UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DO FUNGO ENTOMOPATOGÊNICO *Beauveria bassiana* PARA CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE FORMIGAS CORTADEIRAS

CÁSSIA RIBEIRO DE SOUZA

FLORIANÓPOLIS
2012

CÁSSIA RIBEIRO DE SOUZA

PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DO FUNGO ENTOMOPATOGÊNICO *Beauveria bassiana* PARA CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE FORMIGAS CORTADEIRAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia - ECZ9111-0808072 (20112) como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Ciências Biológicas pela modalidade a distância.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Verzani Nogueira

FLORIANÓPOLIS

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DO FUNGO ENTOMOPATOGÊNICO *BEAUVERIA BASSIANA* PARA CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE FORMIGAS CORTADEIRAS

CÁSSIA RIBEIRO DE SOUZA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – Modalidade a distância como parte dos requisitos para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

_____
Prof. Dr. Alexandre Verzani Nogueira
Orientador

_____
Tadeu Lemos, PhD

_____
Thereza Christina Monteiro de Lima, PhD

Pato Branco, 15 de junho de 2012.

Aos meus pais Sérgio e Zélia, pelo amor incondicional, apoio, incentivos e ensinamentos, sem os quais não conseguiria chegar até aqui.

Aos meus irmãos Fábio Luciano e Fernanda

Amo vocês!

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Catarina por viabilizar a minha formação profissional e intelectual.

Ao Professor Dr. Alexandre Verzani Nogueira, obrigada pela oportunidade, paciência, pelos conselhos de estímulo profissional e a confiança depositada em mim ao aceitar o desafio da orientação à distância.

Aos Professores do Tadeu Lemos e Thereza de Lima pelas valiosas colaborações para efetivação desse trabalho.

Ao tutor da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso Robson da Costa pela ajuda durante todas as fases do desenvolvimento desse trabalho.

Ao corpo docente do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – modalidade a distância que ensinaram muito mais do que ciência.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que de maneira direta ou indireta colaboram para a conclusão dessa etapa da minha vida.

"*O degrau de uma escada não serve simplesmente para que alguém permaneça em cima dele, destina-se a sustentar o pé de um homem pelo tempo suficiente para que ele coloque o outro um pouco mais alto".*

THOMAS HUXLEY

RESUMO

As formigas cortadeiras do gênero *Atta* e *Acromyrmex* são consideradas pragas de diversas culturas, principalmente agrícolas e da silvicultura brasileira e causam diversos prejuízos econômicos. A utilização de produtos químicos para controle dessas pragas não é eficiente, sendo necessários estudos de outros métodos de controle. Os fungos entomopatogênicos apresentam grande potencial para controle biológico dessas pragas. Assim, o objetivo principal desse trabalho de pesquisa foi apresentar uma revisão de literatura, trazendo as principais perspectivas quando da utilização do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*. Os trabalhos científicos revelam que os diversos isolados do fungo *Beauveria bassiana* apresentam grande virulência, porém, trata-se de um campo de pesquisa que merece maior atenção e estudos regionalizados, devido à grande variedade de espécies de formigas cortadeiras e condições ideais que garantam maior virulência.

Palavras-chave: formigas cortadeiras, *Beauveria bassiana*, patogenicidade, virulência.

s

ABSTRACT

The leaf-cutting ant of the sort *Atta* and *Acromyrmex* are considered plagues of diverse cultures, mainly agriculturists and of Brazilian forestry and cause diverse economic damages. The use of chemical products for control of these plagues is not efficient, being necessary studies of other methods of control. The entomopathogenic fungi present great potential for biological control of these plagues. Thus, the main objective of this work of research is to present a literature revision, bringing the main perspectives when of the use of The entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana.* It was possible to find in the scientific works that diverse the isolated ones of fungi *Beauveria bassiana* present great virulence, however, is about a field of research that deserves greater regionalized attention and studies, due to great variety of species of leaf-cutting ant and conditions ideas that guarantee greater virulence**.**

Keywords: Leaf-cutting ant, *Beauveria bassiana*, pathogenicity, virulence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1a.: Vista lateral de espécime do Gênero *Atta* 21
Figura 1b.: Vista lateral de espécime do Gênero *Acromyrmex* com ênfase *aos* espinhos dorsais facilmente visualizados no tórax da espécime.....21
Figura 2: Organização das castas na sociedade de formigas cortadeiras.....22
Figura 3: Estrutura da colônia de formigas saúvas (Gênero *Atta)*.....25
Figura 4: Estrutura da colônia de formigas do Gênero *Acromyrmex*.....26
Figura 5: Ramificação do fungo *Beauveria bassiana*, mostrando um conjunto de conídios globosos.....26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das características morfológicas dos Generos *Atta* e *Acromyrmex* 20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13
2. MATERIAIS E MÉTODOS 20
3. RESULTADOS 21
3.1 CARACTERIZACAO DOS GENEROS ATTA E ACROMYRMEX 21
3.2 ESTRUTURA DO FORMIGUEIRO 25
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO FUNGO B*eauveria bassania* 26
3.4 VIRULÊNCIA DO FUNGO ENTOMOPATOGENICO B*eauveria bassania* *29*
4. DISCUSSÃO 33
5. CONCLUSÕES 35
REFERÊNCIAS 36

1 INTRODUÇÃO

Segundo Gallo e colaboradores (2002) as formigas cortadeiras situam-se dentro do Reino Animal, Filo Arthropoda, Classe Insecta, Ordem Hymenoptera, Subordem Apocrita, Superfamília Formicoidea, Família Formicidae, Subfamília Myrmicinae e Tribo Attini.

Brandão e Mayhé-Nunes (2001 apud TANIGUSCHI, 2007, p. 3) discorrem que a Tribo Attini abriga cerca 220 espécies de formigas que cultivam o fungo que serve para sua alimentação. Estas espécies se distribuem em 13 gêneros dos quais Boaretto e Forti (1997) destacam as espécies pertencentes ao gênero *Atta* e *Acromyrmex*, denominadas popularmente pelos nomes de saúvas e quenquéns respectivamente.

Gusmão e Loeck (1999) descrevem que as formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* encontram-se distribuídas geograficamente desde o sul dos Estados Unidos até a região central da Argentina. Na América do Sul, o Brasil é o país que possui o maior número de espécies: vinte espécies do gênero *Acromyrmex* e nove espécies do gênero *Atta,* seguido da Argentina e do Paraguai.

De acordo com Silva Filho (2008) as formigas são responsáveis por uma parcela significativa da reciclagem de nutrientes e aeração das camadas superficiais do solo. Algumas espécies mantêm associações simbióticas com plantas, protegendo-as contra a ação de herbívoros, fungos e outros insetos.

Entretanto, esses insetos são desfolhadores, provocando a diminuição superfície fotossintética, que pode ser tão drástica ocasionando a morte do vegetal ou a redução de produção a partir de 10% de perda da área foliar (PLANTASONYA, 2010).

Em plantações de *Eucalyptus* sp., por exemplo, plantas totalmente desfolhadas aos seis meses de idade tiveram a altura reduzida em 31,7%, o crescimento diamétrico diminuído em 25,1% e a produção de madeira reduzida em 61,6%, em relação às árvores que não foram (FREITAS & BERTI FILHO,1994).

Além disso, Burg e Mayer (2002) afirmam que um formigueiro adulto pode recolher até 1.000 Kg de folha e talos por ano, e se a área do mesmo for de um metro quadrado pode matar trinta e sete árvores, o que representa 8m³ de madeira/alqueire/ano.

De acordo com Almeida (2008) o grande volume foliar demandado por uma colônia de formiga cortadeira é necessário para o desenvolvimento do fungo simbiôntico *Leucoagaricus gongylophorus*. Esse fungo serve de alimento para as formigas em todas as fases do seu ciclo de vida, sendo esse comum aos gêneros *Atta* e *Acromyrmex.*

Oliveira (2006) enfatiza que há uma relação simbiótica entre o fungo e as formigas, proporcionando benefícios a ambos e existe uma interdependência entre eles, onde a ausência de um acarretará no desaparecimento do outro, podendo ser retratada como uma relação de custos e benefícios: por um lado, as formigas se beneficiam do fungo através da quebra de enzimas possibilitando a desintoxicação de compostos secundários (aleloquímicos) oriundos dos vegetais, os quais poderiam agir como inseticidas às formigas e, por outro lado, o fungo se beneficia, entre outras razões, pela manutenção do ambiente livre de competidores (antagonista ou entomopatogênicos) através da aplicação de compostos antibióticos produzidos pelas formigas.

Silva e Loeck (2006) descrevem que as formigas são insetos sociais, desta forma as atividades desenvolvidas num formigueiro são definidas por castas, havendo assim a casta das fêmeas férteis (rainhas) e estéreis ápteras (operárias e soldados), e machos alados (reprodutores), além de haver uma cooperação no cuidados dos jovens, havendo uma divisão reprodutiva e do trabalho - indivíduos sem função reprodutiva trabalhando para o benefício dos férteis.

Loureiro e Monteiro (2004) destacam que apesar de possuírem vários estágios de desenvolvimento social, a coleta de substrato é feita de maneira cooperativa entre as operárias, e se baseia em formas mais ou menos complexas de recrutamento por via feromonal.

De acordo com Marinho e colaboradores (2006) o controle desses organismos torna-se muito difícil devido a diversas características biológicas e comportamentais apresentadas a seguir:

- quase todas as plantas podem ser atacadas por elas, além de árvores, invasoras e pastagens, havendo certas preferências que as fazem selecionar dentre essa variedade algumas plantas, graças à aguçada defesa química que as formigas apresentam, fazendo com que o carregamento de iscas tóxicas seja dificilmente transportado ao ninho;

- por serem insetos sociais, comportam-se como um super-organismo exibindo fenômenos sociais como cuidados e cooperação entre companheiras de ninho e divisão de tarefas, o que garante vantagens à reprodução, sobrevivência e por fim o sucesso da associação;

- fungo simbionte que lhes serve de alimento é cultivado em câmaras nos ninhos subterrâneos, o que limita a ação de substâncias tóxicas ao fungo, pois ele funciona como um “estômago externo” que digere a celulose, e, ainda, transforma aleloquímicos vegetais em substâncias palatáveis para as formigas;

- leveduras e bactérias estão associadas a esse fungo e produzem enzimas que auxiliam na degradação ou no preparo do substrato, evitando assim que substâncias tóxicas possam entrar em contato com o fungo, prejudicando seu desenvolvimento;

- ninhos subterrâneos apresentam muitas câmaras ligadas entre si e com a superfície por meio de longas galerias, o que prejudica a disseminação dos produtos químicos e a determinação de dosagens corretas. Além disso, a arquitetura do ninho é complexa e possui câmaras que contém o jardim de fungo, isoladas das câmaras de lixo, que possuem resíduos de material vegetal, fungo descartado e cadáveres de formigas evitando assim a contaminação do mesmo;

- pelas características e localização subterrânea dos ninhos ocorre a proliferação de muitos microorganismos que evitam a contaminação do fungo. As operárias fazem a desinfecção do tecido vegetal, auxiliando nesse processo, devido a presença de glândulas metapleurais que produzem substâncias com efeito antibiótico e suas secreções salivares podem minimizar a ação de compostos tóxicos.

- as formigas apresentam comunicação química, sensibilidade olfativa e capacidade de aprendizagem. A comunicação química é via odores sendo importantíssima na defesa e na agressividade, na seleção de plantas, na organização das atividades sociais, corte e acasalamento e outros tipos de comportamento, sendo crucial no sucesso das colônias de cortadeiras;

- os feromônios, produzidos nas glândulas mandibulares, são amplamente utilizados na comunicação, servindo de alarme, forma para reconhecimento individual, de trilha e recrutamento, de território, e de marcação de folhas, sendo que essa capacidade refinada de detecção permite que as formigas transmitam

rapidamente para toda a colônia a presença de invasores e de moléculas para controle.

Aliados aos aspectos acima Burg e Mayer (2002) apontam que as dificuldades no controle são agravadas pelo grande número de formigas por formigueiro, falta de práticas preventivas (manejo correto do solo) e regionalizadas, dificuldade de envolver comunidades como um todo, resistência de algumas pessoas cujas propriedades se tornam foco de reinfestação.

Essa infestação descontrolada, conforme enfatiza Almeida (2011) está justamente ligada à drástica alteração dos ecossistemas naturais promovida para a implantação de áreas de lavoura que destruiu os complexos sistemas ecológicos responsáveis pela regulação das populações de formigas na natureza, tornando o controle dessa praga um desafio econômico e ambiental.

Burg e Mayer (2002) expõem que poucos são os agricultores que fazem uso de técnicas alternativas de controle dessa praga, como o aumento da biodiversidade de áreas afetadas, manejo do solo que deve ser rico em matéria orgânica com ampla cobertura vegetal o que dificulta a construção de ninhos e/ou panelas; consorciação de plantas, ou seja, cultivo de plantas mais atacadas devem ser plantadas consorciadas com outras repelentes ou que afastam as cortadeiras, além do planejamento da produção - rotação de culturas.

Quando combatidas, de acordo com Dalzoto e Uhry (2009) os agricultores e população em geral utilizam produtos químicos tóxicos, provocando a própria contaminação e a do meio ambiente.

Segundo Boaretto e Forti (1997) o controle químico de formigas cortadeiras é realizado por meio de iscas, termonebulização e fumigantes, sendo o aspecto econômico das operações de grande importância, em virtude dos altos custos envolvidos.

O mesmo autor expõe que o consumo nacional de iscas tóxicas é de aproximadamente 12.000 toneladas/ano, sendo essa a forma mais comumente utilizada para minimizar efeitos negativos destes insetos. Além do maior custo das iscas à base de sulfluramida, em relação àquelas à base de dodecacloro, a adoção do cultivo mínimo e a proibição das queimadas, têm determinado aumento na quantidade de iscas necessárias para um controle satisfatório.

O método químico, nos seus diversos modos de aplicação, apesar de ser mais comumente usado não é tão eficiente devido às inferências das condições

climáticas e ambientais. Desta forma há elevado custo de aplicação, bem como intoxicação de animais silvestres ou domésticos além de haver a necessidade de eliminação do sub- bosque para localizar os formigueiros implicando em dispêndio de recursos e em redução da diversidade biológica do ambiente (ZANETTI e colaboradores, 2003).

Uma das alternativas que vem sendo pesquisada com grande intensidade nos últimos tempos é a utilização de agentes biológicos/microbiológicos para controle de pragas.

Segundo Diehl-Fleig (1987) controle biológico pode ser definido como a utilização de inimigos naturais de uma praga para redução de sua densidade populacional, de forma que não cause mais danos econômicos e constituí-se de um processo natural de regulação do número de indivíduos da população de insetos por ação dos agentes de mortalidade biótica.

Essa alternativa de controle é urgente, viável e extremamente racional, especialmente em países em desenvolvimento, carentes de recursos financeiros e possuidores de vastas áreas agricultáveis, como é o caso do Brasil, além de ser uma estratégia muito utilizada em sistemas agroecológicos, assim como na agricultura convencional que se vale do Manejo Integrado de Pragas (MIP), (MELO e AZEVEDO, 2000).

Segundo Parra (2002) todas as espécies de plantas e animais têm inimigos naturais atacando seus vários estágios de vida. Dentre tais inimigos naturais existem grupos bastante diversificados, como insetos, vírus, bactérias, fungos entre outros.

Nas últimas décadas as pesquisas com fungos entomopatogênicos se intensificaram, tornando-os uma alternativa muito promissora. Esses fungos são indicados como agentes para controle biológico e possuem a capacidade de causar infecção secundária, conforme descreve Diehl-Fleig (1987) permitindo a contaminação das demais formigas da colônia por contato.

Levando em consideração os elevados custos econômicos e os impactos ambientais que a utilização de produtos químicos provocam no meio ambiente, bem como a necessidade de mudança de mentalidade da sociedade para a preservação do mesmo, garantindo o desenvolvimento econômico, sustentável e ambientalmente equilibrado é necessário urgentemente buscarmos na literatura existente as perspectivas de utilização de fungos entomopatogênicos.

A grande dificuldade para efetiva utilização dessa alternativa de controle esbarra em poucas pesquisas existentes sobre a patogenicidade destes. Das existentes, merece destaque os estudos sobre a eficácia da utilização do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* para controle microbiológico de pragas.

De acordo com Alves e colaboradores (1998) o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* tem ampla distribuição geográfica, variedade de hospedeiros e já é utilizado largamente para controle biológico de insetos-praga das culturas de café, cana-de-açúcar entre outros.

Esse fungo tem sido alvo de grandes pesquisas por ser considerado um micoinseticida em potencial para vários insetos, conforme Carneiro e colaboradores (2004). Diodato (1992, p. 4) enfatiza que o gênero *Beauveria* pertence à Classe Deuteromycetes e a espécie *Beauveria bassiana* pode ser diferenciada por "conídios globosos ou subglobosos com 2,0 a 3,0 x 2,5 micrômetros, com conidióforos formando densos cachos e pelo aspecto dos fiálides em ziguezague".

Carneiro e colaboradores (2004) lembram que o fungo *Beauveria bassiana* é classificado entre os fungos imperfeitos da Classe Deuteromicetos, por se reproduzir preferencialmente assexuadamente sendo predominantemente haplóide. Assim, apresentam baixa variabilidade genética, pois há ausência de recombinação genética, entretanto as variações genéticas são consequências de mutações.

De acordo com o mesmo autor as poucas variações apresentadas, além das mutações, são resultantes de sua ampla distribuição geográfica e grande número de hospedeiros o que lhe confere possibilidades para se adaptar e sobreviver em ambientes ímpares.

Devido a sua eficiência comprovada para controle de algumas pragas, o fungo *Beauveria bassiana,* de acordo com Lopes e colaboradores (2007) já vem sendo comercializado como pó solúvel de conídios para uso agrícola e doméstico o que lhe confere grandes possibilidades para utilização de controle de formigas cortadeiras.

Desta forma esse trabalho de conclusão de curso, através de uma revisão de literatura, tem como objetivo geral apresentar um estudo sobre as perspectivas da utilização do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* no combate a formigas cortadeiras como promissor agente de controle microbiológico da praga em questão.

De maneira a orientar a realização desse trabalho e subsidiar o entendimento sobre esses insetos, é importante destacaras características dos gêneros *Atta* e

Acromyrmex. e apresentar a descrição da ecologia do formigueiro: organização, alimentação, reprodução. Não podemos deixar de compreender, ainda, o mecanismo de ação quando da utilização do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* como alternativa de controle microbiológico para embasar a eficiência da aplicabilidade/virulência do fungo entomopatogênico expresso em diversos estudos realizados até o momento pela comunidade científica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso foi realizado inicialmente uma pesquisa bibliográfica com base em acervo próprio, no acervo da Biblioteca da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e da Universidade Aberta do Brasil, em publicações de periódicos e livros-texto. Além disso, foram buscadas informações na rede mundial de computadores, nos sites: Embrapa, Esalq, Scielo, Domínio Público, Portal Periódicos Capes, Banco de Teses da Capes, Bibliotecas Virtuais e Revistas Eletrônicas de circulação nacional e internacional.

Foi utilizado, também, o site de busca Google, sendo que para as buscas foram utilizadas as palavras-chaves: formigas cortadeiras, controle microbiológico, fungos entomopatogênicos, *Beauveria bassiana.*

Os artigos encontrados foram lidos, selecionados e os assuntos pertinentes aos objetivos deste trabalho foram citados de maneira a subsidiar uma fundamentação teórica clara e objetiva, principalmente quando abordama virulência do fungo *Beauveria bassiana* para controle microbiológico.

Todas essas informações foram apresentadas na seção revisão de literatura.

A análise dessas informações foi feita de modo comparativo destacando os principais pontos de maneira a atingir os objetivos da pesquisa, apresentando os resultados relevantes que comprovam a virulência do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*, bem como uma breve contribuição pessoal sobre o tema pesquisado com base nos dados levantados.

3 RESULTADOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS GENEROS *ATTA E ACROMYRMEX*

Mariconi (1970) descreve que os himenópteros apresentam um caráter morfológico primordial que os diferem dos demais insetos que é a presença de pecíolo que une o tronco (mesossoma) e o abdômen (gáster), e o par de antenas do tipo geniculado (isto é, em forma de joelhos) aparecendo nas operárias e rainhas. Além disso, as formigas apresentam a glândula metapleural que produz o ácido fenilacético, que possui atividade antifúngica e antibacteriana, e possivelmente outras substâncias antibióticas (Hölldobler e Wilson, 1990).

Ao final do abdômen há um aparelho inoculador de veneno com o qual as formigas se defendem, caso não possam usar suas mandíbulas. Vivem em sociedade, onde se encontram machos, fêmeas fecundas e operárias, (MARICONI, 1970).

De acordo com o mesmo autor, esses insetos possuem metamorfose completa (holometabólicos), são ovíparos, sendo que o ciclo evolutivo compreende ovo, que originará uma larva, tornando-se pupa até chegar a fase de inseto adulto, valendo lembrar que as larvas são alimentadas pelas operárias.

As diferenças morfológicas entre as formigas dos gêneros *Acromyrmex* e *Atta* são bem visíveis (Tabela 1). Zanetti e colaboradores (2011) destacam que as formigas do gênero Atta apresentam coloração avermelhada, já as do gênero *Acromyrmex* possuem coloração marrom clara a preta.

Kruguer (2008) enfatiza que as operárias do gênero *Atta* apresentam 3 pares de espinhos dorsais no tórax (Figura 1a), enquanto as do gênero *Acromyrmex* apresentam 4 a 5 pares de espinhos dorsais no tórax (Figura 1b). Geralmente as formigas do gênero *Acromyrmex* apresentam tamanho menor do que as do gênero *Atta.*

Figura 1: a. Vista lateral de espécime do Gênero *Atta* b. Vista lateral de espécime do Gênero *Acromyrmex* com ênfase *aos* espinhos dorsais facilmente visualizados no tórax da espécime. Fonte:http://www.cesnors.ufsm.br/professores/cantarelli/silvicultura-geral-agr2018/AULA%20Formigas%20cortadeiras%202010.pdf

Além disso, Kruguer (2008) discorre que nos ninhos ou colônias das formigas do gênero *Atta* é possível verificar a presença de terra solta aparente em torno do mesmo, enquanto que nos ninhos do gênero *Acromyrmex* é observável que são menores e há folhas secas sobre os ninhos.

Tabela 1: Resumo das características morfológicas dos Gêneros *Atta* e *Acromyrmex*

Gênero *Acromyrmex* – Quenquéns	**Gênero *Atta*- Saúvas**
Coloração marrom clara a preta	Coloração avermelhada
Apresentam 4 a 5 pares de espinhos dorsais no tórax	Apresentam 3 pares de espinhos dorsais no tórax
Menores - tamanhos uniformes	Poliformismo entre as castas
Há folhas secas sobre os ninhos e são pequenos	Ninhos possuem terra solta e são grandes

A população de um formigueiro é composta por indivíduos que se diferenciam morfologicamente (polimorfismo), de acordo com o trabalho ou as funções que desempenham na colônia (DELLA LUCIA e COLABORADORES, 1993).

Os mesmos autores complementam que nas saúvas, a diferenciação morfológica entre as operárias é mais notável do que nas quenquéns. Ambos os gêneros de formigas cortadeiras apresentam castas permanentes e temporárias. Estes últimos constituídos por indivíduos alados, responsáveis pela procriação da espécie, sendo que essa ocorre através da revoada ou vôo nupcial. Os alados machos, comumente denominados “bitús”, apresentam longevidade curta, morrendo logo após o vôo nupcial. As fêmeas aladas são chamadas de içás, rainhas ou tanajuras.

Segundo Pereira (2007) as castas têm tamanhos e atividades diferenciados dentro da colônia (Figura 2). As fêmeas e machos responsáveis pela continuidade da espécie surgem em formigueiros adultos alguns meses antes da revoada, recebem o tratamento e a alimentação diferenciada e são maiores que os soldados e operárias.

A rainha depois da revoada e fecundação forma um novo formigueiro, e após o nascimento das primeiras operárias passa a ter como tarefa exclusiva a postura de ovos.

Segundo Hart e Ratnieks (2001, apud Nava e colaboradores, 2009) nas colônias de saúvas é possível encontrar uma única rainha, sendo facilmente identificada por ser o maior indivíduo e, além disso, se esta morrer todo o

formigueiro morrerá. Já numa colônia de quenquéns pode ser encontrada mais de uma rainha.

No gênero *Atta*, de acordo com Nava e colaboradores (2009) os menores indivíduos da colônia são as operárias jardineiras, cuja função é a limpeza e cortes dos pedaços em fragmentos menores, que serão incorporados e inoculados com o fungo, portanto sua tarefa é a manutenção da colônia de fungos. O mesmo autor expõe que as operárias carregadeiras são maiores que as jardineiras, e a função é a localização, corte e transporte de material vegetal para o interior do formigueiro. Os soldados são maiores que as carregadeiras e são responsáveis pela proteção da colônia.

As operárias e soldados apresentam a longevidade de no máximo seis meses, enquanto que o tempo de vida dos sauveiros em laboratório pode chegar a quinze anos e os formigueiros de quenquém a sete anos, (Nava e colaboradores, 2009).

As operárias de quenquéns (gênero *Acromyrmex)* apresentam entre as diferentes castas polimorfismo menos perceptível que no gênero *Atta.* Apesar disso, a divisão das tarefas da colônia é o mesmo.

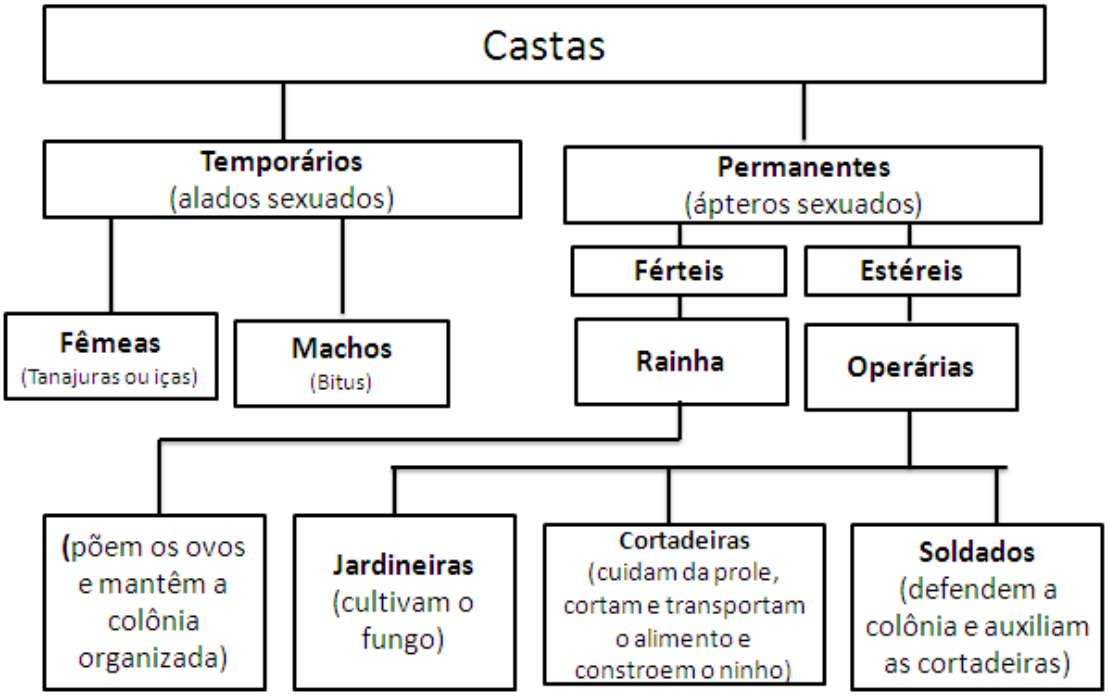

Figura 2: Organização das castas na sociedade de formigas cortadeiras. Adaptado de: www.cesnors.ufsm.br/.../6a%20aula%20-%20Formigas%20cortadeiras.pdf

De acordo com Ribeiro (1972) a formação da colônia se dá após o vôo nupcial. Uma fêmea alada sai do ninho de onde nasceu levando um pedaço de fungo alojando-o na cavidade bucal. A fêmea pode copular com até 8 machos. O macho após a cópula morre, mas a fêmea fecunda procura um local propício para iniciar um novo formigueiro, cortando suas asas com auxílio das pernas e mandíbula, faz um orifício perpendicular no solo até uma profundidade de 8 a 25 cm e inicia uma nova colônia.

Mariconi (1970) descreve que a iniciação ou instalação da colônia sofre influencia positiva de alguns fatores como, por exemplo, solos desnudos de vegetação e com pobreza de nutrientes.

De acordo com Pereira (2007) depois do depósito do fungo no solo a fêmea começa a cultivá-lo com suas fezes, ficando incubada nessa câmara por cerca de 80 a 100 dias e nesse período também faz a postura de ovos férteis que originaram as operárias. Nesta fase a fêmea passa a ser chamada de rainha e as operárias passam a cuidar da colônia, mantendo o fungo, alimentando as larvas e limpando a rainha e elas próprias.

O mesmo autor discorre que após o período de 80 a 100 dias, as primeiras cortadeiras retiram a terra do canal inicial e saem para começar a cortar as plantas.

Segundo Kruger (2008) as formigas cortadeiras apresentam maior atividade de corte e carregamento de folhas durante a noite, porém em áreas sombreadas essa atividade pode ocorrer durante o dia também. Ainda, segundo o mesmo autor o processo de forrageamento envolve a seleção, o corte e o transporte de material vegetal para o ninho, através de trilhas marcadas quimicamente que servem para orientar as demais operárias até a fonte de alimento ou de trilhas físicas podendo chegar até 70 m de extensão dependendo da espécie.

No interior da colônia Pereira (2007) descreve que as operárias jardineiras cortam os pedaços de folhas em pedaços menores, depois “lambem” estes pedaços visando eliminar microrganismos indesejáveis. Os fragmentos de folha, após a limpeza, são inoculados com o fungo e incorporados ao jardim ou “esponja” de fungo. O substrato cortado é distribuído para quase todas as panelas de fungo da colônia, não sendo observada distribuição setorial nas colônias de saúvas. Ainda, de acordo com o mesmo autor, estudos demonstram que os fungos cultivados pelas formigas cortadeiras necessitam de substrato de origem vegetal para o seu desenvolvimento, sendo a celulose a principal fonte de carbono para o meio.

3.2 ESTRUTURA DO FORMIGUEIRO

De acordo com Kruger (2008) os ninhos ou formigueiros são construídos no solo e podem ter dezenas a centenas de câmaras subterrâneas, também denominadas de panelas ou ninhos e que são ligadas entre si e com a superfície do solo por meio de galerias, podendo ocupar muitos metros quadrados e conter milhões de indivíduos. Internamente os ninhos de saúvas podem possuir até 8.000 câmaras de cultivo de fungo, com profundidade de até 8 metros.

Segundo Diehl-Fleig (1987) no interior das panelas as formigas cultivam o fungo, que além de servir de alimento para toda a colônia, também abriga os ovos, larvas e pupas. Existem outras panelas onde as formigas depositam todos os resíduos do cultivo do fungo e os indivíduos mortos, sendo denominadas de “panela de lixo”.

Sobre e fora do monte de terra solta localizados na superfície do solo, de acordo com Pereira (2007), são encontrados orifícios denominados olheiros, onde podem ou não ser observadas as saúvas em atividade. Ainda, segunda a mesma autora o número e o formato dos montes de terra solta, o formato dos olheiros, que podem abrir-se diretamente na superfície do solo ou aparentar um funil, facilitam a identificação de algumas espécies de saúvas, (Figura 3).

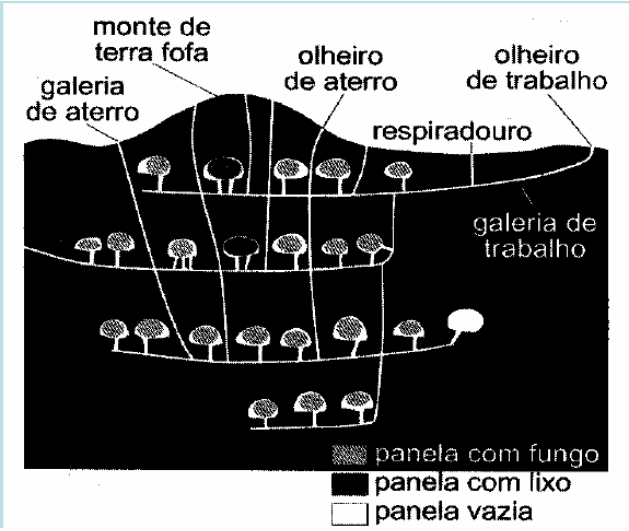

Figura 3: Estrutura de uma colônia de formigas saúvas (Gênero *Atta)*. Fonte:http://www.cesnors.ufsm.br/professores/cantarelli/silvicultura-geral-agr-2018/AULA%20Formigas%20cortadeiras%202010.pdf

Já as colônias do gênero *Acromyrmex,* (Figura 4), são bem menores do que as do gênero *Atta*, com 5 câmaras no máximo e podem atingir até 2 metros de profundidade. As colônias são construídas mais superficialmente e são encontrados em locais de difícil acesso e os orifícios de entrada e saída de formigas são menores que os das saúvas, (MIREX, 2011).

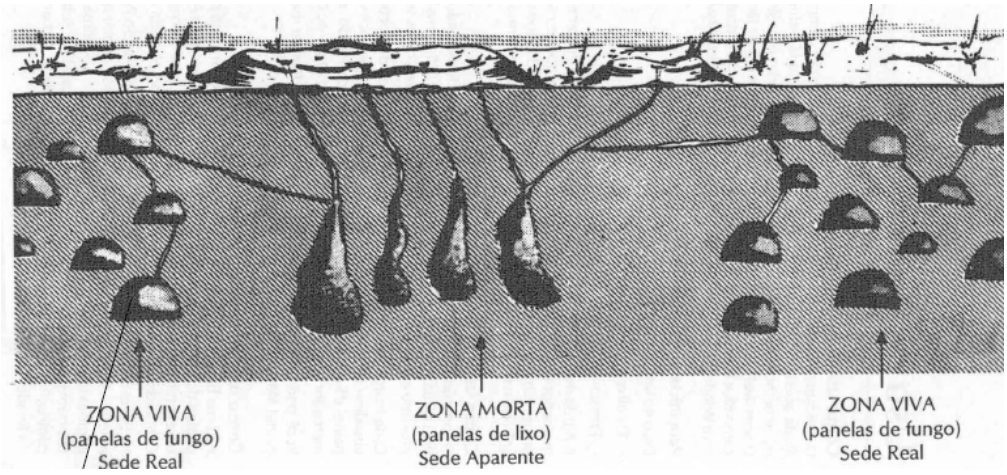

Figura 4: Estrutura de uma colônia de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex.*
Fonte: http://www.cesnors.ufsm.br/professores/cantarelli/silvicultura-geral-agr-2018/AULA%20Formigas%20cortadeiras%202010.pdf

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO FUNGO B*eauveria bassania*

A utilização de agentes microbiológicos para regulação das populações de formigas cortadeiras tem sido alvo de grandes pesquisas nos últimos tempos. Entre esses, Boaretto e Forti (1997) destacam o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, 1912, (Figura 5), como um dos mais patogênicos e promissores agentes de controle de pragas.

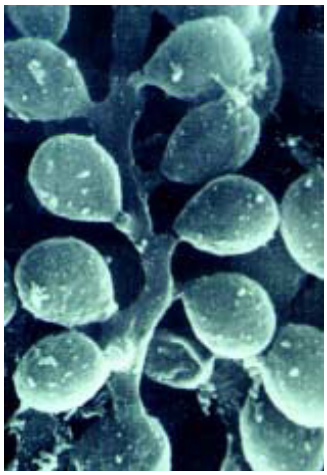

Figura 5: Ramificação do fungo *Beauveria bassiana*, mostrando um conjunto de conídios globosos.
Fonte: Faria e Magalhães (2001, p. 20)

De acordo com Carneiro e colaboradores (2004) esse fungo tem sido alvo de grandes pesquisas para considerá-lo um micoinseticida em potencial para vários insetos.

Moraes e colaboradores (2010) destacam que fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* pode ser encontrado em amostras de solo e ocorre em mais de 200 espécies de insetos de diferentes ordens.

Segundo Carneiro e colaboradores (2004) o processo de patogenicidade do fungo *Beauveria bassiana* é o mesmo para todos os insetos.

Alves (1986) discorre que, de modo geral, a ação do fungo sobre o hospedeiro consiste em fases bem distintas. Em condições favoráveis de umidade e temperatura a germinação do fungo ocorre em no mínimo 12 horas de inoculação sobre o inseto, formando um tubo germinativo. Na extremidade do tubo germinativa ocorre uma dilatação das hifas formando uma espécie de apressório, essencial para a penetração na cutícula do hospedeiro.

O mesmo autor descreve que a penetração do fungo na cutícula do inseto é através de uma combinação de pressão da hifa, que rompe as áreas membranosas ou esclerotisadas, e de ção química, resultante da elaboração de enzimas (proteases, lipases, quitinases), que facilitam a penetração mecânica.

Diodato (1992) apresenta que as áreas mais comuns de penetração são o aparelho bucal, ânus, regiões intersegmentais e tarsos. Segundo o mesmo autor a partir da penetração inicia-se o processo de colonização com a proliferação das hifas, entre três e sete dias após a infecção, e a produção de conídios entre 24 e 48 horas após a emergência das hifas sob condições de elevada umidade relativa e temperatura na faixa de 20 a 30℃.

> A partir desse momento, são formadas pequenas colônias de fungo e outros corpos hifais. Porém, não ocorre grande crescimento hifal antes da morte do inseto. Após a morte do inseto, o fungo cresce dentro do cadáver e todos os tecidos internos são penetrados por hifas filamentosas, mas não ocorre desintegração porque o patógeno secreta substâncias antibacterianas.(...) O tempo para colonização varia de 76 a 120 horas. (ALVES, 1986, p.74)

Já a reprodução do fungo é observada de 48 a 60 horas após a morte do inseto que ocorre depois de 4 a 5 dias de inoculação. Os conídios são produzidos 24 a 48 horas após a emergência de hifas, (Alves, 1986).

Carneiro e colaboradores (2004) discorrem que a morte dos insetos é devido à digestão dos tecidos internos e à ação de micotoxina, que é lançada na hemolinfa,

bloqueio mecânico do aparelho digestivo e outros danos físicos devido ao crescimento micelial.

Diodato (1992) observa que há diferenças quanto à virulência do fungo e estas são associadas a diversos fatores, dentre eles: dureza do tegumento (determinada pelo grau de esclerotização) e das diferenças estruturais da cutícula, condições durante a infecção (temperatura, umidade relativa, fotoperíodo e potencial de inóculo), variabilidade genética entre isolados, local de infecção, forma de aplicação do fungo, tempo e modo de contato e casta estudada.

Como esses fatores interferem diretamente na virulência do patógeno é imprescindível que abordemos as condições ideais para eficiência do mesmo.

De acordo com Fernandes (1986) a temperatura influencia principalmente na germinação e durante o desenvolvimento da infecção e após a morte do hospedeiro, bem como na fase reprodutiva, garantindo a sobrevivência das estruturas de reprodução que perdem a viabilidade em altas temperaturas.

Diodato (1992) afirma que os limites de temperatura para o crescimento do fungo entomopatogênico *B. bassania* estão entre 5º e 35℃, sendo que a faixa ideal é entre 20ºC e 30℃. Todavia o fungo pode suportar até 45ºC.

A umidade relativa do ar é outro fator muito importante para eficiência do uso do fungo *B. bassania*. Segundo Fernandes (1986) a umidade relativa é importante na germinação, crescimento micelial, conidiogênese, dispersão e na sobrevivência de fungos.

Diodato afirma que:

> as altas umidades (90% ou mais) são necessárias durante, no mínimo, 48 horas para a maioria dos fungos germinarem e provocarem doença, e depois, a conidiação em cadáveres somente ocorre em altas umidades. (...) Vários trabalhos têm mostrado que, embora ocorra infecção por *B. bassiana* em níveis baixos de umidade relativa (menor do que 90%), o desenvolvimento da infecção e mortalidade foram acelerados em umidades relativas maiores do que 90%. (1992, p. 9).

Vale salientar que de acordo com o mesmo autor há necessidade de uma diferença entre a umidade relativa atmosférica e a micro umidade relativa na superfície do inseto suficiente para que os conídios germinem e penetrem no corpo do inseto e que a não produção de conídios em baixas umidades relativas seria devido à morte do inseto, quando este passaria à mesma umidade atmosférica, sendo o fungo então dessecado e morto.

Para a germinação e desenvolvimento dos estágios iniciais do patógeno é necessária a irradiação solar, entretanto, segundo Bell (1974), o fungo perde a viabilidade quando submetido por mais três horas à luz solar direta.

Silva (2000) expõe sobre o tipo de formulação para aplicação do fungo. De acordo com o autor as formulações líquidas apresentam maior vantagem por serem mais adesivas que as formulações sólidas, além de requererem equipamentos mais simples e fáceis de ser utilizados. Segundo o mesmo autor as formulações líquidas podem ser à base de água, e óleo mineral dose de 1 ml/200l.

De acordo com Borges (2007), o óleo atua como adjuvante, pois diminui a sensibilidade à radiação ultravioleta (UV) e favorece a adesão dos conídios na cutícula dos insetos e plantas. Se a formulação for líquida, Loureiro e Monteiro (2004), em condições laboratoriais propõem banhos em suspensões de conídios ou nebulização.

Quanto à forma de aplicação no inseto, como explica Silva (2000), caso a formulação seja sólida, a aplicação pode ser feita por pulverização ou disponibilizando iscas que serão carregadas pelo inseto para o interior dos ninhos, ou ainda inoculando arroz com conídios do fungo no interior do ninho.

Independentemente do tipo de formulação, Loureiro e Monteiro (2005) apresentam um trabalho onde foram apresentados testes com diferentes concentrações de conídios por ml: $1,0 \times 10^6$, $1,0 \times 10^7$, $1,0 \times 10^8$ e $1,0 \times 10^9$. É possível observar que as diferenças de concentração interferem no tempo letal e eficiente esporulação sobre cadáveres.

Analisando diferentes trabalhos, ainda não se tem uma concentração ideal para maior eficiência, até mesmo pelos diversos fatores que influenciam na virulência do fungo. De acordo com Dalzoto e Uhry (2009) os micoinseticidas precisam de maior padronização quanto à concentração de conídios em sua formulação para atingir determinada praga e para isso é necessária muita pesquisa.

3.4 VIRULÊNCIA DO FUNGO ENTOMOPATOGÊNICO *Beauvaria bassania*

Loureiro e Monteiro (2004) em condições laboratoriais testaram a virulência de dois isolados do fungo *Beauvaria bassania,* AM9 e JAB 06, em soldados de espécimes do gênero *Atta.*

Os exemplares foram banhados em suspensões contendo 1,0 x 10^6, 1,0 x 10^7, 1,0 x 10^8 e 1,0 x 10^9 conídios/mL de cada isolado, e foram transferidas para uma câmara úmida, incubadas a 27ºC, umidade relativa do ar acima de 80%, no escuro, por até 15 dias, sem alimentação e a verificação da mortalidade foi feita diariamente.

O isolado de maior virulência foi o JAB 06, na concentração de 1,0 x 10^9con./mL, e apresentou, segundo Loureiro e Monteiro (2004), maior capacidade de esporular nos cadáveres das formigas e menor tempo letal e eficiente esporulação sobre cadáveres de soldados.

Cardoso (2010) isolou várias cepas do fungo *Beauvaria bassania* a partir de 500 rainhas do gênero *Atta,* obtendo 9 isolados: BBOT01, BBOT04, BBOT05, BBOT06, BBOT07, BBOT10, BBOT11, BBOT12 e BBOT18 de *Beauvaria bassiana* para teste de virulência em condições laboratoriais.

Num primeiro momento foram utilizados isolados na concentração de 1x10^8conídios/mL e num segundo momento houve re-isolamento dos fungos após inoculação no primeiro experimento visando verificação do potencial infectivo dos isolados. O método de inoculação foi a imersão, com posterior armazenagem em câmaras úmidas, incubadas à 25℃, umidade relativa do ar acima de 80%.

A pesquisa constatou que após 48 horas o isolado BBOT11 causou mortalidade superior a 54%. Após 72 horas da inoculação, cinco isolados de *B. bassiana* causaram mortalidade em mais de 50% das formigas, diferindo dos controles com Boveril, que apresentou apenas, 36,25% de mortalidade. Os isolados mais virulentos foram: BBOT04 (56%), BBOT05 (80%), BBOT07 (75%), BBOT11 (96%) e BBOT12 (71%) de (*B. bassiana*).

No segundo experimento, com fungos re-isolados, confirmou-se a virulência da maioria dos isolados que se destacaram no experimento I, com exceção de BBOT04 e revelou aumento no potencial de virulência de outros isolados.

Cardoso (2010) conclui que os isolados de *B. bassiana* foram patogênicos para operárias de *A. sexdens rubropilosa* na concentração 1x10^8 conídios/mL, sendo que os isolados BBOT11 e BBOT12 de *B. bassiana* foram os mais virulentos. Além disso, todos os fungos apresentaram capacidade de esporulação sobre cadáveres de formigas, contudo para alguns, o potencial foi mais elevado.

A partir dos isolados BBOT11 e BBOT12 de *B. bassiana,* Cardoso (2010) testou o efeito de iscas com fungos, com diferentes dosagens de conídios, em

colônias de formigas do gênero *Atta*, com cerca de 1 ano de idade, contendo cerca de 500 ml de esponja fúngica na implantação do experimento.

Para isso a autora utilizou, para inoculação, iscas constituídas por uma mistura de polpa cítrica desidratada e moída, 5% do agente aglomerante CMC (carboximetilcelulose) a 5%; suspensão de fungos ($1x10^8$ conídios/mL) selecionados de rainhas do gênero *Atta*, óleo de soja refinado a 5% p/p (quantidade média presente nas iscas tóxicas comerciais) e água destilada, até adquirir consistência pastosa (cerca de 1,5 mL/grama do peso final da isca). A polpa cítrica, óleo vegetal, CMC e a água foram esterilizados em autoclave.

As iscas apresentaram ótimos resultados, sendo logo incorporadas ao substrato do fungo simbiôntico, porém, as formulações com isolados BBOT12 de *B. bassiana*, apresentaram menor tempo de carregamento total, tornando-se um fato limitante para sua utilização.

A autora também conclui que dosagem mais elevada de conídios de fungos em iscas experimentais não comprometeu a atratividade e carregamento e favoreceu o aumento no número de operárias mortas encontradas na câmara de lixo.

Já Diehl-Fleig e Silva (1994) fizeram testes a campo, com a aplicação direta de *Beauvaria bassania* no interior de mais 200 colônias do gênero *Acromyrmex,* presentes tanto em área de cultivo quanto em mata de *Eucalyptus saligna.* Foram afastadas as palhas que recobriam os ninhos e aplicados 40-80g do inóculo (1×10^{10} conídios/g), sendo a seguir recoberto o ninho.

Segundo os autores, a remoção do inóculo foi observada nos dois primeiros dias após a aplicação, e ao final da primeira semana já eram observadas formigas com sintomas de infecção, e a partir da segunda semana, houve redução do corte de plantas, desorganização nas trilhas e retirada do interior dos ninhos de grande número de formigas mortas.

Nesse caso, o fungo simbiôntico que serve de alimento para as cortadeiras passou por mudanças de coloração e aspecto pardacento e pegajoso. Ao final de dois meses, a virulência atingiu 87% na área de cultivo misto e 83% na mata de *E. saligna.*

Os mesmos autores fizeram experimentos a campo utilizando copos porta-iscas (PIs) em 50 colônias de *Acromyrmex,* com intervalos de 15 dias, foram feitas três distribuições em espaçamento 10m x 10m dos PIs contendo 50g de iscas de *B.*

bassiana ($1x10^{10}$conídios/g) formuladas com extratos vegetais. Uma semana após cada aplicação, os Pls foram recolhidos e houve a quantificação das iscas carregadas e não carregadas.

> Ao final da primeira semana foi de 43,5%, elevando-se para 53,3% na quinta semana e caindo para 9,3% no final do segundo mês. Paralelamente, a avaliação dos ninhos da *Acromyrmex* mostrou uma mortalidade de colônias de 12% no final do primeiro mês, elevando-se e atingindo o pico de 75,5% aos 75 dias após a primeira aplicação. (Diehl-Fleig e Silva,1994)

4 DISCUSSÃO

Tanto nos experimentos laboratoriais como a campo foi possível observar a grande patogenicidade do fungo *Beauvaria bassania* para controle das formigas cortadeiras. Isso é possível devido ao modo de ação do fungo sobre o hospedeiro e as características comportamentais das formigas.

Por serem insetos sociais, vivem próximos uns dos outros, e, por isso, o contato entre os indivíduos é frequente, facilitando a disseminação do fungo entomopatogênico.

Em condições laboratoriais a virulência de um dos isolados chegou a 96%, enquanto que a campo chegou ao pico de 75%, diminuindo com o passar do tempo de aplicação, observando que é necessária reaplicação do fungo depois de determinando período.

Por outro lado, há inúmeras razões para a baixa efetividade do controle microbiológico utilizando o fungo *Beauvaria bassania*.

A organização social pode ser prejudicial ao controle microbiológico à medida que as formigas possuem comportamento de higiene, apresentando eficiente sistema de defesa da colônia, reconhecendo material danoso, inclusive microorganismos entomopatogênicos, e demonstram reações comportamentais tais como remoção do material contaminante do ninho, incluindo formigas doentes ou mortas minimizando a disseminação fúngica (CARDOSO, 2010).

Além disso, as formigas produzem substâncias antibióticas que proporcionam o desenvolvimento do fungo simbiótico sem crescimento de microorganismos prejudiciais, apesar da contínua exposição a microrganismos do solo e aos presentes no material vegetal que as operárias levam para o jardim de fungos.

Vale ressaltar também que são necessários estudos regionalizados para aplicação do fungo para controle biológico devido às diferenças ambientais – fatores abióticos e bióticos interferem na virulência do fungo, além das características próprias de cada espécie dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex.*

Outra questão que merece estudo mais detalhado é a forma de aplicação a campo: os resultados apresentados mostraram que as aplicações diretas dos conídios do fungo foram mais eficazes no controle das pragas do que como utilização de iscas. O problema é que o uso de conídios “in-natura” eleva o custo do uso dessa técnica.

A concentração de conídios nas formulações é outro fator que merece estudos mais aprofundados, pois a concentração está diretamente ligada à maior virulência do fungo.

Vale ressaltar a importância desse trabalho de conclusão de curso por apresentar dados relevantes sobre a patogenicidade do fungo entomopatogênico *Beauvaria bassania*. Ficou evidente no levantamento bibliográfico que ainda é necessária a realização de muitas pesquisas para a efetiva utilização desse método para controle de formigas cortadeiras.

Trabalhos regionalizados precisam ser efetuados, começando pelo levantamento de espécies existentes na região, em seguida testar as condições para maior virulência do fungo no combate a formigas cortadeiras em condições laboratoriais e principalmente no campo.

Portanto, o campo de pesquisa nessa área é amplo. O embasamento aqui obtido subsidia a elaboração de trabalhos futuros, não havendo de maneira alguma o esgotamento dessa temática de pesquisa.

5 CONCLUSÕES

As formigas cortadeiras são pragas que têm causado grandes prejuízos para a agricultura e silvicultura, sendo necessário, portanto, o controle dessas pragas a fim de minimizar os prejuízos.

A utilização de produtos químicos, além de serem tóxicos ao meio ambiente e ao aplicador, eleva os custos de produção e não tem surtido efeito adequado em muitas situações, sendo necessária a utilização de outras técnicas de controle.

Para isso, a utilização do fungo entomopatogênico *Beauvaria bassiana* se apresenta como uma alternativa potencial para o manejo das populações de espécies de cortadeiras do gênero *Atta e Acromyrmex.*

O controle microbiológico atende a necessidade crescente do Manejo Integrado de Pragas, ou seja, combate de pragas com a manutenção das condições ambientais que permitam a manutenção do ecossistema como um todo.

Em adição, a utilização do controle microbiológico não objetiva o extermínio das formigas cortadeiras, mas sim uma diminuição populacional para reduzir os danos econômicos e ambientais como a mortalidade de plantas.

Há necessidade de ampliação dos estudos sobre a virulência e as formas de aplicação do fungo em condições de campo, para elaboração de metodologias mais adequadas e regionalizadas para o controle de formigas cortadeiras.

REFERENCIAS

ALMEIDA, João Antonio Firmato de. Disseminando práticas de manejo ecológico de formigas cortadeiras no Sul da Bahia. **In: Revista Agriculturas: Experiências em Agroecologia,** Volume 5, No. 1 - Manejo ecológico de organismos espontâneos. Disponível em http://portal.mda.gov.br/o/899298. Acesso em: 10 jan. 2011.

ALMEIDA, Sheyla Susan Moreira da Silva de. **Estudo químico de plantas sobre insetos sociais.** 2008. 284 p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

ALVES, Sergio Batista. **Fungos entomopatogênicos**: Controle microbiano de insetos. 2 ed. Piracicaba: FEALQ, 1998.

BELL, J. V. Mycoses. In: CANTWELL, G.E. Insects diseases. New York : M. Dekker, p. 185-230, 1974

BOARETTO, M. A. C; FORTI, Luiz Carlos. **Perspectivas no controle de formigas cortadeiras.** Série Técnica IPEF, São Paulo, v.11, n.30, p. 1-46, 1997.

BONETTI FILHO, Ronald Zanetti. **Estimativa do nível de dano econômico causado por formigas cortadeiras em eucaliptos.** Viçosa: UFV. Tese (Doutorado em Entomologia), 85p., 1998.

BORGES, Larissa Rolim. **Eficiência De *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. (DEUTEROMYCOTA) para o controle de *Hedypathes betulinus* (KLUG) (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE) em erva-mate, *Ilex paraguariensis* ST. HIL. (AQUIFOLIACEAE).** Curitiba, 2007. 102 p. (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.

BURG, Ines Claudete; MAYER, Paulo Henrique. **Alternativas Ecológicas para Prevenção e Controle de Pragas e Doenças.** ARCO, 2002.

CARDOSO, Sandra Regina de Souza. **Morfogênese de ninhos inicias de Atta spp. (Hymenoptera: Formicidae), mortalidade em condições naturais e avaliação da ação de fungos entomopatogênicos.** 2010. 149 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2010.

CARNEIRO, Andrea Almeida; et al. **Caracterização Molecular de Fungos Entomopatogênicos utilizados no Controle Biológico de Pragas do Milho – *Beauveria bassiana* versus *Spodoptera frugiperda.*** Comunicado Técnico 93, Sete Lagoas, Nov. 2004. Noprelo. Disponível em: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/Comunicado93.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2011.

DALZOTO, Patricia do Rocio; UHRY, Kaline Feldmann. Controle biológico de pragas no Brasil por meio de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Divulgação Técnica. In: **Biológico**, São Paulo, v.71, n.1, p.37-41, jan./jun., 2009. No prelo: Disponível em:<

http://www.biologico.sp.gov.br/docs/bio/v71_1/dalzoto.pdf>. Acesso em 16 maio. 2011.

DIEHL-FLEIG, Eduardo; et al. Testes de patogenicidade dos fungos entomopatogênicos Beauveria bassiana e Metarhyzium anisopliae em Atta sexdens piriventris (Santschi, 1919) em diferentes temperaturas. **Ciência e Cultura**, Campinas, v.40, n.11, p.1103-1105, 1988.

DIEHL-FLEIG, Elena. Controle biológico por fungos entomopatogênico. In: **Formigas cortadeiras e seu controle.** IPEF, 1987. Disponível em http://www.ipef.br/publicacoes/manuais/formigas_cortadeiras.pdf. Acesso em: 10 de jan. 2011.

DIEHL-FLEIG, Elena; SILVA, Márcia Eloísa da. Beauveria bassiana para controle das formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex.* **In: Anais do III Curso de Atualização no Controle de Formigas Cortadeiras.** IPEF: 6-7, Ago.1994. Disponível em < http://www.ipef.br/publicacoes/curso_formigas_cortadeiras/cap02.pdf>. Acesso em: 30 de out. 2011.

DIODATO, Marco Antonio. **Ocorrência natural, ensaio de laboratório e de campo de *Beauveria bassiana* (bals.) Vuill, em S*irex noctilio* f., praga de P*inus taeda* L**. Curitiba, 1992. 83p. (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

FARIA, Marcos Rodrigues; MAGALHÃES, Bonifácio Peixoto. **O uso de fungos entomopatogênicos no Brasil.** Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento - nº 22 - setembro/outubro 2001.

FERNANDES, João Batista. **Controle de formigas cortadeiras, estudos integrados.** Abr. 2008. Disponível em:<http://www.bv.fapesp.br/pt/projetos-tematicos/1944/controle-formigas-cortadeiras-estudos-integrados/>. Acesso em: 10 out. 2010.

FERNANDES, Paulo Marçal. **Influência da temperatura, umidade relativa do ar e dose na eficiência de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. sobre *Ceratorna arcuata* Oliv.** (Col .: CRYSOMELIDAE). Piracicaba, 1986. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) — Área de Concentração: Entomología, Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

FREITAS, Sergio de; BERTI FILHO, Evôneo. Efeito da desfolha parcial e total na produção de biomassa de *Eucalyptus grandis* em MogiGuaçu, São Paulo. **IPEF**, n.47, p.29-35, 1994.

GUSMÃO, Luciana; LOECK, Alci. Distribuição geográfica de formigas cortadeiras do gênero Acromyrmex (Hymenoptera: Formicidae) na zona sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **In: Rev. Bras. 64 de AGROCIÊNCIA**, v.5, no 1, 64-67, jan.-abril,1999. Disponível em http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v5n1/artigo15.pdf. Acesso em: 26 jan. 2011.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. 1990. The ants. Harvard University Press, Cambridge. 732p.

MIREX, Formicidas. **Formigas:** espécies e colônias. Disponível em: <http://www.mirex-s.com.br/index.php/formigas/especies>. Acesso em: 20 set. 2011.

KRÜGER, Leandro Rodeghiero. **Ocorrência de formigas cortadeiras em áreas florestadas com Eucalyptus spp. Nas regiões sul e campanha do Rio Grande do Sul e estudo do controle com iscas das espécies predominantes** / Leandro Rodeghiero Krüger. - Pelotas, 2008. Disponível em: :http://www.ufpel.edu.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=563>. Acesso em: 20 set. 2011.

LOPES, Rogério; et al. Eficiência de formulações de B*eauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* para o controle de ninfas de A*mblyomma cajennense* (fabricius, 1787)**. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**. Piracicaba, v. 16, n. 1, p. 27-31, 2007. Disponível em <http://www.cbpv.com.br/rbpv/documentos/1612007/c16127_31.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2011.

LÓPEZ, Ernesto Antonio Lema; et al. Métodos de inoculação e virulência de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. a *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera:Curculionidae) em laboratório. **In: Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 31, n. 1, p. 67-74, jan./mar. 2010.

LOUREIRO, Elisângela de Souza; MONTEIRO, Antonio Carlos. Seleção de isolados de *Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae* e *Paecilomyces farinosus,* patogênicos para operárias de A*tta sexdens sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae). **In:** ***Arq. Inst. Biol.***, São Paulo, v.71, n.1, p.35-40, jan./mar., 2004. No prelo. Disponível em: < http://www.biologico.sp.gov.br/docs/arq/V71_1/loureiro.pdf>. Acesso em 16 maio. 2011.

_____. **Patogenicidade de isolados de três fungos entomopatogênicos a soldados de *Atta sexdens sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera : Formicidae)**. Rev. Árvore. v. 29, n. 4, p. 553-561, 2005. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n4/a07v29n4.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2011.

MARICONI; Francisco Antonio. **As saúvas.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1970.

MARINHO, Cidália Gabriela Santos; et al, **Fatores que dificultam o controle das formigas cortadeiras**. Disponível em:< http://www.seagri.ba.gov.br/pdf/comunicacao3_v7n2.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2010.

MELO, Itamar Soares de; AZEVEDO, João Lúcio de. **Controle Biológico.** Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. v.3. 308p.

MORAES, Ana Paula Rodrigues; et al. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* sobre estágios imaturos de *Stomoxys calcitrans***. Ciência Rural,** Santa Maria, v.40, n. 8, agosto. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782010000800021>. Acesso em: 15 maio. 2011.

NAVA, Dori Edson et al. **Insetos praga e benéficos na cultura do tungue** . Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. Disponivel em: < http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/documentos/documento_276.pdf >. Acesso em: 30 out. 2011.

OLIVEIRA, Maria de Fátima Souza dos Santos de. **Controle de formigas cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae) com produtos naturais.** . Rio Claro-SP, 2006. 119p. (Doutorado) – Instituto de Biociencias do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

PARRA, José Roberto P. *et al*. **Controle Biológico no Brasil:** parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002

PEGADO, Lara Lecticia e Souza. Efeito do fungo Metarhizium anisopliae (metsch.) Sorokin nas formigas cortadeiras. **In: Período Eletrônico – Fórum Ambiental da Alta Paulista.** Tupã. v.4. julho. 2008. Disponível em: <http://www.amigosdanatureza.org.br/noticias/396/trabalhos/573.R-EPR-04.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2011.

PLANTASONYA. **Formigas cortadeiras.** Disponível em:< http://www.plantasonya.com.br/pragas-e-doencas/formigas-cortadeiras.html>. Acesso em: 10 out. 2010.

RIBEIRO, Fernando José Leite. **Um estudo sobre o comportamento da fêmea durante a fundação da colônia em Atta sexdens rubropilosa Forel, 1908 (Hymenoptera – Formicidae)**. São Paulo, 1972. 135p. (Doutorado) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo.

SILVA FILHO, Marco Antônio Medronha da. **Formigas cortadeiras e frutificação de seus fungos simbiontes.** 2008. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

SILVA, Carlos Alberto Domingues da. **Eficiência do tipo de formulação e da forma de aplicação do fungo *Beauveria bassiana* no controle de adultos do bicudo em laboratório.** Circular Técnica 43, Campina Grande, Dez, 2000. No prelo. Disponível em:< http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/272021/1/CIRTEC43.pdf>. Acesso em: 16 maio. 2011.

SILVA, Eduardo José Ely; LOECK, Alci Enimar. **Guia de reconhecimento das formigas domiciliares do Rio Grande do Sul.** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2006.

TANIGUSCHI, Daniel Gouveia. **Sinigrina como moduladora da interação entre *Brassica oleraceae* e *Atta sexdens rubropilosa*.** 2007. 123 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ZANETTI, Ronald; et al. Combate sistemático de formigas-cortadeiras com iscas granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. In: **Revista Árvore,** Viçosa-MG, v.27, n.3, p.387-392, 2003. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n3/a16v27n3.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2011.

ZANETTI, Ronald; et al. **Manejo integrado de formigas cortadeiras:** Notas de Aula de Entomologia, Lavras. Disponível em: <http://www.den.ufla.br/Professores/Luis/Disciplinas/disciplinaENT_109_arquivos/Aula6_MIP_FORMIGAS.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2011.