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivo Geral	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1. Cana-de-açúcar.....	12
3.2. Utilização de agroquímicos no controle de plantas daninhas	13
3.3. Controle biológico de pragas.....	14
3.4. Fungos entomopatogênicos.....	15
3.5. <i>Beauveria bassiana</i>.....	15
3.6. <i>Metarhizium anisopliae</i>.....	16
3.7. Efeito de herbicidas sobre fungos entomopatogênicos	17
4 METODOLOGIA	17
4.1. Localização do experimento	17
4.2. Produtos utilizados.....	17
4.3. Instalação do experimento.....	18
4.4. Avaliação de crescimento vegetativo	20
4.5. Análise estatística	20
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	20
6 CONCLUSÃO	24
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é considerada uma das culturas de maior importância no Brasil por apresentar grande adaptabilidade ao clima subtropical e possibilidade de rendimento de diversos produtos e subprodutos. É utilizada como matéria-prima para produção, principalmente, de etanol e açúcar, podendo gerar também aguardente e subprodutos como o bagaço, que é de grande valor econômico na produção de energia e ração animal e, ainda, vinhaça e torta de filtro, que são utilizadas no próprio canavial como fertilizantes.

A presença de plantas daninhas durante o desenvolvimento da cultura gera queda na produtividade, causada pela competição por água, nutrientes, luminosidade e também por, geralmente, hospedar pragas e doenças. Ao atingirem a fase adulta, elas tendem a se entrelaçar aos colmos e folhas, interferindo nos tratos culturais e na colheita (AZANIA et al., 2002).

O manejo de lavouras contempla a utilização de produtos fitossanitários, dentre eles, os herbicidas, cuja aplicação na cultura da cana-de-açúcar é indispensável para um manejo adequado de plantas daninhas, a fim de impedir a interferência destas no desenvolvimento da cultura. Portanto, a seletividade desses produtos a agentes de controle biológico, como entomopatógenos, deve ser avaliada principalmente devido ao uso excessivo que, atualmente, ocorre em algumas culturas, pois pode haver um comprometimento na ação dos agentes de controle biológico, ocasionando a perda da sua eficiência.

O controle de pragas com fungos entomopatogênicos é uma alternativa que pode evitar aplicações químicas desnecessárias, além de se apresentar viável, pelo fato de ser seguro do ponto de vista da proteção ambiental e da saúde. Esses fungos possuem um amplo número de hospedeiros, podendo infectá-los e mantê-los em equilíbrio através de epizootias no campo, onde se destacam como uma ferramenta importante no manejo integrado de pragas (MIP) na agricultura.

Tem se tornado cada vez mais importante o uso de agentes microbiológicos dentro dos programas de MIP, devido à capacidade de reduzirem a introdução de moléculas sintéticas no ambiente. Além disso, combatem as pragas, podendo causar efeitos indesejáveis aos inimigos naturais destas, sendo relevante que os agentes são menos poluentes, e, por isso, têm maior dificuldade para causar o surgimento de insetos resistentes, preservando, ainda, os inimigos naturais. Mesmo não havendo alterações artificiais, estes agentes são eficientes no controle de

pragas, porém não se pode descartar o aparecimento de insetos resistentes no sistema (ALVES et al., 2008).

Na cultura da cana-de-açúcar, o controle biológico é amplamente utilizado no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae), principalmente com o fungo *Metarhizium anisopliae* (ALVES, 1998), e no controle de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae), com o fungo *Beauveria bassiana*, sendo duas das principais pragas desta cultura.

O impacto da aplicação de agroquímicos sobre os entomopatógenos pode ser variável em relação à formulação química dos produtos, à espécie e à linhagem do patógeno e das concentrações utilizadas. Dessa forma, é necessário o conhecimento prévio sobre o efeito dos produtos que serão utilizados, modo de ação, dose adequada e forma de aplicação, para garantir a permanência dos inimigos naturais no agroecossistema.

Estudos *in vitro* expõem os microrganismos ao máximo à ação do agroquímico; entretanto, os estudos em campo são de extrema importância e essenciais, pois é nesta condição que os patógenos atuam naturalmente. Diversos trabalhos foram e são desenvolvidos contribuindo na escolha do produto fitossanitário que menos afete o desenvolvimento dos patógenos. Assim, a busca por produtos mais compatíveis para utilização na lavoura é necessária, para não eliminar ou diminuir a ação dos inimigos naturais, podendo até promoverem uma interação sinérgica quando utilizados em associação com os agentes entomopatogênicos.

Produtos considerados de baixo risco também têm apresentado efeitos prejudiciais aos organismos entomopatogênicos, fortalecendo a necessidade de realização de testes e estudos em relação aos efeitos nocivos dos agroquímicos sobre organismos não alvo (MOSCARDINI et al 2015; FONSECA et al. 2015).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente estudo teve como objetivo avaliar a compatibilidade de quatro herbicidas (glifosato, hexazinona+diuron, 2,4-D e atrazina) com produtos biológicos à base de *Metarhizium anisopliae* IBCB425 e *Beauveria bassiana* IBCB66.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma cultura pertencente à família Poaceae, monocotiledônea e do tipo C4, própria de climas tropicais e subtropicais (FERRARI, 2010). Durante seu ciclo, convive com todas as estações, chuvosa, inverno e verão, devido ao seu cultivo ser de longa duração (FERRAZ, 2016).

O ciclo da cana-de-açúcar é semiperene; entretanto, comumente trabalhos científicos consideram-na como uma cultura anual, sendo avaliados os efeitos de adubações e outros tratamentos somente em um ano agrícola (FORTES, 2010).

Segundo Trivelin et al. (1988), Camargo (1989), Malavolta (1994) e Franco et al. (2005), citados por Bologna-Campbell (2007), a cana-de-açúcar é capaz de acumular nutrientes no sistema radicular da touceira (raízes e rizoma), como uma reserva nutricional e orgânica, a fim de sustentar um melhor vigor para a rebrota do ciclo seguinte. Logo, sugerem que esta cultura deve ser considerada perene, utilizando o termo semiperene apenas para representar a renovação periódica do canavial. Segundo Ferrari (2010), em sua forma natural, a cana-de-açúcar é perene, e semiperene, no modo em que é cultivada.

Em função da época de plantio, a cana pode ser denominada como “cana de ano”, sendo aquela que permanece no campo em torno de 12 meses até a primeira colheita; ou “cana de ano e meio”, cuja primeira colheita ocorre cerca de 18 meses após o plantio. Posteriormente ao primeiro corte (colheita), ambas se tornam cana soca, estando aptas para a colheita nas próximas safras a cada ano.

Sendo uma das culturas mais importantes no mundo, destaca-se por ser, principalmente, uma fonte de energia renovável na produção de etanol, além de vários subprodutos valiosos, como açúcar e eletricidade. O Brasil é o maior produtor mundial desta cultura, com produtividade de 633,26 milhões de toneladas em uma área de 8,73 milhões de hectares, na safra 2017/18, devido às condições edafoclimáticas favoráveis aliadas às grandes áreas de cultivo (CONAB, 2018). As áreas de produção continuam aumentando progressivamente em estados da região Centro-Oeste e Sudeste, porém em menor ritmo (GODINHO, 2019).

A tecnologia de produção de etanol, implantada no Brasil, chamou a atenção mundial quanto ao uso da cana-de-açúcar como fonte renovável para produção de energia (MENDONÇA, 2008).

3.2. Utilização de agroquímicos no controle de plantas daninhas

Junto ao aumento da população mundial, devem-se produzir cada vez mais alimentos, sendo necessário modificar as técnicas utilizadas na agricultura. Destaca-se a utilização de agrotóxicos como uma das medidas mais relevantes na produção agrícola, empregando-se produtos para o controle de pragas, doenças e plantas invasoras que prejudicam o crescimento e o desenvolvimento das culturas (SILVA, 2017).

A cana-de-açúcar é uma cultura que pode apresentar várias respostas a diferentes herbicidas, de acordo com a dosagem e seu estágio de desenvolvimento, e até tolerar eventuais competições com plantas daninhas (SIMÕES, 2018). Estas são definidas como qualquer vegetal que cresce em local não desejado, causando interferência às plantas cultivadas, podendo acarretar perdas de produtividade (LORENZI, 2014).

Estima-se que, no agroecossistema da cana-de-açúcar, habitam mais de 1000 espécies de plantas daninhas. Porém, algumas espécies têm se selecionado em determinadas regiões e sistemas de produção, pelo avanço da colheita mecanizada de “cana-crua” (SILVA JR et al., 2016). Segundo Santos & Borem (2016), o controle químico é o método mais utilizado nos canaviais, devido ao seu baixo custo, alta eficácia e elevado rendimento operacional, além de flexibilidade quanto à época de aplicação, de acordo com a demanda de trabalho, maquinário e mão de obra disponível, e à existência de elevado número de herbicidas com diferentes ingredientes ativos eficientes registrados para a cultura no Brasil (CHAVES, 2018). Estes são importantes ferramentas na manutenção da produtividade; no entanto, é necessário priorizar o manejo integrado de plantas daninhas, principalmente diante de espécies de difícil controle (GIRALDELI, 2019).

Segundo Azania (2004), em pré ou pós-emergência, aplicados corretamente, os herbicidas são eficazes. Geralmente, devido a aspectos de absorção foliar e à degradação do herbicida absorvido pela planta cultivada, este é seletivo, proporcionando o controle, na maioria dos casos, sem comprometer o desenvolvimento e a produtividade da cultura. De acordo com Cataneo e Carvalho (2008), as culturas podem apresentar seletividade aos herbicidas, devido à rapidez de metabolização em plantas daninhas; por sua vez, essas reações acontecem mais lentamente.

O inadequado controle de plantas daninhas para cana-de-açúcar pode causar perdas de até 80% de produtividade (Azania et al., 2006), diminuindo a longevidade do canavial e dificultando as operações de colheita e transporte. As perdas podem ser quantitativas e qualitativas, pois a interferência de plantas daninhas pode ocasionar alterações fisiológicas

nesta cultura, reduzindo a qualidade da matéria-prima para produção de etanol e açúcar (CHAVES, 2018).

A cana-de-açúcar apresenta um desenvolvimento lento inicialmente, tornando longo seu PCPI (período crítico para prevenção da interferência), sendo que a cultura deve estar livre de plantas daninhas, justificando o uso de herbicidas de forma extensiva (D'AGOSTO, 2019). Logo, os herbicidas de longo período residual são muito utilizados, devendo ser administrados por pessoas com conhecimentos técnicos necessários, para que não causem impacto ambiental (SANTOS; BOREM, 2016).

3.3. Controle biológico de pragas

Na Califórnia, Estados Unidos, houve o primeiro sucesso com controle biológico registrado. Através de uma espécie não nativa, *Rodolia cardinalis* (Mulsant), inseto pertencente à ordem Coleoptera e à família Coccinellidae, cujo nome popular é joaninha, trazida da Austrália em 1888, utilizada para o controle do pulgão-branco dos citrus, *Icerya purchasi* Maskell, pequenos insetos pertencentes à ordem Hemiptera e à família Margarodidae, a praga foi controlada em dois anos (CARVALHO, 2006).

Nos agroecossistemas sustentáveis, o controle biológico é um componente vital, por constituir uma medida ecologicamente sustentável que visa à redução de insumos externos e uma melhor qualidade e quantidade de recursos internos, utilizando organismos eficientes e devidamente selecionados, além de possuírem caráter endógeno (GUÉDEZ et al., 2008).

Atualmente, um dos mais importantes agentes utilizados no controle biológico de espécies de insetos considerados economicamente importantes são os fungos entomopatogênicos. Devido ao fato de possuírem largo espectro de utilização, podendo colonizar diversas espécies de lagartas, afídeos, besouros, moscas, gafanhotos etc., eles provocam baixo impacto ambiental, baixa toxicidade para outros organismos, causando, frequentemente, epizootias naturais em hospedeiros e podendo infectar diferentes estádios de desenvolvimento destes. Em virtude de os fungos apresentarem um processo de infecção multifatorial, a probabilidade de ocasionar resistência em insetos é menor ou mais lenta quando comparados aos agrotóxicos (JUNGES, 2010). Também são capazes de regular as populações de insetos naturalmente (DÍAZ et al., 2006).

3.4. Fungos entomopatogênicos

Os fungos entomopatogênicos são microrganismos de ocorrência natural capazes de atuar no controle biológico de insetos nos ecossistemas, causando doenças nestes, principalmente os de importância agrícola. São muito utilizados pelo fato de serem seguros do ponto de vista ambiental e da saúde (ALVES, 1998).

A ausência de resíduos tóxicos nos alimentos, por meio do emprego de fungos entomopatogênicos nas lavouras, traz diversas vantagens à biodiversidade, por não afetarem os polinizados, vertebrados e pela preservação de inimigos naturais, além da viabilidade econômica (MARTINS, 2007).

Entre os fungos mais importantes atualmente utilizados, estão as espécies *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi* e *Isaria sp.* (FARIA & MAGALHÃES, 2001; ORLANDELLI & PAMPHILE, 2011; SILVA et al., 2012), sendo importantes reguladores de populações de coleópteros e lepidópteros (TAMAI et al., 2002; SITTA et al., 2009).

Há, ainda, defensivos químicos essenciais ao manejo integrado de pragas e ao de plantas infestantes que se apresentam compatíveis aos fungos entomopatogênicos, sendo esta combinação importantíssima para o manejo de pragas como o tripses, que é de difícil controle (DALZOTO & UHRY, 2009).

3.5. *Beauveria bassiana*

Espécie de fungo entomopatogênico de fácil produção em larga escala, pertencente à Ordem *Hypocreales* e que apresenta uma distribuição cosmopolita, sendo estudada sua atividade sobre diversas pragas como ácaros, coleópteros, lepidópteros, percevejos e carrapatos (CRUZ, 1995; CAVALCANTE, 2007; FARIA & WRAIGHT, 2007; MICHEREFF et al., 2009; THOMAZONI et al., 2014; ALVES et al. 2015).

Fungos dessa ordem possuem variabilidade genética e capacidade de multiplicação intensa, permitindo selecionar linhagens mais virulentas com maior facilidade (GHINI & KIMARTI, 2000). Além disso, são capazes de infectar espécies de insetos e ácaros em diferentes estágios de seu desenvolvimento, com grande vantagem de aplicação em campo devido à alta capacidade de dispersão (ALVES, 1998; FINKLER, 2012).

O ciclo biológico de *Beauveria* possibilita a condição de parasita facultativo. A penetração de seus conídios pode ocorrer em qualquer parte da cutícula do hospedeiro, após a penetração, sendo que tubos germinativos e hifas são formados atravessando o tegumento.

O fungo se multiplica na hemolinfa, e logo há uma massa considerável de hifas, causando a morte da praga através do esgotamento dos nutrientes. Em condições favoráveis, o fungo emerge formando uma massa branca na superfície do cadáver pela exteriorização de suas hifas (DALZOTO & UHRY, 2009). Durante o processo de infecção, metabólitos tóxicos com enzimas de vários tipos de moléculas biologicamente ativas, principalmente os depsipeptídeos, formados por aminoácidos e hidroxíácidos alternados, cujas funções não são bem definidas, incluem a dissolução da cutícula (transformando-a em nutrientes), supressão do sistema imune, interferência com os canais de íons e funções celulares do hospedeiro (PIRES, 2007). Beauvericina e bassianolide são metabólitos que agem como um ionóforo citotóxico com propriedades inseticidas comprovadas por estudos (URTZ & RICE, 2000). Segundo Bidochka & Kachatourians (1990) e Valadares-Inglis & Azevedo, (1997), citados por Pires (2007), ocorre a produção também de exoenzimas, como amilases, lipases, proteases e quitinases, que atuam no processo de penetração do tegumento do hospedeiro e de infecção, causando a morte do inseto.

3.6. *Metarhizium anisopliae*

M. anisopliae é um fungo filamentosso entomopatogênico e acaricida, causador da doença muscardine verde (DRIVER et al., 2000, WANG et al., 2002). Teve seu primeiro registro em 1879 por Metschnikoff, sendo classificado como *Entomophthora anisopliae*; e, em 1883, Sorokin reclassificou o fungo como *Metarhizium anisopliae*, que possui micélio hialino e septado, apresenta conidióforos característicos, onde surgem os esporos, normalmente uninucleados, cilíndricos e de dimensões variadas (ALVES, 1998). Este fungo tem nove espécies identificadas e caracterizadas pelo uso de técnicas moleculares e combinação de genes, oferecendo um suporte confiável (SIQUEIRA, 2016).

A ocorrência do *M. anisopliae* já foi apontada em mais de 300 espécies de insetos, havendo estudos no Brasil sobre o seu comportamento em relação a diversas pragas, como a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), cigarrinha da cana (*Mahanarva posticata*), percevejo-verde-pequeno da soja (*Piezodorus guildini*), percevejo-verde da soja (*Nezara viridula*), apresentando um grande potencial de controle biológico (MAMPRIM, 2011).

Mesmo com a utilização de *M. anisopliae* em grande escala, principalmente para o controle de cigarrinhas na cana-de-açúcar, o mecanismo de colonização endofítica sobre a praga é pouco conhecido (SIQUEIRA, 2016).

3.7. Efeito de herbicidas sobre fungos entomopatogênicos

As interações entre os fungos entomopatogênicos e os produtos fitossanitários podem se apresentar positivas ou negativas, sendo importante considerá-las não só nos programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), mas também em sistemas de produção ecológica. Diante da seletividade de produtos, poderão ocasionar interações positivas, quando apresentam uma ação sinérgica entre o patógeno e o produto, ou negativas, quando ocorre a inibição de um dos componentes do patógeno, pois, quanto maior a seletividade, mais eficiente será a conservação do entomopatógeno (ALVES, 1998).

O controle integrado por meio da utilização de fungos entomopatogênicos, em conjunto com agroquímicos seletivos, como inseticidas e herbicidas, pode ser uma estratégia eficiente e segura (LOUREIRO et al., 2002). É de suma importância a conservação dos entomopatógenos em agroecossistemas, sendo uma estratégia prática e econômica, tornando necessária a busca por produtos compatíveis, de modo que não afetem ou eliminem os inimigos naturais, contribuindo para um manejo integrado mais eficiente (CAVALCANTI et al., 2002). Geralmente, estudos realizados em laboratório para análise do efeito de agroquímicos sobre entomopatógenos avaliam parâmetros de crescimento vegetativo e esporulação.

4 METODOLOGIA

4.1. Localização do experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia e no Laboratório de Fitopatologia, no Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus Bambuí*.

4.2. Produtos utilizados

Foram utilizados quatro herbicidas (glifosato, hexazinona+diuron, 2,4-D e atrazina) e dois produtos biológicos, um à base de *Beauveria bassiana* IBCB66 e outro à base de *Metarhizium anisopliae* IBCB425.

As doses dos produtos utilizados foram mensuradas de acordo com a recomendação de aplicação em campo, determinada pelos respectivos fabricantes apresentados na TABELA 1. Logo, obtiveram-se 4 tratamentos com a presença de herbicidas e 1 sem, sendo este o

tratamento-controle (testemunha), em que foi aplicada apenas água destilada, totalizando 5 tratamentos para o estudo.

TABELA 1. Produtos químicos herbicidas utilizados nos tratamentos, registrados para a cultura da cana-de-açúcar e tratamento-controle (testemunha)

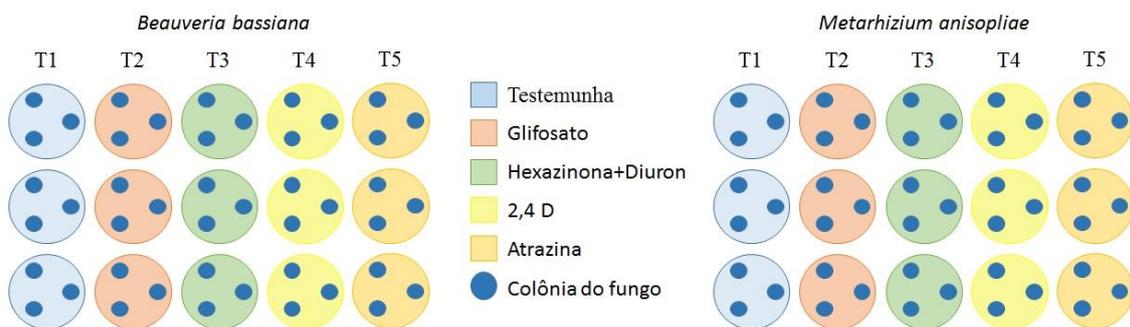
Trat	Nome		Formulação ¹	Grupo químico	Concentração media (ha) ²
	Técnico	Comercial			
1	Água destilada	Água destilada	-----	-----	
2	Glifosato	ROUNDUP	WG	Glicina substituída	2,5kg / 250L
3	Hexazinona+ diuron	VELPAR K	WG	Ureias substituídas e Triazinonas	2,5kg / 250L
4	2,4-D	DMA 806 BR	SL	Ácido ariloxialcanoico	3L / 300L
5	Atrazina	Atrazina Atanor	50 SC	Triazina	5L / 300L

¹WG = Granulado dispersível; SC = Suspensão concentrada; SL = Concentrado solúvel.

4.3. Instalação do experimento

O experimento foi realizado em condições laboratoriais, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e nove repetições (cada colônia foi uma repetição), conforme FIGURA 1.

FIGURA 1: Esquema de distribuição de tratamentos



Fonte: Próprio autor (2019).

Neste experimento, foi utilizado o meio sólido BDA (batata-dextrose-água) para o cultivo de colônias nos tratamentos avaliados, seguindo-se a metodologia proposta por Alves et al. (1998) em todo o processo. Feito o meio BDA, este foi encaminhado à autoclavagem para esterilização a uma temperatura de 125°C e 1,1 atm de pressão. Posteriormente, em câmara de fluxo laminar, com o meio ainda não solidificado, a uma temperatura de aproximadamente 45°C, houve a adição dos produtos químicos em erlenmeyers contendo 200 mL de meio, nas concentrações recomendadas, proporcionalmente ao volume do meio, não podendo ultrapassar a temperatura mencionada, para evitar a degradação dos produtos.

Em seguida, os tratamentos foram vertidos em placas de Petri ($\varnothing = 9$ cm), aproximadamente 30 mL/placa, e, após a solidificação destes, *Beauveria bassiana* IBCB66 e *Metarhizium anisopliae* IBCB425 foram inoculados no meio contendo os produtos químicos, os quais foram comparados à testemunha em meio sem adição dos herbicidas.

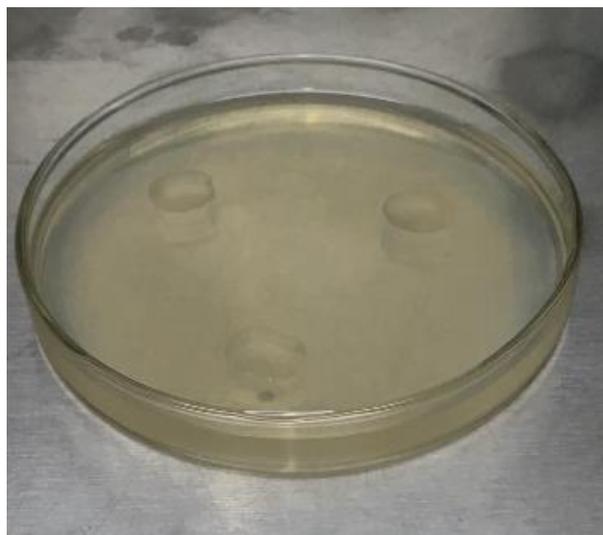
Com o auxílio de uma micropipeta, foi adicionado 1 mL de solução de cada produto biológico apresentado na Tabela 2, por repetição, sendo três repetições por placa de Petri, distribuídas em arranjo equidistante (Figura 2), para facilitar a avaliação.

TABELA 2. Produtos biológicos utilizados nos experimentos e no controle de pragas para a cultura da cana-de-açúcar.

	Nome	Grupo	Concentração	Propágulos
Técnico	Ingrediente ativo		média (ha) ²	viáveis
¹ BBIBCB66	<i>Beauveria bassiana</i> IBCB66	Inseticida e Acaricida microbiológico	0,4kg / 400L	1,0 x 10 ⁸ (22g/L)
² MAIBCB425	<i>Metarhizium</i> <i>anisopliae</i> IBCB425	Inseticida microbiológico	1L / 400L	1,9 x 10 ⁹ (50g/kg)

¹WP = Pó molhável; ²SC = Suspensão concentrada.

FIGURA 2: Placa de Petri após a inoculação de fungos entomopatogênicos.



Fonte: Próprio autor (2019).

Após a inoculação dos fungos, as placas de Petri foram acondicionadas em uma câmara climatizada BOD a uma temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas.

4.4. Avaliação de crescimento vegetativo

Após 11 dias da instalação do experimento, foi avaliado o crescimento micelial do fungo por meio da medição do diâmetro das colônias, com o auxílio de um paquímetro digital, transversalmente em dois sentidos, em que se calculou a média das medições.

4.5. Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), e as médias foram comparadas através do Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Neste estudo, todos os tratamentos diferiram entre si para ambos os fungos entomopatogênicos, conforme a TABELA 3.

TABELA 3. Diâmetro médio de colônia (mm) de *Beauveria bassiana* IBCB66 e *Metarhizium anisopliae* IBCB425 na presença de diferentes produtos químicos herbicidas (Temperatura=25±1°C; Fotofase=12 h).

Tratamentos	Diâmetro (mm)			
	<i>B. bassiana</i> IBCB66		<i>M. anisopliae</i> IBCB425	
T1 - Testemunha	40,06	b	22,06	c
T2 - Glifosato	47,58	a	25,65	a
T3 - Hexazinona+diuron	25,15	d	19,40	d
T4 - 2,4-D	9,98	e	0,0	e
T5 - Atrazina	31,42	c	23,76	b
CV (%)	8,85		10,74	

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferenciam entre si pelo teste de Scott-Knott (NMS: 0,05). CV = Coeficiente de Variação.

O herbicida glifosato foi o mais compatível com ambos os entomopatógenos, apresentando o maior crescimento de colônias quando comparado com o tratamento-controle.

Corroborando este estudo, Silva (2012) utilizou diversos fungicidas, inseticidas e herbicidas na compatibilidade com o isolado *M. anisopliae* CG 168, a fim de avaliar o crescimento vegetativo, a produção e a germinação de conídios, além de mensurar o índice biológico (IB). Foi observada uma redução significativa no crescimento micelial, em comparação com o controle para a maioria dos herbicidas, exceto para o glifosato (Roundup Original), que possibilitou ao fungo gerar uma colônia de diâmetro similar ao do tratamento-controle, não diferindo estatisticamente na comparação entre as médias ($P > 0,05$). Perante os dados de índice biológico, o glifosato foi compatível com o fungo entomopatógeno utilizado. Silva et al. (2013) afirmaram que alguns produtos comerciais presentes em seu estudo foram considerados compatíveis; dentre estes, o herbicida Roundup Original (glifosato), podendo ser utilizado em associação com o agente de biocontrole *M. anisopliae*.

Ao avaliarem o crescimento vegetativo do isolado CG 891 de *M. anisopliae*, *in vitro*, no meio de cultura batata dextrose ágar (BDA) (Merk®), diante da incubação a uma temperatura de 27±1°C, por 12 dias, com 14 horas de fotofase, Ferreira et al., (2010) constataram que o glifosato (Roundup 360 – Suspensão Concentrada) na dose mínima (2L ha⁻¹) foi moderadamente tóxico, enquanto na dose máxima (4L ha⁻¹) se apresentou compatível ao mesmo isolado. Logo, a maior dose (4L ha⁻¹) mostrou resultado semelhante ao do presente estudo.

O maior crescimento vegetativo de fungos entomopatógenos na presença de produtos agroquímicos herbicidas, em casos como de glifosato no meio de cultura, pode ter ocorrido pela utilização de algum ou vários componentes minerais solúveis e/ou da degradação de moléculas, como o ingrediente ativo presente em suas formulações como nutriente, promovida pelo próprio entomopatógeno.

O 2,4-D mostrou-se como o herbicida que apresentou maior incompatibilidade, inibindo completamente o desenvolvimento de *M. anisopliae* IBCB425 e responsável pela menor taxa de crescimento de *B. bassiana* IBCB66.

Similar ao que foi observado no presente estudo, no trabalho de Silva (2012), é possível verificar que o herbicida 2,4-D (DMA 806 BR) não permitiu que houvesse o crescimento micelial de *M. anisopliae* CG 168, apresentando uma completa supressão deste, onde o 2,4-D foi classificado como tóxico, portanto, incompatível.

Os resultados obtidos por Andaló et al. (2004) confirmam os encontrados no presente trabalho, pois, utilizando *B. bassiana*, encontraram uma pequena redução em relação à testemunha, quando adicionado glifosato ao meio BDA. No entanto, o tratamento com 2,4-D afetou drasticamente o crescimento vegetativo do fungo, sendo esses resultados semelhantes quando se avaliou a esporulação.

Resultado que corrobora este estudo foi obtido por Botelho & Monteiro (2011), onde o herbicida 2,4-D inibiu o crescimento micelial, a produção e a viabilidade dos conídios de *B. bassiana* e *M. anisopliae* em condições laboratoriais, avaliando-se este agroquímico em diferentes doses, não havendo diferença significativa entre estas, sendo considerado tóxico, ou seja, incompatível. Outra confirmação de concordância dos resultados do presente estudo pode ser verificada no experimento de Cintra et al. (2013), no qual não houve crescimento vegetativo do fungo *M. anisopliae* nos tratamentos onde se adicionou o herbicida 2,4-D (DMA 860) nas doses 2,0mL ha⁻¹ e 3,5mL ha⁻¹, demonstrando claramente sua incompatibilidade.

Resultados semelhantes aos encontrados neste estudo foram observados por Costa et al. (2004), onde o herbicida 2,4-D reduziu significativamente o crescimento vegetativo e a reprodução do fungo, mostrando-se como um dos agroquímicos que mais diminuíram o diâmetro das colônias, tanto na dose mínima (1L ha⁻¹) como na máxima (2L ha⁻¹), em relação aos demais produtos utilizados no trabalho, mostrando-se inviável para a sobrevivência do *M. anisopliae*. Mesmo interferindo na reprodução do fungo entomopatogênico, causando uma

redução significativa na produção de conídios, o glifosato, na dose de 0,5L ha⁻¹, não afetou seu crescimento vegetativo.

O ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) atua por inibição da acetil-CoA da enzima carboxilase, impedindo a biossíntese de ácidos graxos e glicosilceramidas, que são componentes da membrana lipídica em fungos, animais e plantas (LEIPELT et al., 2001).

Os tratamentos hexazinona+diuron e atrazina diferiram da testemunha, possibilitando o crescimento de aproximadamente 60 e 75%, respectivamente, em relação à testemunha para *B. bassiana* IBCB66. Para *M. anisopliae* IBCB425, hexazinona+diuron permitiu um crescimento de 88%, e o herbicida atrazina apresentou-se compatível com o tratamento-controle.

Assim como no presente trabalho, Botelho & Monteiro (2011) observaram a redução do crescimento micelial para ambos os fungos (*B. bassiana* e *M. anisopliae*), e Andaló et al. (2004) para *B. bassiana*, ao utilizarem os herbicidas glifosato e hexazinone+diuron em experimento *in vitro* com os herbicidas adicionados ao meio de cultura e posterior inoculação dos fungos entomopatógenos. Porém, ambos os trabalhos classificaram o herbicida glifosato como compatível aos fungos, destacando que, para Botelho & Monteiro (2011), houve compatibilidade com *M. anisopliae* apenas na dose recomendada em pré-emergência, sendo que, nas demais doses, tornou-se moderadamente tóxico (incompatível). Em relação à *B. bassiana*, mostrou-se compatível somente nas doses recomendadas em pré-emergência (DRPE) e DRPE+50%; as demais doses foram consideradas moderadamente tóxicas ao fungo.

Corroborando este estudo, segundo Fregonesi et al. (2016), o herbicida hexazinona+diuron (Velpar-K®) prejudicou o crescimento, a germinação e a esporulação de todos os isolados de *B. bassiana* analisados, sendo considerado incompatível e tóxico. Andaló et al. (2004) encontraram os mesmos efeitos utilizando o herbicida Karmex®. No estudo de Fregonesi et al. (2016), o glifosato (Nortox®) demonstrou ação inibitória no crescimento dos quatro isolados de *B. bassiana* analisados em relação ao Controle, porém, com menor efeito sobre o isolado AM 09, para o qual foi considerado compatível. Pode-se considerar normal que haja diferença no efeito de agroquímicos sobre diferentes isolados, pois a variabilidade genética deles é grande, interferindo na sensibilidade de cada um.

Quando dois ou mais ingredientes ativos são adicionados em um mesmo produto, como no herbicida hexazinona+diuron, presente neste estudo, pode ocorrer um efeito sinérgico ou antagônico, reduzindo ou aumentando o grau de compatibilidade (ALVES, 1998).

Empresas ligadas ao ramo podem apresentar dados divergentes, cujos resultados não podem ser comparados devido à utilização de metodologia experimental e/ou pelo fato de os isolados dos fungos serem diferentes. Neste estudo, os herbicidas foram adicionados ao meio de cultura e, posteriormente, inocularam-se os entomopatógenos, enquanto outros autores realizam a mistura de calda adicionando-se os produtos químicos e fungos e, após, levam ao meio de cultura ou utilizam uma suspensão aquosa de conídios do fungo.

6 CONCLUSÃO

Dentre os produtos avaliados e nas condições em que foi conduzido o ensaio, é possível concluir que:

- O glifosato é o herbicida mais compatível com os fungos entomopatogênicos presentes neste trabalho.
- O herbicida mais incompatível com os fungos entomopatogênicos é o 2,4 D.
- O herbicida atrazina é compatível com *M. anisopliae* IBCB425 e apresenta menos compatibilidade com *B. bassiana* IBCB66.
- Hexazinona+diuron é o quarto colocado em compatibilidade dentre os herbicidas avaliados, para ambos os entomopatógenos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. B. **Controle Microbiano de Insetos**. Piracicaba. FEALQ. 1998. 1163p.

ALVES, S. B.; LEITE, L. G.; BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J. E. M.; MARQUES, E. J. Produção massal de fungos entomopatogênicos na América Latina. In: ALVES, S. B.; LOPES, R. B. (Eds.). **Controle Microbiano de Pragas na América Latina**, FEALQ, Piracicaba, N°. de p.414, 2008.

ANDALÓ, V.; MOINO Jr, A.; SANTA-CECÍLIA, L. V.; & SOUZA, G. C. (2004). Compatibilidade de *Beauveria bassiana* com agrotóxicos visando o controle da cochonilha-da-raiz-do-cafeeiro *Dysmicoccus texensis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 4, p. 463-467, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ne/v33n4/21527>>. Acessado dia 15 de outubro de 2019.

AZANIA, A. A. P. M.; AZANIA, C. A. M.; GRAVENA, R.; PAVANI, M. C. M. D.; PITELLI, R. A. Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na emergência de espécies de plantas daninhas da família convolvulaceae. **Planta Daninha**, v.20, p.207-212, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582002000200006>>. Acessado dia 15 de outubro de 2019.

AZANIA, C. A. M. **Comparação de métodos para determinar a seletividade de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar**. 2004. 116 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/105228>>. Acessado dia 07 de outubro de 2019.

AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M.; PAVANI, M. C. M. D.; ALVES, P. L. C. A. Desenvolvimento da tiririca (*Cyperus rotundus*) influenciado pela presença e ausência de palha de cana-de-açúcar e herbicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 29- 35, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000100004>>. Acessado dia 27 de setembro de 2019.

BIDOCHKA, M. J.; KACHATOURIANS, G. G. Identification of *Beauveria bassiana* extracellular protease as a virulence factor in pathogenicity toward the migratory grasshopper, *Melanoplus sanguinipes*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.56, p.362-370, 1990.

BOTELHO, A. A. A.; MONTEIRO, A. C. **Sensibilidade de fungos entomopatogênicos a agroquímicos usados no manejo da cana-de-açúcar**. Bragantia, v. 70, n. 2, p. 361-369, 2011. Acesso em: 10 de outubro de 2019. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90819310016>>. Acessado dia 15 de outubro de 2019.

BOLOGNA-CAMPBELL, I. **Balanço de nitrogênio e enxofre no sistema solo-cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta**. 2007. 112 p. Tese (Doutorado em agronomia / Solos e nutrição de plantas) – USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/T.11.2007.tde-12042007-162640>>. Acessado dia 01 de dezembro de 2019.

CAMARGO, P. B. **Dinâmica do nitrogênio dos fertilizantes uréia (¹⁵N) e aquamônia (¹⁵N) incorporados ao solo na cultura da cana-de-açúcar.** 1989. 104p. Dissertação (Mestre em Agronomia / Energia nuclear na agricultura) – USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 1989. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11133/tde-20181127-154855/publico/CamargoPlinioBarbosa.pdf>>. Acessado dia 01 de dezembro de 2019.

CARVALHO, R. da S. Biocontrole de moscas-das-frutas: histórico, conceitos e estratégias. **Circular técnica 83 da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, v.7, n.3, p.14-17, 2006.

CATANEO, A.C.; CARVALHO, J.C. Desintoxicação de herbicidas pelas plantas: transformação química e compartimentalização vacuolar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas.** Passo fundo: Embrapa Trigo, 384 p., 2008.

CAVALCANTI, R. S., A. MOINO JR., G. C. SOUZA & ARNOSTI, A. Efeito dos produtos fitossanitários fenpropatrina, imidacloprid, iprodione e tiametoxam sobre o desenvolvimento do fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.69, n.3, p.17-22, 2002. Disponível em: <http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V69_3/Cavalcanti.pdf>. Acessado dia 27 de setembro de 2019.

CHAVES, A. R. C. D. S. **Seletividade de herbicida no cultivo da cana energia.** Jaboticabal: UNESP, 2018. 37 p. Dissertação (Mestre em Agronomia / Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/154987>>. Acessado dia 09 de outubro de 2019.

CINTRA, E. R. R.; LOUREIRO, E. S.; ALMEIDA, J. E. M.; GASSEN, M. H.; FILHO, A. B.; WENZEL, I. M.; HOJO, H. **Patogenicidade de *Metarhizium anisopliae* à cigarra do café *Fidicinoides pronoe* (Hemiptera: Cicadidae) e sua compatibilidade com agrotóxicos utilizados na cultura do cafeeiro.** Instituto Biológico, São Paulo, v. 75, n.1, p. 63 – 70, 2013. Disponível em: <http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v75_1/cintra.pdf>. Acessado dia 20 de outubro de 2019.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). Central de informações agropecuárias: Safras – Cana de Açúcar - **Boletim Cana 4.** Levantamento 17-18. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acessado em: 07 de abril, 2019.

COSTA, E. A. D. DA.; MATALLO, M. B.; ALMEIDA, J. E. M.; LOUREIRO, E. S.; SANO, A. H. Efeito de agrotóxicos utilizados em cana-de-açúcar no desenvolvimento “in vitro” do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) SOROKIN. **Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 14, jan./dez. 2004. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/download/3119/2492>>. Acessado dia 20 de outubro de 2019.

D'AGOSTO, M. G. **Seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós transplante de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar**. 2019. 58 p. Dissertação (Mestrado em ciências / Fitotecnia) – USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/D.11.2019.tde-16082019-145521>>. Acessado dia 03 de outubro de 2019.

DALZOTO, P. R.; & UHRY, K. F. Controle biológico de pragas no Brasil por meio de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **Biológico, (divulgação técnica)**. São Paulo, v.71, n.1, p.37-41, 2009. Disponível em: <http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v71_1/dalzoto.pdf>. Acessado dia 07 de outubro de 2019.

DÍAZ, M. P.; MACÍAS, A. F.; NAVARRO, S. R.; TORRE, M. Mecanismo de acción de los hongos entomopatogénicos. **Interciencia**, v. 31, n. 12, p. 856-860, 2006. Disponível em: <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001200006>. Acessado dia 27 de setembro de 2019.

DRIVER, F.; MILNER, R. J.; TRUEMAN, J. W. H. A taxonomic revision of *Metarhizium* based on a phylogenetic analysis of rDNA sequence data. **Mycological Research**, Vol. 104, p.134-150, 2000.

FERRARI, F. **Caracterização cromossômica em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*, Poaceae)**. 2010. 91 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/315636>>. Acessado dia 20 de outubro de 2019.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In. **45a Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**. UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000. p.255-258.

FERREIRA, F. T. R. FERREIRA, A.; PRANDO, H. F.; TECACENCO, F. A.; GRÜTZMACHER, A. D; MARTINS, J. F. S. (2010). Seletividade de agrotóxicos utilizados na cultura do arroz irrigado ao fungo *Metarhizium anisopliae*, agente de controle microbiano de *Tibraca limbativentris*. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, 2010. Disponível em: <<https://pesquisa.bvsalud.org/bvs-vet/resource/pt/vti-706578>>. Acessado dia 20 de outubro de 2019.

FINKLER, C. L. L. Controle de insetos: uma breve revisão. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, vols.8 e 9, p.169-189, 2011/2012. Disponível em: <<http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/155/144>>. Acessado dia 03 de outubro de 2019.

FONSECA A. P. P.; MARQUES E. J.; TORRES J. B.; SILVA L. M.; SIQUEIRA H. A. (2015) Lethal and sublethal effects of lufenuron on sugarcane borer *Diatraea flavipennella* and its parasitoid *Cotesia flavipes*. **Ecotoxicology**, New York, v. 24.

FRANCO, H. C. J.; BOLOGNA, I. R.; VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O. Acúmulo de macronutrientes na cultura da cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada de plantio.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Resumos**. Recife: SBCS, 2005. p. 118-119.

FREGONESI, A. F.; MOCHI, D. A.; MONTEIRO, A. C. Compatibilidade de isolados de *Beauveria bassiana* a inseticidas, herbicidas e maturadores em condições de laboratório. Arquivos do Instituto Biológico. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/158183>>. Acessado dia 15 de outubro de 2019.

GHINI, R.; KIMARTI, H. Resistência de fungos a fungicidas. Brasília, **Embrapa**, p.65-66, 2000.

GIRALDELI, A. L. **Manejo de *Cyperus rotundus* L. em cana-de-açúcar no sistema de mudas pré-brotadas (MPB)**. 2019. 93 p. Tese (Doutorado em ciências / Fitotecnia) – USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/T.11.2019.tde-09082019-101227>>. Acessado dia 03 de outubro de 2019.

GODINHO, A. M. M. **Análise da simulação computacional da produtividade de cultivares de cana-de-açúcar no Oeste Paulista**. 2019. 72f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2019. Disponível em: <<http://bdtd.unoeste.br:8080/tede/bitstream/jspui/1165/2/Angela%20Madalena%20Marchizelli%20Godinho.pdf>>. Acessado dia 03 de outubro de 2019.

GUÉDEZ, C.; CASTILLO, C.; CAÑIZALES, L.; OLIVAR, R. **Control biológico: una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible**. Academia, Venezuela, Vol. 7, n. 13, p. 50 – 74, 2008. Disponível em: <<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/academia/article/view/6030>>. Acessado dia 03 de outubro de 2019.

JUNGES, A. ***Metarhizium anisopliae*: expressão de proteína tóxica de origem vegetal e análise genômica e quitinases**. 145f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/26609>>. Acessado dia 03 de outubro de 2019.

LEIPELT, M.; WARNECKE, D.; ZÄHRINGER, U.; OTT, C.; MÜLLER, F.; HUBE, B.; HEINZ, E. Glucosylceramide synthases, a gene family responsible for the biosynthesis of glucosphingolipids in animals, plants and fungi. **Journal of Biological Chemistry**, 276: p.33621–33629, 2001.

LORENZI, H. **Manual de indentificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 7ed. 383p.

LOUREIRO, E. DE S.; MOINO JUNIOR, A.; ARNOSTI, A.; SOUZA, G. C. de. Efeito de produtos fitossanitários químicos utilizados em alface e crisântemos sobre fungos entomopatogênicos. **Neotropical Entomology**, v.31, p.263-269, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2002000200014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acessado dia 03 de outubro de 2019.

MALAVOLTA, E. **Fertilizing for high yield sugarcane**. Basel: International Potash Institute, 1994. 104p. (Bulletin, 14).

MAMPRIM, A. P. **Efeitos de defensivos agrícolas naturais e extratos vegetais sobre parâmetros biológicos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok.** 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2011. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/handle/tede/1420>>. Acessado dia 03 de outubro de 2019.

MARTINS, G. L. M. **Manejo de pragas agrícolas com fungos entomopatogênicos.** Agroline, 2007. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=383&pg=2&n=2>>. Acessado em: 01 de outubro de 2019.

MENDONÇA, M. A. de; FREITAS, R. E.; SANTOS, A. O. P. dos; PEREIRA, A. S.; COSTA, R. C. da; **Expansão da produção de álcool combustível no Brasil: uma análise baseada nas curvas de aprendizagem.** In: Congresso Da Sociedade Brasileira De Economia, Administração E Sociologia Rural, 46., 2008, Rio de Branco. Anais. Rio Branco: BNDES, 2008. Disponível em: <<https://ageconsearch.umn.edu/record/108140>>. Acessado em: 01 de outubro de 2019.

MOSCARDINI V. F.; GONTIJO P. C.; MICHAUD J. P.; CARVALHO G. A. (2015) Sublethal effects of insecticide seed treatments on two nearctic Lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae). *Ecotoxicology*, New York, 24: 1152-1161.

PIRES, A. P. D. **Caracterização morfológica, atividade enzimática, diversidade genética e patogenicidade de espécies de *Beauveria* sobre *Diatraea saccharalis*.** 2007. Tese (Doutorado em Biologia de Fungos). Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/1701>>. Acessado em: 01 de outubro de 2019.

SANTOS, F.; BOREM, A. **Cana-de-açúcar do plantio à colheita.** Universidade Federal de Viçosa, 2016. 290 p.

SILVA, E. A. R.; FILHO, A. B.; WENZEL, I. M.; FURTADO, E. L.; ALMEIDA, J. E. M. Seleção de isolados de fungos entomopatogênicos para o controle de *Leptopharsa heveae* (Hemiptera: Heteroptera, Tingidae). *Arquivo Instituto Biológico*, v.79, p.549-556, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1808-16572012000400012>>. Acessado em: 01 de outubro de 2019.

SILVA JR, A. C.; QUEIROZ, J. R. G.; MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, D. EMERGENCE OF WEED SPECIES (*Brachiaria sp.*) UNDER SUGARCANE STRAW. *Planta Daninha*, v. 34, n. 3, p. 423-432, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582016340300003>>. Acessado em: 01 de outubro de 2019.

SILVA, R. A. da. **Estudo de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok: toxicidade a compostos extraídos de *Tibraca limbativentris* Stal (Heteroptera: Pentatomidae), efeitos de agroquímicos utilizados na cultura do arroz e aumento da patogenicidade a *T. limbativentris* com doses subletais de inseticidas químicos.** 2012. 127 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química, Goiânia, 2012.

Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3310>>. Acessado dia 22 de outubro de 2019.

SILVA, R. A.; QUINTELA, E. D.; MASCARIN, G. M.; BARRIGOSI, J. A. F.; LIÃO, L. M. Compatibility of conventional agrochemicals used in rice crops with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Scientia Agricola**, v. 70, n.3, p. 152 – 160, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162013000300003&script=sci_arttext&tlng=es>. Acessado dia 22 de outubro de 2019.

SILVA, W. B. Os riscos no uso indiscriminado de agrotóxicos: uma contaminação invisível. **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 11, n. 1, 2017. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/INTESA/article/view/4414>>. Acessado em: 01 de outubro de 2019.

SIMÕES, P. S. **Seletividade e eficácia do indaziflam e efeito da profundidade do lençol freático na interferência de *Panicum dichotomiflorum* em cana-de-açúcar**. 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/154200>>. Acessado em: 09 de setembro de 2019.

SIQUEIRA, A. C. O. **Uso de *Metarhizium spp.* na produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar e seus efeitos na planta, em pragas e doenças**. 2016. Dissertação (Mestrado em ciências / Entomologia) – USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2016. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-25042016-183101/pt-br.php>>. Acessado em: 09 de setembro de 2019.

SITTA, R. B.; GOUVEA, L.; SOSA-GOMEZ, D. R. Compatibilidade de inseticidas com fungos entomopatogênicos. In: **JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA**, 4., 2009, Londrina. Resumos... Londrina: Embrapa Soja, 2009. p. 68-72. (Embrapa Soja. Documentos, 312). Editado por Odilon Ferreira Saraiva, Paula Geron Saiz Melo. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/72358/1/ID-29937.pdf>>. Acessado em: 09 de setembro de 2019.

TAMAI, M. A.; ALVES, S. B.; LOPES, R. B.; FAION, M.; PADULLA, L. F. L. Toxicidade de produtos fitossanitários para *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 69, p. 89-96, 2002. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V69_3/Tamai1.pdf>. Acessado em: 09 de setembro de 2019.

URTZ, B. E.; RICE, W. C. Purification and characterization of a novel extracellular protease from *Beauveria bassiana*. **Mycological Research**, v.104, p.180-186, 2000.

VALADARES-INGLIS, M. C.; AZEVEDO, J. L. Amylase and protease secretion in recombinant strains of *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* following parasexual crosses. **Brazilian Journal of Genetics**, v.20, p. 171-175, 1997.

WANG, C.; TYPAS, M. A.; BUTT, T. M. Detection and characterization of pr1 virulent gene deficiencies in the insect pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 213, p. 251-255, 2002. Disponível em: <<https://academic.oup.com/femsle/article/213/2/251/590469>>. Acessado em: 28 de outubro de 2019.