

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de 17/02/2018.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ÁREA MICROBIOLOGIA APLICADA)**

**PROSPECÇÃO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS PARA O CONTROLE
BIOLÓGICO DE FORMIGAS CORTADEIRAS**

MARIA CAROLINA CANALI

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Microbiologia Aplicada).

Abril - 2017

PROSPECÇÃO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS PARA O CONTROLE
BIOLÓGICO DE FORMIGAS CORTADEIRAS

MARIA CAROLINA CANALI

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do
Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências Biológicas (Área de
Microbiologia Aplicada).

Orientador: Fernando Carlos Pagnocca

Rio Claro

2017

595.796 Canali, Maria Carolina
C212p Prospecção de fungos entomopatogênicos para o controle
biológico de formigas cortadeiras / Maria Carolina Canali. -
Rio Claro, 2017
117 f. : il., figs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Fernando Carlos Pagnocca

1. Formiga. 2. Patogenicidade. 3. Biocontrole. 4. Atta sp.
5. Antagonismo. 6. Compostos orgânicos voláteis. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PROSPECÇÃO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS PARA O
CONTROLE BIOLÓGICO DE FORMIGAS CORTADEIRAS

AUTORA: MARIA CAROLINA CANALI
ORIENTADOR FERNANDO CARLOS PAGNOCCA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIASBIOLÓGICAS
(MICROBIOLOGIA APLICADA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FERNANDO CARLOS PAGNOCCA
CEIS / 18-Rio Claro

c, : : : ; CA

Prof. Dr. ANDRE RODRIGUES
Departamento de Bioquímica e Microbiologia / IB-Rio Claro

Profa. Dra. MARIA E CASTROMORINI
Núcleo de Ciências Ambientais / Universidade de Mogi das Cruzes

Rio Claro, 17 de fevereiro de 2017

*Aos meus pais, Vanilde e Nelson, e ao meu querido João Gabriel,
por desenharem a vida junto a mim.*

Dedico.

Agradecimentos

Ao final de mais esta etapa agradeço a Deus por todas as conquistas e, deixo registrada aqui, a minha gratidão por todos aqueles que contribuíram de alguma forma com o meu desenvolvimento científico e pessoal.

Aos meus pais, Vanilde e Nelson, por serem meus exemplos de honestidade, dedicação e comprometimento. Agradeço pelo cuidado, por cada gesto de confiança e pela preocupação diária. Foi através do incentivo e amor de vocês que eu pude chegar até aqui.

Ao meu amor, João Gabriel, por me apoiar em todas as decisões e ouvir com tanto zelo as minhas incertezas. Obrigada por compartilhar comigo os meus melhores e piores dias e, acima de tudo, agradeço pela leveza que você traz à minha vida.

Aos meus familiares, em especial à minha prima Camila e ao meu tio José Donizete, por serem sempre muito presentes. Agradeço por torcerem e se orgulharem em todas as conquistas. Obrigada por todo o carinho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando Carlos Pagnocca, por todos esses anos de convivência e aprendizado. Agradeço por ter proporcionado o meu primeiro contato com a microbiologia e, a partir deste, despertar a busca por mais conhecimentos. Talvez, dentre tantas contribuições, a mais preciosa foi ter conduzido meu crescimento profissional me estimulando a pensar e a chegar às minhas próprias conclusões. Nesta nova fase que se inicia, espero ter o privilégio de trabalhar com outras pessoas como você. Agradeço imensamente por todas as conversas e por todas as oportunidades.

À minha amiga querida, Daiane Polezel, que me ajudou em todos os momentos (desde a graduação). Saber que você faz parte dos meus dias me trouxe alegria e serenidade, mesmo nos dias em que nada dava certo. Obrigada por dividir esses anos comigo. Faltam palavras para expressar o enorme carinho que sinto por você.

Às minhas queridas amigas, Weilan Paixão e Daniela Tura, pelos inúmeros momentos de carinho e amizade. Gostaria também de agradecer a Dra Weilan pelos ensinamentos durante

a iniciação científica, eles contribuíram com a realização de cada experimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. André Rodrigues, por todos os ensinamentos sobre sistemática de fungos. Agradeço ainda ao LESF pela colaboração na identificação molecular do Escovopsis.

Ao Prof Dr. Odair Correa Bueno, por disponibilizar as colônias utilizadas nesse trabalho. Agradeço também pela confiança e por todos os aprendizados referentes às formigas-cortadeiras.

Ao doutorando Sérgio Kakazu pela preciosa contribuição com a identificação molecular dos fungos.

Ao pessoal do Laboratório de Microbiologia, Ana Paula, Virgínia e Beatriz, pelas contribuições e convivência. Agradeço à Virgínia pelos ensinamentos sobre VOC's, edição de sequências e pela amizade.

À todos do Laboratório de Formigas Cortadeiras, por serem tão gentis e prontos a ajudar, em especial as alunas Thais e Nathalia. Obrigada por todos os ensinamentos com relação à manutenção dos ninhos de formigas-cortadeiras.

À todo o pessoal do CEIS, principalmente à Necis, por toda colaboração e atenção.

À CAPES pelo financiamento deste trabalho.

RESUMO

As formigas cortadeiras, gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, mantêm uma associação mutualística com o basidiomiceto *Leucoagaricus gongylophorus*, cultivado para alimento, o qual é responsável pela produção de enzimas despolimerases que degradam o material vegetal transportado para o interior dos ninhos. Devido a enorme quantidade de material vegetal que as formigas necessitam cortar, estas são consideradas pragas, principalmente em locais alterados por atividades antrópicas, como áreas de agricultura e reflorestamento. Frente à necessidade de manejo das formigas cortadeiras, o controle biológico representa um método ambientalmente amigável e promissor. Vários estudos relatam o potencial dos fungos entomopatogênicos no biocontrole de insetos. Contudo, os insetos sociais, como as formigas cortadeiras, possuem eficientes mecanismos de defesa do saueiro, e para estas, até o momento, não há um método de biocontrole satisfatório. Desta maneira, buscamos explorar o potencial patogênico de diversos fungos filamentosos isolados a partir do cadáver de rainhas jovens de *Atta sexdens rubropilosa*. Após isolamento, caracterização e identificação molecular, os fungos foram testados quanto a sua patogenicidade em diferentes escalas, desde operárias isoladas do saueiro, passando pelas subcolônias até chegar às colônias completas. A combinação de dois fungos entomopatogênicos mostrou-se particularmente promissora, principalmente as compostas por *Beauveria bassiana* (ENT13) com *Aspergillus nomius* (ENT22) e *B. bassiana* (ENT13) com *Isaria farinosa* (ENT02). Adicionalmente, utilizando ensaios de antagonismo “in vitro” verificamos, através de microscopia eletrônica de varredura, como ocorre a interação dos fungos entomopatogênicos com o fungo mutualista. Os resultados indicaram que as linhagens de *A. nomius* (ENT22) e *Purpureocillium lilacinum* (ENT19), além de mortais para as operárias, causaram a degradação de estruturas (hifas e gongilídeos) do *L. gongylophorus*. Os fungos entomopatogênicos também foram avaliados quanto à interação com o micoparasita especializado *Escovopsis*. O perfil de compostos orgânicos voláteis (VOC's) secretados aos sete e 14 dias de crescimento das culturas individuais de *B. bassiana* (ENT13), *I. farinosa* (ENT02) e *Escovopsis* sp. (ESC2), bem como dos co-cultivos entre entomopatógenos e micoparasita foram estudados através de análises de GC/MS. Observamos que o micoparasita interage com os entomopatógenos *B. bassiana* (ENT13) e *I. farinosa* (ENT02) através dos VOC's, cujo significado precisa ser melhor estudado.

Palavras chave: Patogenicidade. Biocontrole. *Atta* sp. Antagonismo. Compostos orgânicos voláteis.

ABSTRACT

Leaf-cutting ants, genus *Atta* and *Acromyrmex*, maintain a mutualistic association with the basidiomycete *Leucoagaricus gongylophorus*, cultivated for food, which is responsible for the production of depolymerase enzymes that degrade the plant material transported into the nests. Due to the huge amounts of plant material that the ants need to cut, they are considered pests, mainly in places altered by anthropic activities, such as agriculture and reforestation. Due to a need for handling leaf-cutting ants, biological control represents an environmentally friendly and promising method. Several studies report the potential of entomopathogenic fungi in insect biocontrol. However, social insects, such as leaf-cutting ants, have efficient defense mechanisms for the anthill, and for these, currently, there isn't a satisfactory biocontrol method. Thus, we seek to explore the pathogenic potential of several filamentous fungi isolated from the corpse of young foundress queens of *Atta sexdens rubropilosa*. After isolation, characterization and molecular identification, the fungi were tested for their pathogenicity at different scales, from workers isolated from the anthill, through the subcolonies until reaching the complete lab colonies. The combination of two entomopathogenic fungi was particularly promising, especially *Beauveria bassiana* (ENT13) with *Aspergillus nomius* (ENT22) and *B. bassiana* (ENT13) with *Isaria farinosa* (ENT02). Additionally, using "in vitro" antagonism assays, we verified, through scanning electron microscopy, how the interaction of entomopathogenic fungi with the fungus mutualist occurs. The results indicated that the strains of *A. nomius* (ENT22) and *Purpureocillium lilacinum* (ENT19), as well as mortalities for the workers, caused the degradation of structures (hyphae and gongylidia) of *L. gongylophorus*. The entomopathogenic fungi were also evaluated for their interaction with the specialized mycoparasite *Escovopsis*. The profile of volatile organic compounds (VOC's) secreted at seven and 14 days of growth of the individual cultures of *B. bassiana* (ENT13), *I. farinosa* (ENT02) and *Escovopsis* sp. (ESC2), as well as the co-cultures between entomopathogens and mycoparasite were studied through GC/MS analyzes. We observed that the mycoparasite interacts with the entomopathogens *B. bassiana* (ENT13) and *I. farinosa* (ENT02) through VOC's.

Keywords: Pathogenicity. Biocontrol. *Atta* sp. Antagonism. Volatile organic compounds

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Formigas da tribo Attini.....	13
2.2 Fungicultura.....	13
2.3 O Jardim de fungo.....	15
2.4 Manutenção e proteção do jardim de fungo.....	17
2.5 Controle biológico das formigas cortadeiras.....	18
2.6 Fungos entomopatogênicos.....	20
2.7 Fungos micoparasitas.....	22
2.8 Compostos orgânicos voláteis.....	24
3 CAPÍTULO 1 - Potencial dos fungos entomopatogênicos no controle biológico de <i>Atta sexdens rubropilosa</i>.....	26
Resumo.....	27
3.1 Introdução.....	28
3.2 Objetivos.....	29
3.3 Material e Métodos.....	30
3.3.1 Isolamento, cultivo e preservação dos fungos entomopatogênicos.....	30
3.3.2 Identificação dos isolados.....	30
3.3.2.1 Identificação morfológica e seleção dos isolados.....	30
3.3.2.2 Identificação molecular.....	31
3.3.3 Viabilidade dos conídios.....	32
3.3.4 Teste “ <i>in vitro</i> ” da patogenicidade de fungos entomopatogênicos em operárias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i>	32
3.3.5 Teste de patogenicidade em subcolônias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i>	33
3.3.6 Teste de patogenicidade em subcolônias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> utilizando combinações de fungos.....	34
3.3.7 Teste de patogenicidade em colônias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> utilizando combinações de fungos.....	34
3.3.8 Avaliação de métodos de inoculação dos conídios: patogenicidade em colônias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> através do polvilhamento.....	35

3.3.9 Avaliação de métodos de inoculação dos conídios: patogenicidade em colônias <i>Atta sexdens rubropilosa</i> através da nebulização.....	36
3.4 Resultados.....	37
3.4.1 Isolamento e identificação morfológica e molecular.....	37
3.4.2 Teste “ <i>in vitro</i> ” da patogenicidade de fungos entomopatogênicos em operárias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i>	40
3.4.3 Teste de patogenicidade em subcolônias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i>	43
3.4.3.1 Controle negativo (Tween 80 0,05%).....	43
3.4.3.2 Controle positivo (Ballveria®).....	44
3.4.3.3 <i>Isaria farinosa</i> (ENT02).....	44
3.4.3.4 <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13).....	44
3.4.3.5 <i>Purpureocillium lilacinum</i> (ENT19).....	44
3.4.3.6 <i>Aspergillus nomius</i> (ENT22).....	45
3.4.3.7 <i>Metharhizium anisopliae</i> (ENT25), <i>Purpureocillium lilacinum</i> (ENT29(2) e ENT36) <i>Aspergillus nomius</i> (ENT62).....	45
3.4.4 Teste de patogenicidade em subcolônias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> utilizando combinações de fungos.....	46
3.4.4.1 <i>Isaria farinosa</i> (ENT02) + <i>Aspergillus nomius</i> (ENT22).....	46
3.4.4.2 <i>Purpureocillium lilacinum</i> (ENT19) + <i>Isaria farinosa</i> (ENT02) <i>Purpureocillium lilacinum</i> (ENT19) + <i>Aspergillus nomius</i> (ENT22).....	46
3.4.4.3 <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13) + <i>Isaria farinosa</i> (ENT02) <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13) + <i>Purpureocillium lilacinum</i> (ENT19) <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13) + <i>Aspergillus nomius</i> (ENT22) <i>Isaria farinosa</i> (ENT02) + <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13) + <i>Purpureocillium lilacinum</i> (ENT19) + <i>Aspergillus nomius</i> (ENT22).....	47
3.3.5 Teste de patogenicidade em colônias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> utilizando combinações de fungos.....	49
3.4.5.1 <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13) + <i>Isaria farinosa</i> (ENT02).....	49
3.4.5.2 <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13) + <i>Aspergillus nomius</i> (ENT22).....	51
3.4.5.3 <i>I. farinosa</i> (ENT02) + <i>B. bassiana</i> (ENT13) + <i>P. lilacinum</i> (ENT19) + <i>A. nomius</i> (ENT22).....	53
3.4.6 Avaliação de métodos de inoculação dos conídios: patogenicidade em colônias <i>Atta sexdens rubropilosa</i> através do polvilhamento de conídios.....	53

3.4.6.1 Controle negativo.....	53
3.4.6.2 <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13) + <i>Isaria farinosa</i> (ENT02).....	54
3.4.6.3 <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13) + <i>Aspergillus nomius</i> (ENT22).....	54
3.4.7 Avaliação de métodos de inoculação dos conídios: patogenicidade em colônias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> através da nebulização de conídios.....	55
3.4.7.1 <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13) + <i>Isaria farinosa</i> (ENT02).....	55
3.4.7.1 <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13) + <i>Aspergillus nomius</i> (ENT22).....	55
3.5 Discussão.....	56
3.6 Conclusão.....	62
4 CAPÍTULO 2 - Interações microbianas: ação dos fungos entomopatogênicos frente ao fungo mutualista das formigas cortadeiras e ao micoparasita <i>Escovopsis</i>....	63
Resumo.....	64
4.1 Introdução.....	65
4.2 Objetivos.....	67
4.3 Material e Métodos.....	68
4.3.1 Interações microbianas.....	68
4.3.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	70
4.3.3 Compostos orgânicos voláteis (VOC's).....	70
4.4 Resultados.....	72
4.4.1 Interações microbianas.....	72
4.4.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	74
4.4.3 Compostos orgânicos voláteis.....	79
4.4.3.1 <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13).....	79
4.4.3.2 <i>Isaria farinosa</i> (ENT02).....	81
4.4.3.3 <i>Escovopsis</i> sp. (ESC2).....	84
4.4.3.4 Co-cultivo de <i>Beauveria bassiana</i> (ENT13) com <i>Escovopsis</i> sp. (ESC2).....	87
4.4.3.5 Co-cultivo de <i>Isaria farinosa</i> (ENT02) e <i>Escovopsis</i> sp. (ESC2).....	89
4.5 Discussão.....	93
4.6 Conclusão.....	98
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
REFERÊNCIAS.....	100

1 INTRODUÇÃO

O controle biológico das formigas cortadeiras faz-se necessário devido à intensa desfolha realizada em locais de agricultura e reflorestamento (CHERRETT, 1986; FOWLER et al., 1989). Atualmente, os métodos mais utilizados de controle dessas formigas envolvem produtos químicos. Contudo, esses compostos contaminam o meio ambiente por não serem biodegradáveis e acumulam-se na cadeia alimentar, atingindo assim organismos não alvo (BOARETTO; FORTI, 1997; OLIVEIRA et al., 2011).

Frente a necessidade de desenvolver métodos de controle menos agressivos ao ambiente, o estudo dos fungos entomopatogênicos como agentes do biocontrole merece atenção (CHARNLEY, 1997; BOARETTO; FORTI, 1997). Normalmente, estes fungos são estudados quanto à mortalidade que causam nas formigas (DELLA LUCIA; VILLELA, 1993). Já quando o alvo do método de biocontrole é o fungo mutualista são empregados fungos antagonistas e micoparasitas, tais como aqueles dos gêneros *Acremonium*, *Trichoderma*, *Escovopsis*, *Mucor* e *Syncephalastrum* (SILVA et al., 2006; BARCOTO et al., 2016; FOLGARAIT et al., 2011). O estudo de compostos orgânicos voláteis secretados por micro-organismos também pode representar uma fonte de compostos promissores ao controle biológico de insetos (HEIL, 2008; STENBERG et al., 2015; KANDASAMY et al., 2016; MITHÖFER et al., 2016; WERNER et al., 2016). Contudo esta é uma área ainda pouco explorada e, apesar de muitos compostos serem detectados, as informações sobre sua atividade biológica ainda são escassas (von REUSS et al., 2010; PIECHULLA; DEGENHARDT, 2014).

O presente trabalho teve como objetivo estudar o potencial de fungos entomopatogênicos no controle biológico de formigas cortadeiras e elucidar como estes podem atuar não apenas quanto à mortalidade de operárias, mas também na complexa interação mutualística presente nos saueiros. A primeira parte do trabalho apresenta uma revisão sobre os aspectos básicos da associação mutualística entre formigas e fungo, além das pesquisas envolvendo o biocontrole das formigas cortadeiras.

O Capítulo 1 teve como objetivo determinar a atividade entomopatogênica de fungos filamentosos isolados de cadáveres de rainhas jovens de *Atta sexdens rubropilosa*, selecionando as linhagens mais promissoras aos métodos de biocontrole. No Capítulo 2, os estudos prosseguiram com as linhagens mais patogênicas (selecionadas no Capítulo 1) no sentido de verificar a interação destas com o fungo mutualista e com o micoparasita especializado das formigas cortadeiras. Estudos de microscopia eletrônica de varredura e

análises dos compostos orgânicos voláteis foram empregados na elucidação dos mecanismos de interação entre esses micro-organismos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prospecção de agentes para o biocontrole das formigas cortadeiras é uma linha de pesquisa importante dentro do contexto econômico, uma vez que as formigas causam perdas significativas na agricultura. Além disso, a busca por métodos que viabilizem o controle biológico é importante ao meio ambiente, já que os produtos químicos, atualmente utilizados, acumulam-se na natureza e não são biodegradados sob as condições ambientais. No presente trabalho exploramos os fungos entomopatogênicos, importantes patógenos a diversos insetos. Uma vez que a relação simbiótica estabelecida entre formigas e alguns fungos mutualistas não permite a sobrevivência dos mesmos separadamente, consideramos pertinente investigar se os fungos selecionados como potenciais patógenos às formigas causam danos adicionais ao fungo mutualista.

Nosso estudo permite concluir que as linhagens de *B. bassiana* (ENT13), *I. farinosa* (ENT02), *A. nomius* (ENT22) e *P. lilacinum* (ENT19) são particularmente promissores ao desenvolvimento de bioinseticidas. Adicionalmente, a associação entre *B. bassiana* (ENT13) e *A. nomius* (ENT22) é especialmente patogênica ao saúveiro atuando contra formigas e fungo mutualista. Já a associação entre *B. bassiana* (ENT13) e *I. farinosa* (ENT02), apesar de não ter apresentado relação antagonista frente ao mutualista, causa acentuada mortalidade entre as formigas e assim, o jardim de fungos também acaba entrando em colapso. A linhagem de *P. lilacinum* (ENT19), demonstrou patogenicidade às formigas e também ao fungo mutualista; contudo, em associação com outros fungos entomopatogênicos não apresentou resultados expressivos e por isso, o seu método de utilização deve ser melhor estudado.

Vários compostos orgânicos voláteis também foram detectados durante os cultivos de *B. bassiana* (ENT13), *I. farinosa* (ENT02) e *Escovopsis* sp. (ESC2) e dos co-cultivos utilizando esses fungos. O estudo desses compostos revelou a presença de compostos inibidores e estimuladores de crescimento, toxinas (algumas descritas como prejudiciais às formigas cortadeiras e a outros insetos), além de compostos com aplicações industriais. Isto reforça o potencial patogênico dessas linhagens e aponta os fungos como fonte abundante de compostos de interesse industrial.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, J.; ZHANG, A.; ANGELI, S.; ABUBEKER, S.; MICHEL, C.; FENG, Y.; RODRIGUEZ-SAONA, C. Behavioral and antennal responses of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to volatiles from fruit extracts. **Environmental Entomology**, v. 44, n. 2, p. 356-367, 2015.
- ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos. In (Ed.) ALVES, S. B. **Controle Microbiano de Insetos**. São Paulo, 1998, 1163 p.
- AUGUSTIN, J. O.; DIEHL, E.; SAMUELS, R. I.; ELLIOT, L. Fungos parasitas de formigas-cortadeiras e de seu fungo mutualístico. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.) **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa: Ed. UFV, 2011, p. 284-310.
- AUGUSTIN, J. O., GROENEWALD, J. Z., NASCIMENTO, R. J., MIZUBUTI, E. S., BARRETO, R. W., ELLIOT, S. L.; EVANS, H. C. Yet more “weeds” in the garden: fungal novelties from nests of leaf-cutting ants. **PloS One**, v. 8, n. 12, p. e82265, 2013.
- ALTSCHUL, S.F.; MADDEN, T.L.; SCHÄFFER, A.A.; ZHANG, J.; ZHANG, Z.; MILLER, W.; LIPMAN, D.J. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. **Nucleic Acids Research**, v.25, p.3389-3402, 1997.
- BACCI JR., M.; RIBEIRO, S. B.; CASAROTTO, M. E. F.; PAGNOCCA, F. C. Biopolymer degrading bacteria from nest of leaf-cutting ant *Atta sexdens rufopilosa*. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 28, n. 1, p. 79-82, 1995.
- BARCOTO, M. O.; PEDROSA, F.; BUENO, O. C.; RODRIGUES, A. Pathogenic nature of *Syncephalastrum* in *Atta sexdens rufopilosa* fungus gardens. **Pest Management Science**, 2016.
- BARNETT, H. L. Mycoparasitism. **Mycologia**, Lawrence, v. 56, p. 1-19, 1964.

- BARRETO, C. C.; STAATS, C. C.; SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M. H. Distribution of chitinases in the entomopathogen *Metarhizium anisopliae* and effect of N-acetylglucosamine in protein secretion. **Current Microbiology**, v. 48, n. 2, p. 102-107, 2004.
- BEATTIE, A.J.; HUGHES, L. Ant-plant interactions. In: HERRERA, C.M.; PELLMYR, O. (Ed). **Plant-animal interactions: an evolutionary approach**. 2nd ed. Oxford: Blackwell Science, 2003. p. 211-235.
- BECK, J. J.; VANNETTE, R. L. Harnessing Insect-Microbe Chemical Communications to Control Insect Pests of Agricultural Systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2016.
- BECK, J.J.; MERRILL, G.B.; PALUMBO, J.D.; O'KEEFFE, T.L. Strain of *Fusarium oxysporum* Isolated from Almond Hulls Produces Styrene and 7-Methyl-1,3,5-cyclooctatriene as the Principal Volatile Components. **J Agric Food Chem**. doi: 10.1021/jf802570w, 2008.
- BIGI, M. F.; TORKOMIAN, V. L.; DE GROOTE, S. T.; HEBLING, M. J. A.; BUENO, O. C.; PAGNOCCA, F. C.; FERNANDES, J.B.; VIEIRA, P. C.; DA SILVA, M. F. G. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) and ricinine against the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus*. **Pest Management Science**, v. 60, n. 9, p. 933-938, 2004.
- BRANDÃO, C.R.F.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; SANHUDO, C.E.D. Taxonomia e filogenia das formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.) **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa: Ed. UFV, 2011, p. 27-48.
- BRIARD, B.; HEDDERGOTT, C.; LATGÉ, J.P. Volatile Compounds Emitted by *Pseudomonas aeruginosa* Stimulate Growth of the Fungal Pathogen *Aspergillus fumigatus*. **mBio**, v. 7, n. 2, p. e00219-16, 2016.
- BOARETTO, M. A. C.; FORTI, L. C. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série técnica IPEF**, v. 11, n. 30, p. 31-46, 1997.

BOLDO, J. T.; JUNGES, A.; DO AMARAL, K. B.; STAATS, C. C.; VAINSTEIN, M. H.; SCHRANK, A. Endochitinase CHI2 of the biocontrol fungus *Metarhizium anisopliae* affects its virulence toward the cotton stainer bug *Dysdercus peruvianus*. **Current Genetics**, v. 55, n. 5, p. 551-560, 2009.

BOT, A. N. M.; REHNER, S. A.; BOOMSMA, J. J. Partial incompatibility between ants and symbiotic fungi in two sympatric species of *Acromyrmex* leaf-cutting ants. **Evolution**, v. 55, n. 10, p. 1980-1991, 2001.

BUENO, O. C.; MORINI, M. S. C.; PAGNOCCA, F. C. P.; HEBLING, J. A.; SILVA, O. A. Sobrevivência de operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae) isoladas do formigueiro e alimentadas com dietas artificiais. **An. Soc. Entomol. Brasil**, v. 26, n. 1, p. 107-113, 1997.

BUENO, O. C.; BUENO, F. C. Plantas inseticidas: perspectivas de uso no controle de formigas-cortadeiras In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.) **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa: Ed. UFV, 2011, p. 359-372.

BUTT, T. M.; COATES, C. J.; DUBOVSKIY, I. M.; RATCLIFFE, N. A. Chapter Nine- Entomopathogenic Fungi: New Insights into Host-Pathogen Interactions. **Advances in Genetics**, v. 94, p. 307-364, 2016.

CAFARO, S. C.; CURRIE, C. R. Phylogenetic analysis of mutualistic filamentous bacteria associated with fungus-growing ants. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 51, n.6, p. 441-446, 2005.

CAFARO, M. J., POULSEN, M., LITTLE, A. E., PRICE, S. L., GERARDO, N. M., WONG, B., ... & CURRIE, C. R. Specificity in the symbiotic association between fungus-growing ants and protective *Pseudonocardia* bacteria. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 278, n. 1713, p. 1814-1822, 2010.

CARDOSO, S. R.S. Morfogênese de ninhos iniciais de *Atta* spp. (Hymenoptera: formicidae), mortalidade em condições naturais e avaliação da ação de fungos entomopatogênicos. 2010.

CARRIÓN, G.; QUIROZ, L.; VALENZUELA, J. Hongos entomopatogenos de las hormigas arrieras *Atta mexicana* en México. **Rev. Mex. Micol**, v. 12, p. 41-48, 1996.

CASADEVALL, A.; PIROFSKI, L-A. Host-Pathogen Interactions: Basic Concepts of Microbial Commensalism, Colonization, Infection, and Disease. **Infection and Immunity**. Washington, v.68., n. 12, p. 6511–6518, 2000.

CHAPELA, I. H.; REHNER, S. A.; SCHULTZ, T. R.; MUELLER, U. G. Evolutionary history of the symbiosis between fungus-growing ants and their fungi. **Science**, v. 266, n. 5191, p. 1691-1694, 1994.

CHARNLEY, A. K. Entomopathogenetic fungi and their role in pest control. In: WICKLOW, D. T.; SÖDERSTRÖM, M., editors. The mycota IV – environmental and microbial relationships. Berlin Heidelberg: Springer- Verlag: 1997, p. 185-201.

CHEN, C.; MU, W.; ZHAO, Y.; LI, H.; ZHANG, P.; WANG, Q.; LIU, F. Biological activity of trans-2-hexenal against *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae) at different developmental stages. **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, p. iev075, 2015.

CHEN, C. C.; WU, C. M. . Volatile components of mushroom (*Agaricus subrufecens*). **Journal of Food Science**, v. 49, n. 4, p. 1208-1209, 1984.

CHERRETT, J. M. The foraging behaviour of *Atta cephalotes* L. (Hymenoptera: Formidae). L. Foraging patterns and plant species attacked in tropical rain forest. **Journal of Animal Ecology**, v. 37, p. 387- 403, 1968.

CHITARRA, G.S.; ABEE, T.; ROMBOUTS, F.M.; POSTHUMUS, M.A.; DIJKSTERHUIS, J. Germination of *Penicillium paneum* conidia is regulated by 1-octen-3-ol, a volatile self-inhibitor. **Appl. Environ. Microbiol.** 70, 2823–2829, 2004.

CHITARRA, G. S.; ABEE, T.; ROMBOUTS, F. M.; DIJKSTERHUIS, J.L. 1-Octen-3-ol inhibits conidia germination of *Penicillium paneum* despite of mild effects on membrane permeability, respiration, intracellular pH, and changes the protein composition. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 54, n. 1, p. 67-75, 2005.

CHO, I. H.; NAMGUNG, H. J.; CHOI, H. K.; KIM, Y. S. Volatiles and key odorants in the pileus and stipe of pine-mushroom (*Tricholoma matsutake* Sing.). **Food Chemistry**, v. 106, n. 1, p. 71-76, 2008.

CRAVEN, S. E.; DIX, M. W.; MICHAELS, G. E. Attine fungus gardens contain yeasts. **Science**, v. 169, n. 3941, p. 184-186, 1970.

CRESPO, R.; PEDRINI, N.; JUAREZ, M. P.; DAL BELLO, G. M. Volatile organic compounds released by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. **Microbiological Research**, v. 163, n. 2, p. 148-151, 2008.

CURRIE, C. R.; MUELLER, U. G.; MALLOCH, D. The agricultural pathology of ant fungus gardens. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, v. 96, n. 7, p. 7998-8002, 1999a.

CURRIE, C. R.; JAMES, A. SCOTT.; SUMMERBELL, R. C.; MALLOCH, D. Fungus-growing ants use antibiotic-producing bacteria to control garden parasites. **Nature**, v. 398, p. 701- 704, 1999b.

CURRIE, C. R.; STUART, A. E. Weeding and grooming of pathogens in agriculture by ants. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 268, n. 1471, p. 1033-1039, 2001.

CURRIE, C. R. A community of ants, fungi and bacteria: A multilateral approach to studying symbiosis. **Annual Review of Microbiology**, v. 55, p. 357-380, 2001.

CURRIE, C. R.; WONG, B.; STUART, A.E; SCHUTZ, T. R.; REHNER, S. A.; MUELLER, U. G.; SUNG, G.H.; SPATAFORA, J. W.; STRAUS, N.A. Ancient tripartite coevolution in the attine ant-microbe symbiosis. **Science**, v. 299, n. 5605, p. 386-388, 2003.

DE FARIA, M. R.; WRAIGHT, S. P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. **Biological Control**, v. 43, n. 3, p. 237-256, 2007.

DELABIE, J. H.C. Novas opções para controle das formigas cortadeiras *Acromyrmex subterraneus brunneus* e *Atta sexdens sexdens* (Hymenoptera: Formicidae: Attini), na região cacauzeira da Bahia, Brasil. **Revista Agrotrópica**, v. 1, p. 173-180, 1989.

DELLA LUCIA T.M.C.; VILELA, E.F. Métodos atuais de controle e perspectivas. In: Della Lucia TMC (ed) **As formigas cortadeiras**. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brazil, pp 163–190, 1993.

DELLA LUCIA, T. M. C. *Atta bisphaerica: uma ilustre desconhecida*. Naturalista, São Paulo, v. 24, p. 53-59, 1999. Número especial.

DELLA LUCIA, T. M. C.; SOUZA, D. J. Importância e história de vida das formigas cortadeiras In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.) **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa: Ed. UFV, 2011,13-26.

DELLA LUCIA, T.; GANDRA, L. C.; GUEDES, R. NC. Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. **Pest management science**, v. 70, n. 1, p. 14-23, 2014.

DE SOUZA LOUREIRO, E.; MONTEIRO, A. C.. Patogenicidade de isolados de três fungos entomopatogênicos a soldados de *Atta sexdens sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 553-561, 2005.

DIEHL-FLEIG, E.; LUCHESE, M. E. P. Reações comportamentais de operárias de *Acromyrmex striatus* (Hymenoptera: Formicidae) na presença de fungos entomopatogênicos. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 35, n. 1, p. 101-107, 1991.

DOMSCH KH, GAMS W, ANDERSON T-H. Compendium of soil fungi. v. 1. **Academic Press**, London, 1980.

DON PEDRO, K.N. Insecticidal activity of fatty acid constituents of fixed vegetable oils against *Callosobruchus maculatus* (F.) on cowpea. **Pesticide Science** 30: 295-302,1990.

EFFMERT, U.; KALDERÁS, J.; WARNKE, R.; PIECHULLA, B. Volatile mediated interactions between bacteria and fungi in the soil. **Journal of chemical ecology**, v. 38, n. 6, p. 665-703, 2012.

ERTHAL Jr, M.; SILVA, C. P.; COOPER, R. M.; SAMUELS, R.I. Hydrolytic enzymes of leaf-cutting ant fungi. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 152, n. 1, p. 54-59, 2009.

ELANDT-JOHNSON, R., JOHNSON, N.L., 1980. **Survival models and data analysis**. John Wiley and Sons, New York.

ELLIS, M. B. **Dematiaceous Hyphomycetes**. Kew: Commonwealth Micological Institute, 1971. 608p.

FARAG, M. A.; ZHANG, H.; RYU, C.M. Dynamic chemical communication between plants and bacteria through airborne signals: induced resistance by bacterial volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, v. 39, n. 7, p. 1007-1018, 2013.

FARJI-BRENER, A. G.; MEDINA, C. A. The Importance of Where to Dump the Refuse: Seed Banks and Fine Roots in Nests of the Leaf-Cutting Ants *Atta cephalotes* and *A. colombica*. **Biotropica**, v. 32, n. 1, p. 120-126, 2000.

FISHER, P. J.; STRADLING, D. J.; PEGLER, D. N. Leaf cutting ants, their fungus gardens and the formation of basidiomata of *Leucoagaricus gongylophorus*. **Mycologist**, v.8, n.3, p. 128-131, 1994.

FOLGARAIT, P.; GOROSITO, N.; POULSEN, M.; CURRIE, C. R.. Preliminary in vitro insights into the use of natural fungal pathogens of leaf-cutting ants as biocontrol agents. **Current Microbiology**, v. 63, n. 3, p. 250-258, 2011.

FOWLER, H. G.; PAGANI, M. I.; SILVA, O. A. A pest is a pest is a pest? The dilemma of neotropical leaf-cutting ants: keystone taxa of natural ecosystems. **Environmental Management**, v. 13, n. 6, p 671-675, 1989.

FOWLER, H. G.; BERNARDI, J. V. E.; DELABIE, J. C.; FORTI, L. C.; PEREIRA-DA-SILVA, V. Major ant problems of South America. **Applied Myrmecology: A world perspective.**(Vander Meer, RK, Jaffe K. & Cedeño, A., eds.). Westview Press, Inc. Boulder, p. 3-14, 1990.

FOWLER, H. G. Patterns of colonization and incipient nest survival in *Acromyrmex niger* and *Acromyrmex balzani* (Hymenoptera: Formicidae). **Insectes Sociaux**, v. 39, n. 3, p. 347-350, 1992.

FRAZZON, A. P. G.; JUNIOR, I. D. S. V.; MASUDA, A.; SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M. H. In vitro assessment of *Metarhizium anisopliae* isolates to control the cattle tick *Boophilus microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 94, n. 1, p. 117-125, 2000.

GENTHNER, F. J.; CRIPE, G. M.; CROSBY, D. J. Effect of *Beauveria bassiana* and its toxins on *Mysidopsis bahia* (Mysidacea). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 26, n. 1, p. 90-94, 1994.

GEORGE, J.; ROBBINS, P. S.; ALESSANDRO, R. T.; STELINSKI, L. L.; LAPOINTE, S. L. Formic and Acetic Acids in Degradation Products of Plant Volatiles Elicit Olfactory and Behavioral Responses from an Insect Vector. **Chemical Senses**, p. bjw005, 2016.

GERRITS VAN DEN ENDE, A.H.G.; de HOOG, G.S. Variability and molecular diagnostics of the neurotropic species *Cladophialophora bantiana*. **Studies in Mycology**, v.43, p.151-162, 1999.

GOFFRÉ, D.; FOLGARAIT, P. J. *Purpureocillium lilacinum*, potential agent for biological control of the leaf-cutting ant *Acromyrmex lundii*. **Journal of invertebrate pathology**, v. 130, p. 107-115, 2015.

GOH, Y. K.; VUJANOVIC, V. *Sphaerodes quadrangularis* biotrophic mycoparasitism on *Fusarium avenaceum*. **Mycologia**, v. 102, n. 4, p. 757–762, 2010.

GOOSEY, E. R. **Towards understanding the fate of perfluoroalkyl compounds (PFCs) within urban environments: implications for human exposure.** 2010. Tese de Doutorado. University of Birmingham.

HALL, TA. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. **Nucleic Acids Sympium Series**, v.41, pp.95-98, 1999.

HEIL, M. Indirect defence via tritrophic interactions. **New Phytologist**, v. 178, n. 1, p. 41-61, 2008.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants.** Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1990. 732 p.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The leafcutter ants: civilization by instinct.** Norton & Company, New York, NY, 2010. 160 p.

HOOG, G.S.; QUEIROZ-TELLES, F.; HAASE, G.; FERNANDEZ-ZEPPEFELDT, G.; ANGELIS, D.A.; VAN DEN ENDE, A.; MATOS, T.; PELTROCHE-LLACSAHUANGA, H.; PIZZIRANI-KLEINER, A.A.; RAINER, J.; RICHARD-YEGRES, N.; VICENTE, V.; YEGRES, F. Black fungi: clinical and pathogenic approaches. **Medical Mycology**, v.38, p.243-250, 2000.

HUGHES, W. OH; EILENBERG, J.; BOOMSMA, J. J. Trade-offs in group living: transmission and disease resistance in leaf-cutting ants. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 269, n. 1502, p. 1811-1819, 2002.

HUGHES, W. O. H.; BOOMSMA, J. J. Let your enemy do the work: within-host interactions between two fungal parasites of leaf-cutting ants. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 271, n. Suppl 3, p. S104-S106, 2004.

HUSSAIN, A.; TIAN, M. Y.; HE, Y. R.; LEI, Y. Y. Differential fluctuation in virulence and VOC profiles among different cultures of entomopathogenic fungi. **Journal of invertebrate pathology**, v. 104, n. 3, p. 166-171, 2010.

INAMDAR, A. A.; MASUREKAR, P.; BENNETT, J. W. Neurotoxicity of fungal volatile organic compounds in *Drosophila melanogaster*. **Toxicological Sciences**, p. kfq222, 2010.

INGLIS, P. W.; TIGANO, M. S. Identification and taxonomy of some entomopathogenic *Paecilomyces* spp.(Ascomycota) isolates using rDNA-ITS sequences. **Genetics and Molecular Biology**, v. 29, n. 1, p. 132-136, 2006.

JACCOUD, D. B.; HUGHES, W. O. H.; JACKSON, C. W. The epizootiology of a *Metarhizium* infection in mini-nests of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 93, n.1, p. 51-61, 1999.

JEFFRIES, P. Biology and ecology of mycoparasitism. **Can. J. Bot.**, v. 73, n.1, p.S1284-s1290, 1995.

JEŠOVNIK, A.; GONZÁLEZ, V. L.; SCHULTZ, T. R. Phylogenomics and Divergence Dating of Fungus-Farming Ants (Hymenoptera: Formicidae) of the Genera *Sericomyrmex* and *Apterostigma*. **PloS One**, v. 11, n. 7, p. e 0151059, 2016.

KANDASAMY, D.; GERSHENZON, J.; HAMMERBACHER, A. Volatile organic compounds emitted by fungal associates of conifer bark beetles and their potential in bark beetle control. **Journal of Chemical Ecology**, v. 42, n. 9, p. 952-969, 2016.

KNAPP, J. J.; JACKSON, C. W.; HOWSE, P. E.; VILELA, E. F. Mandibular gland secretions of leaf-cutting ants: role in defense against alien fungi. In: **CONGRESS OF THE INTERNATIONAL UNION FOR THE STUDY OF SOCIAL INSECTS**, n. 12, 1994. Paris. Proceedings...Paris: Univ. Paris, 1994, p. 109.

KUSNEZOV, N. Zoogeografía de las hormigas de Sudamérica. **Acta Zoologica Lilloana**, v. 21, p. 123-251, 1964.

LACERDA, F. G.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SOUZA, D. J. Biologia comportamental das operárias do lixo das colônias de formigas-cortadeiras In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.) **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa: Ed. UFV, 2011, p. 226-235.

LEMFACK, M. C.; NICKEL, J.; DUNKEL, M.; PREISSNER, R.; PIECHULLA, B. mVOC: a database of microbial volatiles. **Nucleic acids research**, v. 42, n. D1, p. D744-D748, 2014.

LIU, B.; TZENG, Y.. Development and applications of destruxins: A review. **Biotechnology Advances**, N° 30, pp. 1242–1254, 2012.

LIU, H.; XIE, L.; WANG, J.; GUO, Q.; YANG, S.; LIANG, P.; ... ZHANG, L. The Stress-responsive and host-oriented role of nonribosomal peptide synthetases in an entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*. **Journal of microbiology and biotechnology**, 2016.

LITTLE, A. E. F.; MURAKAMI, T.; MUELLER, U. G.; CURRIE, C. R. Defending against parasites: fungus-growing ants combine specialized behaviours and microbial symbionts to protect their fungus gardens, **Biol. Lett.**, v. 2, n.5, p. 12–16, 2006.

LOPEZ, E.; ORDUZ, S. *Metarhizium anisopliae* and *Trichoderma viride* for control of nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes*. **Biological Control**, v. 27, n. 2, p. 194-200, 2003.

MACHADO, V.; DIEHL-FLEIG, E.; SILVA, M. D.; LUCCHESI, M. D. P. Reações observadas em colônias de algumas espécies de *Acromyrmex* (Hymenoptera-Formicidae) quando inoculadas com fungos entomopatogênicos. **Ciência e Cultura**, v. 40, n. 11, p. 1106-1108, 1988.

MASIULIONIS, V. E.; CABELLO, M. N.; SEIFERT, K. A.; RODRIGUES, A.; PAGNOCCA, F. C. *Escovopsis trichodermoides* sp. nov., isolated from a nest of the lower attine ant *Mycocepurus goeldii*. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 107, n. 3, p. 731-740, 2015.

MARICONI, F. A. M. **As saúvas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1970. 167 p.

MEIRELLES, L. A., MONTROYA, Q. V., SOLOMON, S. E., & RODRIGUES, A. New Light on the Systematics of Fungi Associated with Attine Ant Gardens and the Description of *Escovopsis kreiselii* sp. nov. **PLoS One**, v. 10, n. 1, p. e0112067, 2015a.

MEIRELLES, L. A.; SOLOMON, S. E.; BACCI, M.; WRIGHT, A. M.; MUELLER, U. G.; RODRIGUES, A. Shared *Escovopsis* parasites between leaf-cutting and non-leaf-cutting ants in the higher Attine fungus-growing ant symbiosis. **Open Science**, v. 2, n. 9, p. 150257, 2015b.

MITHÖFER, A.; MAFFEI, M. E. General Mechanisms of Plant Defense and Plant Toxins. In: **Plant Toxins**. Springer, 2016. p. 1-22.

MOHAMMADI, S.; SOLTANI, J.; PIRI, K. Soilborne and invertebrate pathogenic *Paecilomyces* species show activity against pathogenic fungi and bacteria. **Journal of Crop Protection**, v. 5, n. 3, p. 377-387, 2016.

MÖLLER, A. Die Pilzgärten einiger südamerikanischer Ameisen. **Botanische Mitteilungen aus den Tropen**, v.6, p. 1–127, 1893.

MÖLLER, E. M.; BAHNWEIG, G.; SANDERMANN', H.; GEIGER, H.H. A simple and efficient protocol for isolation of high molecular weight DNA from filamentous fungi, fruit bodies, and infected plant tissues. **Nucleic Acids Research**, v. 20, n. 22, p. 6115-6116, 1992.

MOREIRA, D. D.O.; ERTHAL JUNIOR, M.; SAMUELS, R. I. Alimentação e digestão em formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.) **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa: Ed. UFV, 2011, p. 204-226.

MORINI, M.S.C.; BUENO, O.C.; HEBLING, M.J.A.; PAGNOCCA, F.C.; BACCI JUNIOR, M.; FERNANDES, J.B.; VIEIRA, P.C. Ação tóxica de ácidos graxos misturados a um triglicerídeo, sobre operárias de *Atta sexdens* L. (Hymenoptera, Formicidae). **Naturalia** 24: 327, 1999.

MUCHOVEJ, J. J.; DELLA LUCIA, T. M. *Escovopsis*, a new genus from leaf cutting ant nests to replace *Phialocladus nomem invalidum*. **Mycotaxon**, 1990.

MUELLER, U. G.; REHNER, S. A.; SCHULTZ, T. R. The evolution of agriculture in ants. **Science**, v. 281, n. 5385, p. 2034-2038, 1998.

MUELLER, U. G.; SCHULTZ, T. R.; CURRIE, C. R.; ADAMS, R. M.; MALLOCH, D. The origin of the attine ant-fungus mutualism. **Quarterly Review of Biology**, p. 169-197, 2001.

MUELLER, U. G.; SCOTT, J. J.; ISHAK, H. D.; COOPER, M.; RODRIGUES, A. Monoculture of leafcutter ant gardens. **PLoS One**, v. 5, n. 9, p. e12668, 2010.

PADULLA, L. F. L. **Estudo de fungos entomopatogênicos para o controle de ninfas do psilídeo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae)**. 2007. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

PAGNOCCA, F. C.; DA SILVA, O. A.; HEBLING-BERALDO, M. J.; BUENO, O. C.; FERNANDES, J. B.; VIEIRA, P. C. Toxicity of sesame extracts to the symbiotic fungus of leaf-cutting ants. **Bulletin of Entomological Research**, v. 80, n. 03, p. 349-352, 1990.

PAGNOCCA, F. C.; CARREIRO, S. C.; BUENO, O. C.; SANTANA, A.; CAPELARI, M. RAPD analysis of the sexual state and sterile mycelium of the fungus cultivated by the leaf-cutting and *Acromyrmex hispidus fallax*. **Mycological Research**, v. 105, n. 2, p. 173-176, 2001.

PAGNOCCA, F. C.; RODRIGUES, A.; NAGAMOTO, N. S.; BACCI JR, M. Yeasts and filamentous fungi carried by the gynes of leaf-cutting ants. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 94, n. 4, p. 517-526, 2008.

PAGNOCCA, F. C.; RODRIGUES, A.; BACCI JUNIOR, M. Micro-organismos associados às formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.) **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa: Ed. UFV, 2011, p. 262-283.

PAGNOCCA, F. C.; MASIULIONIS, V. E.; RODRIGUES, A. Specialized fungal parasites and opportunistic fungi in gardens of attine ants. **Psyche**, v. 12, p. 1-9, 2012.

PANDA, P.; RATH, M.; PAL, A.; SHARMA, T.; DAS, D. GC-MS analysis of bioactive compounds in the methanol extract of *Clerodendrum viscosum* leaves. **Pharmacognosy research**, v. 7, n. 1, p. 110, 2015.

- PEÑUELAS, J.; ASENSIO, D.; THOLL, D.; WENKE, K.; ROSENKRANZ, M.; PIECHULLA, B.; SCHNITZLER, J. P. Biogenic volatile emissions from the soil. **Plant, Cell & Environment**, v. 37, n. 8, p. 1866-1891, 2014.
- PEDRAS, M.S.; ZAHARIA, L.I.; WARD, D.E. The destruxins: synthesis, biosynthesis, biotransformation, and biological activity. **Phytochemistry**, N° 59 , pp.579–596, 2002.
- PIECHULLA, B.; DEGENHARDT, J. The emerging importance of microbial volatile organic compounds. **Plant, Cell & Environment**, v. 37, n. 4, p. 811-812, 2014.
- PINTO, A. P. F.; BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J. E. M.; WENZEL, I. M. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* ao psilídeo *Diaphorina citri* e compatibilidade do fungo com produtos fitossanitários. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 47, n. 12, p. 1673-1680, 2012.
- QUILAN, R. J.; CHERRETT, J. M. The role of fungus in the diet of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.). **Ecol. Entomol.**, v. 4, n.2, p. 151-160, 1979.
- QURAIISHI, M. S.; THORSTEINSON, A. J. Toxicity of some straight chain saturated fatty acids to house fly larvae. **Journal of Economic Entomology**, v. 58, n. 3, p. 400-402, 1965.
- REYNOLDS, H. T.; CURRIE, C. R. Pathogenicity of *Escovopsis weberi*: The parasite of the attine ant-microbe symbiosis directly consumes the ant-cultivated fungus. **Mycologia**, v. 96, n. 5, p. 955–959, 2004.
- RIBEIRO, M. M.; AMARAL, K. D.; SEIDE, V. E.; SOUZA, B. M.; DELLA LUCIA, T.; KASUYA, M. C. M.; DE SOUZA, D. J. Diversity of fungi associated with *Atta bisphaerica* (Hymenoptera: Formicidae): the activity of *Aspergillus ochraceus* and *Beauveria bassiana*. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2012, 2012.
- RODRIGUES, A.; SILVA, A.; FORTI, L. C.; PAGNOCCA, F. C. Filamentous fungi found on foundress queens of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 134, n. 4, p. 342-345, 2010.

RODRIGUES, A.; BACCI JR, M.; MUELLER, U. G.; ORTIZ, A.; PAGNOCCA, F. C.

Microfungal “weeds” in the leafcutter ant symbiosis. **Microbial Ecology**, v. 56, n. 4, p. 604-614, 2008.

ROZE, L. V.; BEAUDRY, R. M.; LINZ, J. E. Analysis of volatile compounds emitted by filamentous fungi using solid-phase microextraction-gas chromatography/mass spectrometry.

In: KELLER, N. P.; TURNER, G. (Eds.). **Fungal secondary metabolism: methods and protocols**. Humana Press, 2012. p. 113-142.

RUIZ-SANCHEZ, E.; ORCHARD, I.; LANGE, A.B.. Effects of the cyclopeptide mycotoxin destruxin A on the Malpighian tubules of *Rhodnius prolixus* (Stål). **Toxicon**, N° 55, pp. 1162–1170, 2010.

SANTOS, A. V.; DE OLIVEIRA, B. L.; SAMUELS, R. I. Selection of entomopathogenic fungi for use in combination with sub-lethal doses of imidacloprid: perspectives for the control of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae). **Mycopathologia**, v. 163, n. 4, p. 233-240, 2007.

SAMPAIO, J. P.; GADANHO, M.; SANTOS, S.; DUARTE, F. L.; PAIS, C.; FONSECA, A.; FELL, J. W. Polyphasic taxonomy of basidiomycetous yeasts genus *Rhodosporidium*: *Rhodosporidium kratochvilovae* and related anamorphic species. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.51, p.687-697, 2001.

SAMSON, R. A.; Harry, C. E.; LATGÉ, J. P. **Atlas of entomopathogenic fungi**. Springer-Verlag GmbH & Co. KG, 1988.

SAMSON, R. A.; HOEKSTRA, E. S.; FRISVAD, J. C. **Introduction to food-airborne fungi**. 6th ed., Baarn: Centraalbureau voor Schimmelcultures, 2004.

SARKAR, N.; KARMAKAR, A.; BARIK, A. Volatiles of *Solena amplexicaulis* (Lam.) Gandhi Leaves Influencing Attraction of Two Generalist Insect Herbivores. **Journal of Chemical Ecology**, v. 42, n. 10, p. 1004-1015, 2016.

SCHMID-HEMPEL, Paul. **Parasites in social insects**. Princeton University Press, 1998.

SCHOCH, C. L.; SEIFERT, K. A.; HUHNDORF, S.; ROBERT, V.; SPOUGE, J. L.; LEVESQUE, C. A.; ...; MILLER, A. N. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 16, p. 6241-6246, 2012.

SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M. H. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. **Toxicon**, v. 56, n. 7, p. 1267-1274, 2010.

SCHULTZ, T. R.; BRADY, S. G. Major evolutionary transitions in ant agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 14, p. 5435-5440, 2008.

SEIFERT, K.A.; SAMSON, R.A.; CHAPELA, I.H. *Escovopsis aspergilloides*, a rediscovered hyphomycete from leaf-cutting ant nests. **Mycologia** 87: 407–413, 1995.

SHOBANA, S.; VIDHYA, V. G.; RAMYA, M. Antibacterial activity of garlic varieties (*Ophioscordon* and *Sativum*) on enteric pathogens. **Current Research Journal of Biological Sciences**, v. 1, n. 3, p. 123-126, 2009.

SILVA-PINHATI, A. C. O.; BACCI JUNIOR, M.; HINKLE, G.; SOGIN, M.L.; PAGNOCCA, F. C.; MARTINS, V. G.; BUENO, O. C.; HEBLING, M. J. A. Low variation in ribosomal DNA and internal transcribed spacers of the symbiotic fungi of leaf-cutting ants (Attini: Formicidae). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 37, n. 10, p. 1463-1472, 2004.

SILVA, A.; RODRIGUES, A.; BACCI JR, M.; PAGNOCCA, F. C.; BUENO, O. C. Susceptibility of the ant-cultivated fungus *Leucoagaricus gongylophorus* (Agaricales: Basidiomycota) towards microfungi. **Mycopathologia**, v. 162, p. 115-119, 2006.

SIQUEIRA, C. G.; BACCI JUNIOR, M.; PAGNOCCA, F. C.; BUENO, O. C.; HEBLING, M. J. A. Metabolism of Plant Polysaccharides by *Leucoagaricus gongylophorus*, the Symbiotic Fungus of the Leaf-Cutting Ant *Atta sexdens* L. **Applied and environmental microbiology**, v. 64, n. 12, p. 4820-4822, 1998.

SOLOMON, S. E.; BACCI JUNIOR, M.; MARTINS JUNIOR, J.; VINHA, G. V.; MUELLER, R. G. Paleodistributions and comparative molecular phylogeography of leafcutter ants (*Atta* spp.) provide new insight into the origins of Amazonian diversity. **PLoS One**, v. 2, n. 3, p. 1-15, 2008.

STEENBERG, T.; HUMBER, R. A. Entomopathogenic Potential of *Verticillium* and *Acremonium* species (Deuteromycotina: Hyphomycetes). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 73, n. 3, p. 309-314, 1999.

STENBERG, J. A.; HEIL, M.; ÅHMAN, I.; BJÖRKMAN, C. Optimizing Crops for Biocontrol of Pests and. **Trends in Plant Science**, v. 20, n. 11, p. 699, 2015.

STROBEL, G. A.; DIRKSE, E.; SEARS, J.; MARKWORTH, C. Volatile antimicrobials from *Muscodor albus* a novel endophytic fungus. **Microbiology**, Reading, v. 147, p. 2943-2950, 2001.

SUN, B. D.; YU, H. Y.; CHEN, A. J.; LIU, X. Z. Insect-associated fungi in soils of field crops and orchards. **Crop Protection**, v. 27, n. 11, p. 1421-1426, 2008.

TAERUM, S. J.; CAFARO, M. J. LITTLE, A. E. F.; SCHULTZ, T. R.; CURRIE, C. R. Low host pathogen specificity in the leaf-cutting ant-microbe symbiosis. **Proc. R. Soc. Lond. B.**, v. 274, p. 1971-1978, 2007.

TAKAHASHI-DEL BIANCO, M. **Toxicidade de extratos orgânicos foliares de *Canavalia ensiformis* L. E de alguns princípios ativos de inseticidas comerciais para operárias de *Atta sexdens* L., 1758 (Hymenoptera: Formicidae), isoladas do formigueiro.** Doctor Thesis. UNESP, Rio Claro, SP, Brazil. Pp. 174. 2002.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. TOXICOLOGICAL PROFILE FOR STYRENE. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010, Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp53.pdf>> Acesso em: 05 nov. 2016.

VARANDA-HAIFIG, S. S.; ALBARICI, T. R.; NUNES, P. H.; HAIFIG, I.; VIEIRA, P. C.; RODRIGUES, A. Nature of the interactions between hypocrealean fungi and the mutualistic fungus of leaf-cutter ants. **Antonie van Leeuwenhoek**, p. 1-13, 2016.

VEGA, F. E. et al. Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. **Fungal Ecology**, v. 2, n. 4, p. 149-159, 2009.

VON REUß, S. H.; KAI, M.; PIECHULLA, B.; FRANCKE, W. Octamethylbicyclo [3.2. 1] octadienes from the Rhizobacterium *Serratia odorifera*. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 49, n. 11, p. 2009-2010, 2010.

XU, Y. et al. Biosynthesis of the cyclooligomer depsipeptide beauvericin, a virulence factor of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. **Chemistry & Biology**, v. 15, n. 9, p. 898-907, 2008.

ZAMUNÉR, C.F.C. **Biocontrole de formigas-cortadeiras utilizando o fungo *Escovopsis***. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, 2015, 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso.

ZHAO, G.; YIN, G.; INAMDAR, A. A.; LUO, J.; ZHANG, N.; BUCKLEY, B.; & BENNETT, J. W. Volatile organic compounds emitted by filamentous fungi isolated from flooded homes after Hurricane Sandy show toxicity in a *Drosophila* bioassay. **Indoor Air**, 2016.

WEBER, N. A. **Gardening ants: The Attines**. Philadelphia: American Philosophical Society, v. 92, 146 p. 1972.

WERNER, S.; POLLE, A.; BRINKMANN, N. Belowground communication: impacts of volatile organic compounds (VOCs) from soil fungi on other soil-inhabiting organisms. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 100, n. 20, p. 8651-8665, 2016.