

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

CARLOS MENEGHETTI

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE
Drimys angustifolia EM COLÔNIAS DE *Acromyrmex* spp.
EM PLANTIO DE *Pinus taeda***

BLUMENAU
2013

CARLOS MENEGHETTI

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE
Drimys angustifolia EM COLÔNIAS DE *Acromyrmex* spp.
EM PLANTIO DE *Pinus taeda***

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Centro de Ciências Tecnológicas na Universidade Regional de Blumenau – FURB.

Orientador:

Prof. Dr. Marcelo Diniz Vitorino

Co-orientador:

Prof. Dr. Ricardo Andrade Rebelo

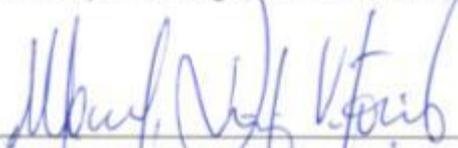
BLUMENAU
2013

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO ÓLEO DAS
FOLHAS DE *Drimys angustifolia* EM
COLÔNIAS DE *Acromyrmex spp.* EM
PLANTIO DE *Pinus taeda***

por

CARLOS MENEGHETTI

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Regional de Blumenau – FURB.

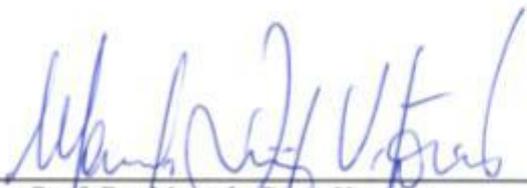


Prof. Dr. Marcelo Diniz Vitorino
Orientador

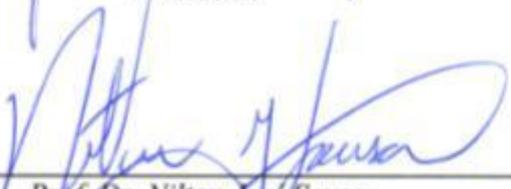


Profa. Dra. Ivone Gohr Pinheiro
Coordenadora

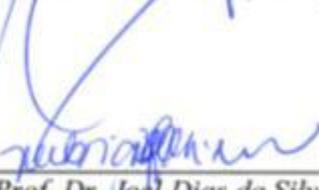
Banca examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Diniz Vitorino
Presidente



Prof. Dr. Nilton José Sousa
Examinador externo (UFPR)



Prof. Dr. Joel Dias da Silva
Examinador interno

Blumenau, 11 de junho de 2013

*Dedico este trabalho à minha
fiel, dedicada e querida esposa Maike
e à minha querida filha Emanuelle.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e por estar sempre ao meu lado, guiando o meu caminho nos momentos mais difíceis e iluminando as minhas conquistas.

À minha esposa Maike, pelo amor e carinho, dedicação e apoio, confiança em minha capacidade, estímulo e paciência, e pela renúncia e cumplicidade durante todos os anos de convivência, em especial nestes últimos anos do mestrado em que houve muitos períodos de ausência.

À minha filha Emanuelle, pelo apoio e compartilhamento nas dúvidas e anseios, e pelo estímulo nos momentos difíceis.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Diniz Vitorino, pela acolhida e por ter aceitado o desafio da orientação, pelo incentivo e ensinamentos, apoio nas avaliações dos experimentos de campo, pela disponibilização da estrutura do Laboratório de Análise, Monitoramento e Proteção Florestal (LAMPF-FURB), e por sua amizade.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Ricardo Andrade Rebelo, pela orientação e incentivo, pela disponibilização do Laboratório de Química da FURB e de seus equipamentos e da estrutura do Laboratório de Síntese e Tecnologia (SINETEC-FURB).

Aos companheiros de coleta Everton Ehlert, Jonathan D. Weiler e Márcio Verdi pelo auxílio, dedicação e momentos de descontração em todas as coletas realizadas.

À Herbia pelas extrações do óleo essencial, em especial ao seu diretor Rafael A. Krause pelo apoio técnico. Ao Sr. Arildo por ter realizado as extrações com zelo e cuidado técnico.

À Celulose Irani, pela cessão da área de pesquisa em Vargem Bonita, SC, em especial ao Gustavo Henning e equipe de funcionários, pelo apoio e acolhida.

À equipe do LAMPF, em especial à Liliam Cristiane Beal pelo incentivo, dedicação e apoio logístico na aplicação do experimento em campo; à Rafaela Tamara Marquardt pela ajuda nos cálculos estatísticos.

Ao P. em. Friedrich Gierus e ao P. Dr. Osmar Zizemer, diretores da Gráfica e Editora Otto Kuhr, empresa em que trabalho, pela liberação do meu horário de trabalho, sem a qual não seria possível a realização do mestrado.

Aos meus colegas de trabalho da Gráfica e Editora Otto Kuhr, Marilei, Ingelore, Mariana e Rogério, por terem assumido parte de minhas tarefas em minhas ausências.

Ao Prof. Dr. Edesio Luiz Simionatto, coordenador do Laboratório de Cromatografia do Departamento de Engenharia Química da FURB, pela disponibilização do equipamento piloto de extração por arraste a vapor, possibilitando os testes iniciais de extração do óleo essencial.

À Universidade Regional de Blumenau (FURB) e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, pela oportunidade de realização do curso, e a todos os professores, pela dedicação nos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

A todos os colegas do mestrado, em especial ao Fernando Scaburri e Thiago Schlemper, companheiros dos trabalhos de aula, pelos momentos de apoio e descontração.

À Fabiana de Carvalho Rosa, professora da graduação, pelo incentivo ao mestrado.

À Secretaria de Estado da Educação do Estado de Santa Catarina, pela concessão da bolsa do Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior no Estado de Santa Catarina (FUMDES), disponibilizando os recursos financeiros que contribuíram para a realização deste mestrado.

Ao ICMBio, em especial ao Analista Ambiental do Parque Nacional da Serra do Itajaí, Mário Sérgio Celski de Oliveira, e ao Chefe do Parque Nacional de São Joaquim, Michel Omena, pela concessão das autorizações de coleta.

A todas as pessoas que de alguma forma me auxiliaram ou incentivaram a realização deste estudo.

*Se vi mais longe foi por estar de pé
sobre ombros de gigantes.
Isaac Newton*

RESUMO

Formigas causam muitos danos e perdas econômicas em florestas plantadas, principalmente em plantios de *Pinus taeda* Linnaeus, 1758, que é uma cultura de importância econômica na indústria de papel e celulose no Sul do Brasil. Para controlar a ação destas formigas são utilizados, muitas vezes indiscriminadamente, produtos agroquímicos em larga escala, que podem contaminar o meio ambiente e os processos ecológicos, sendo que a busca por formas alternativas de controle das formigas nas atividades florestais é prática desejável. Entre as várias formas de controle alternativo existentes, tais como o manejo do habitat e o controle biológico, há o controle com a utilização de extratos e óleos essenciais obtidos de plantas com propriedades inseticidas. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do óleo essencial extraído das folhas de *Drimys angustifolia* Miers, 1858 (Canellales: Winteraceae), popularmente conhecida como casca-de-anta, em colônias de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* Mayr, 1865, em plantio de *P. taeda*, como alternativa de controle. O óleo essencial foi aplicado em dois tratamentos com concentração de 100% e 10% no interior de oito formigueiros ativos com um pulverizador manual e comparado com quatro formigueiros de controle. Ao final do experimento o resultado demonstrou que os oito formigueiros tratados com óleo estavam abandonados, evidenciando a potencial atividade do óleo essencial sobre as formigas, comparado com os formigueiros de controle que se mantiveram ativos. O óleo essencial de *D. angustifolia* apresentou potencial para ser aplicado como controle alternativo de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex*.

Palavras-chave: Controle alternativo. Óleo essencial de casca-de-anta.
Acromyrmex spp.

ABSTRACT

Leaf-cutting ants cause much damage and economic losses in forest plantations, mainly *Pinus taeda* Linnaeus, 1758, which is a culture of economic importance in the pulp and paper industry in Southern Brazil. To control the action of these ants are used, often indiscriminately, agrochemicals on a large scale, which can contaminate the environment and ecological processes, being the search for alternative ways to control ants in forest activities a desirable practice. Among the various forms of alternative control, such as the habitat management and biological control, there is the control with the use of extracts and essential oils of plants with insecticidal properties. This study aimed to evaluate the effect of the essential oil extracted from the leaves of *Drimys angustifolia* Miers, 1858 (Canellales: Winteraceae), popular named as "casca-de-anta", in colonies of leaf-cutting ants - genus *Acromyrmex* Mayr, 1865, in planting of *P. taeda*, as an alternative control. The essential oil was applied in two treatments 100% and 10% concentrations within eight active nests with a hand sprayer and compared with four nests as control. At the end of the experiment the result showed that the eight nests treated with the oil were abandoned, highlighting the potential activity of the essential oil to ants, compared with control nests that remained active. The essential oil of *D. angustifolia* exhibited potential to be applied as alternative control of leaf-cutting ants of the genus *Acromyrmex*.

Keywords: Alternative control. Essential oil of "casca-de-anta". *Acromyrmex* spp.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Desenho de uma formiga do gênero <i>Acromyrmex</i> (a) e <i>Atta</i> (b), destacando o número de espinhos no dorso do tórax	43
FIGURA 2 - Castas da colônia de formigas de acordo com a função na sociedade.....	46
FIGURA 3 - Folhas, frutos e inflorescências de <i>D. angustifolia</i>	69
FIGURA 4 - Copa de árvores de <i>D. angustifolia</i> no Morro da Igreja em Urubici, SC	69
FIGURA 5 - Principais fatores que podem influenciar o acúmulo de metabólitos secundários em uma planta.....	74
FIGURA 6 - Localização do município de Urubici	81
FIGURA 7 - Visualização dos locais de coleta em relação ao topo do Morro da Igreja	83
FIGURA 8 - Exsicata de material coletado.....	84
FIGURA 9 - Acompanhamento de perda de massa das folhas.....	84
FIGURA 10 - Balança analítica modelo AY 220.....	85
FIGURA 11 - Equipamento piloto para extração de óleo essencial por arraste a vapor.....	86
FIGURA 12 - Equipamento de arraste a vapor industrial Herbia.....	86
FIGURA 13 - Localização do município de Vargem Bonita.....	89
FIGURA 14 - Talhões de <i>P. taeda</i> da Fazenda Campina da Alegria	90
FIGURA 15 - Pulverizador de pressurização manual.....	91
FIGURA 16 - Aplicação dos tratamentos	92
FIGURA 17 - Termohigrômetro digital modelo AK28	93
FIGURA 18 – Cromatograma dos constituintes do óleo das folhas coletadas em Urubici	98

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Principais diferenças entre formigas dos gêneros <i>Acromyrmex</i> e <i>Atta</i>	43
QUADRO 2 - Coletas realizadas (kg).....	96
QUADRO 3 – Rendimentos de óleo essencial (%)	97

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Formicida isca granulada, com o respectivo ingrediente ativo, nome comercial, dose e classe toxicológica (S = Saúva; Q = Quem-quem).....	63
TABELA 2 - Colônias de formigas pré-selecionadas para o experimento	100
TABELA 3 - Datas e quantidades de visitas aos formigueiros.....	102
TABELA 4 - Temperaturas internas e externas (°C) observadas no Tratamento I (100%).....	103
TABELA 5 - Temperaturas internas e externas (°C) observadas no Tratamento II (10%).....	104
TABELA 6 - Temperaturas internas e externas (°C) observadas no Tratamento III (Controle)	104
TABELA 7 - Dia da ocorrência de abandono após os tratamentos	105
TABELA 8 - Comportamentos de forrageamento e de fuga/mudança - Tratamento I (100%).....	107
TABELA 9 – Teste de média entre os tratamentos	108
TABELA 10 - Médias das temperaturas internas médias dos tratamentos	109
TABELA 11 - Médias das temperaturas internas médias dos tratamentos com e sem formigas	109
TABELA 12 - Correlação entre temperatura interna com formigas x área do formigueiro.....	111
TABELA 13 - Correlação entre temperatura interna sem formigas x área do formigueiro.....	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CG-DIC	Cromatografia gasosa com detector de ionização de chama
CG-EM	Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas
F01... F33	Formigueiro 01... Formigueiro 33
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i> , ou Conselho de Manejo Florestal
FURB	Universidade Regional de Blumenau
LAMPF	Laboratório de Monitoramento e Proteção Florestal
MIPI	Micro-porta-iscas
SINETEC	Síntese e Tecnologia
snm	sobre o nível do mar
T I	Tratamento I
T II	Tratamento II
T III	Tratamento III

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
1.1 PROBLEMA	30
1.2 HIPÓTESES	31
1.3 OBJETIVOS.....	31
1.3.1 Objetivo geral	31
1.3.2 Objetivos específicos	32
1.4 JUSTIFICATIVA.....	32
1.4.1 Derrogação	33
1.4.2 Importância econômica do setor florestal	35
1.4.3 Sustentabilidade.....	36
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	39
2.1 FORMIGAS CORTADEIRAS	39
2.1.1 Diferenças entre <i>Atta</i> spp. e <i>Acromyrmex</i> spp.	42
2.1.2 Biologia das formigas cortadeiras	46
2.1.3 Microfauna associada	47
2.1.4 Comportamento.....	49
2.1.5 Trofalaxia	51
2.1.6 Danos ao setor florestal	54
2.1.7 Controle atual de formigas	57
2.1.7.1 Iscas formicidas e tipos de porta-isclas.....	60
2.1.7.2 Princípios ativos	63
2.1.8 Controles alternativos.....	64
2.2 PLANTAS COM PROPRIEDADES INSETICIDAS	65
2.3 A ESPÉCIE <i>Drimys angustifolia</i> MIERS, 1858.....	68
2.3.1 Caracterização taxonômica	70
2.3.2 Distribuição, área de dispersão e diferenças morfológicas	71
2.4 ÓLEO ESSENCIAL	73
2.4.1 Extração	75
2.4.2 Caracterização e composição química.....	76
2.4.3 Utilização e importância	77
2.4.4 Comprovação bactericida, fungicida e inseticida.....	77

2.5 A ESPÉCIE <i>Pinus taeda</i> LINNAEUS, 1758	78
3 MATERIAL E MÉTODOS	81
3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE COLETA	81
3.2 COLETA DO MATERIAL VEGETAL.....	82
3.2.1 Determinação da quantidade de material vegetal a ser coletado.....	84
3.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL.....	85
3.4 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL	88
3.5 REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO EM CAMPO	88
3.5.1 Definição do local	88
3.5.2 Seleção dos formigueiros.....	90
3.5.3 Aplicação do experimento em campo	90
3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	94
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
4.1 COLETA DO MATERIAL VEGETAL.....	95
4.1.1 Determinação da quantidade do material vegetal coletado.....	95
4.2 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL.....	96
4.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL	98
4.4 REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO EM CAMPO	99
4.4.1 Seleção dos formigueiros.....	100
4.4.2 Aplicação do experimento em campo	101
4.4.3 Avaliação dos formigueiros	106
4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	108
5 CONCLUSÃO	113
6 RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
REFERÊNCIAS.....	117
APÊNDICES	131

1 INTRODUÇÃO

Os produtos sintéticos utilizados para o controle de pragas nas atividades agrícolas e florestais podem ocasionar impactos ambientais negativos aos processos ecológicos. Estes produtos são conhecidos genericamente por diversos nomes, tais como agroquímicos, agrotóxicos, biocidas, defensivos agrícolas, formicidas, pesticidas, praguicidas e produtos fitossanitários, entre outras denominações.

Alguns destes produtos sintéticos podem persistir no meio ambiente por muitos anos, podendo acarretar danos à saúde humana, sendo que o Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos no mundo, segundo dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2012).

Estes produtos são utilizados, muitas vezes, em larga escala e indiscriminadamente, para o controle das mais diversas pragas, entre elas, as formigas cortadeiras, uma vez que os transtornos causados pela ação das formigas cortadeiras nas atividades florestais são relevantes, causando perdas significativas.

As formigas cortadeiras da tribo *Attini* (Hymenoptera: Formicidae), em especial as do gênero *Acromyrmex* Mayr, 1865 (denominado popularmente como quem-quem), juntamente com o gênero *Atta* Fabricius, 1805 (conhecidas como saúvas), são consideradas as principais pragas dos reflorestamentos brasileiros, pois atacam intensamente e constantemente as plantas em qualquer fase de seu desenvolvimento, cortando suas folhas ou acículas, flores, brotos e ramos finos que são carregados para o interior de seus ninhos sob o solo, o que torna difícil o seu controle (ZANETTI, 2012).

Para controlar a ação destes insetos nestas atividades florestais, são utilizados produtos sintéticos com propriedades inseticidas, como os ingredientes ativos sulfluramida e fipronil, que podem ser causadores de impactos ambientais negativos, contaminando o meio ambiente (principalmente o solo e os corpos hídricos), os alimentos e prejudicando a fauna de forma geral.

Os danos provocados pelas formigas cortadeiras nos povoamentos de *Pinus taeda* Linnaeus, 1758, espécie vegetal predominante nos reflorestamentos para fins industriais no Sul do Brasil, especialmente em Santa Catarina, podem ser significativos, especialmente em viveiros e em povoamentos jovens, sendo que o controle das formigas torna-se inevitável. Por sua importância para o setor produtivo

florestal da região, em sua maioria grandes empresas reflorestadoras, o controle de formigas cortadeiras é um dos objetivos a serem alcançados por tais empresas (CARPANEZZI et al., 1988; LAMPRECHT, 1990).

Tendo em vista estes significativos danos ocasionados pelas formigas nas atividades agroflorestais e os impactos ambientais negativos causados pelos produtos sintéticos utilizados para o seu controle, busca-se cada vez mais por soluções alternativas no combate a estas pragas. Uma destas alternativas é a utilização de óleos essenciais extraídos de espécies vegetais com comprovada ação repelente ou inseticida.

Várias espécies vegetais já foram estudadas no combate às formigas cortadeiras, com resultados promissores. Entre elas, destacam-se gergelim (*Sesamum indicum* Linnaeus, 1758), virola (*Virola sebifera* Aublet, 1775), mamona (*Ricinus communis* Linnaeus, 1758), nim (*Azadirachta indica* A. Juss., 1845) e cutia-de-espinho (*Raulinoa echinata* [Reitz, 1956] R. S. Cowan, 1960) (BUENO, 2005; (WESTERLON, 2006), esta última endêmica das margens do Rio Itajaí-Açu, no trecho entre Lontras e Indaial (ARIOLI; VOLTOLINI; SANTOS, 2008).

Os óleos essenciais, presentes nestas plantas, são uma mistura de substâncias voláteis denominadas de metabólitos secundários, os quais têm como uma de suas funções protegê-las de danos causados por ferimentos ou ataques de herbívoros ou patógenos (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Estudos recentes, com ensaios preliminares *in vitro*, têm demonstrado que o óleo essencial presente nas folhas e cascas de *Drimys angustifolia* Miers, 1858, conhecida popularmente como casca de anta ou cataia, tem apresentado atividades antifúngica (MALHEIROS, 2001) e antibacteriana (MENEGETTI, 2010) quando utilizado com fins medicinais e terapêuticos.

Neste estudo, pretende-se avaliar o efeito do óleo essencial das folhas de *D. angustifolia*, obtido através da extração por arraste a vapor, no controle de colônias de formigas do gênero *Acromyrmex* spp. à campo, verificando se o óleo apresenta ação promissora para o controle de formigas cortadeiras.

1.1 PROBLEMA

Tendo em vista que é altamente recomendável reduzir a quantidade de agrotóxicos empregados no controle de formigas cortadeiras nas atividades

florestais, em virtude dos danos e impactos ambientais ocasionados por estes produtos, e que a busca por soluções alternativas para o controle destas pragas é uma prática desejável, esta pesquisa pretende responder às seguintes questões:

- O óleo essencial obtido das folhas de *D. angustifolia* causa algum efeito às colônias de *Acromyrmex* spp. em campo?
- É possível utilizar o óleo essencial obtido das folhas de *D. angustifolia* no controle de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* spp.?

1.2 HIPÓTESES

A presença de óleos essenciais nos vegetais é bastante frequente, sendo inúmeras as propriedades farmacológicas que são atribuídas a estes metabólitos secundários, notadamente suas ações antibacterianas e fungicidas, já comprovadas cientificamente através de diversos estudos, além de sua função de proteção contra a herbivoria.

As folhas de *D. angustifolia* sofrem poucos ataques de herbivoria por insetos. Portanto, é possível presumir que, apesar da atratividade das folhas aos insetos, estas possuem algum constituinte, ou mistura de constituintes, em seu óleo essencial que provoque antagonismo, impedindo a continuidade do processo de herbivoria.

Sendo assim, este estudo pretende comprovar o efeito deletério do óleo essencial das folhas de *D. angustifolia* em colônias de formigas do gênero *Acromyrmex* spp.

1.3 OBJETIVOS

Além de seu objetivo geral, esta pesquisa possui seus objetivos específicos definidos em seis etapas principais.

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da aplicação a campo do óleo essencial obtido através de extração por arraste a vapor das folhas de *D. angustifolia* em colônias de formigas do gênero *Acromyrmex* spp. em plantios de *P. taeda*.

1.3.2 Objetivos específicos

As seis etapas principais dos objetivos específicos são:

- a) Extrair óleo essencial por arraste a vapor das folhas de *D. angustifolia*;
- b) determinar quantitativamente o rendimento do óleo essencial obtido através da extração por arraste a vapor das folhas de *D. angustifolia*;
- c) realizar a caracterização química dos constituintes majoritários do óleo essencial através de cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-DIC) e por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM);
- d) avaliar o efeito de diferentes concentrações de óleo essencial aplicadas nas colônias à campo;
- e) avaliar a influência das diferentes concentrações de óleo essencial no forrageamento das formigas à campo;
- f) analisar estatisticamente a temperatura interna da colônia como parâmetro de avaliação do efeito do óleo essencial de *D. angustifolia* nas colônias à campo.

1.4 JUSTIFICATIVA

O uso de inseticidas representa gastos da ordem de bilhões de dólares no esforço de controlar os insetos. Os inseticidas tradicionalmente utilizados têm um amplo espectro de atividades e exterminam indiscriminadamente tanto os insetos alvo quanto os que são benéficos ao homem. Além disso, eles podem provocar resistência nos insetos, de tal forma que sempre haverá necessidade de aplicação de maiores quantidades, causando danos ecológicos e poluição do meio ambiente (MARICONI, 1981).

A necessidade de métodos mais seguros no controle de insetos tem estimulado a busca de novos inseticidas em plantas, visando diminuir a utilização de produtos sintéticos, que praticamente acabaram por substituir completamente os inseticidas naturais. Por serem mais potentes que os produtos naturais, que foram muito utilizados até a década de 1940, os produtos sintéticos foram utilizados indiscriminadamente durante muitas décadas, acarretando em sérios prejuízos à saúde humana em virtude da sua acumulação e alta persistência no meio ambiente

(VIEIRA; FERNANDES; ANDREI, 2010).

O direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado foi consagrado constitucionalmente, atribuindo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (FERREIRA, 2011). Segundo a Constituição Federal Brasileira, o meio ambiente é um bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, conforme preconizado em seu artigo 225, que diz:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Para assegurar a efetividade desse direito, expressa neste artigo, incumbe ao poder público nos incisos I e V do parágrafo 1º:

preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; [...] controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente (BRASIL, 1988).

Um dos objetivos dos estudos com as plantas que apresentam potencial inseticida é a obtenção de derivados vegetais naturais para uso direto no controle de pragas. A descoberta de novos compostos aumenta a diversidade de moléculas empregadas no combate às pragas, diminuindo, conseqüentemente, a probabilidade de ocorrer acúmulo no ambiente e de provocar resistência nos insetos (BUENO, 2005).

Além disso, o setor produtivo florestal, representado em sua maioria por grandes empresas reflorestadoras, que estão certificadas por empresas nacionais e internacionais, busca, através desta certificação, uma produção que atenda aos princípios deste setor, os quais sejam: ser economicamente viável, socialmente justa, ambientalmente correta e que promova a sustentabilidade.

Desta forma, a redução no uso de agrotóxicos no controle de formigas cortadeiras é um dos objetivos a serem alcançados por tais empresas, através da derroga no uso destes produtos sintéticos.

1.4.1 Derrogação

Grande parte das certificações florestais é expedida pelo *Forest Stewardship Council* (FSC), ou Conselho de Manejo Florestal, que tem por objetivo difundir o uso

racional dos recursos naturais, garantindo a sua existência no longo prazo e promover o bom manejo florestal (PAPAI, 2012).

O FSC é uma organização internacional não-governamental, fundada em 1993, com sede em Bonn, na Alemanha, por representantes de entidades ambientalistas, pesquisadores, produtores de madeira, comunidades indígenas, populações florestais e indústrias de 25 países. É o mais reconhecido selo verde do mundo, com presença em 81 países e em todos os continentes, com uma área mundial certificada de 103 milhões de hectares. Desse total, 54% referem-se às áreas de florestas plantadas. O Brasil detém 5,3% da área certificada no mundo, ou seja, 5,4 milhões de hectares, e 2,5% das áreas certificadas de florestas plantadas, correspondendo a 2,6 milhões de hectares (LOPES, 2012).

Para atingir o seu objetivo, o FSC criou um conjunto de regras reconhecidas internacionalmente que conciliam as salvaguardas ecológicas com os benefícios sociais e a viabilidade econômica. Dentre essas regras, existe a que regulariza o uso de produtos químicos para o controle de pragas e doenças das florestas plantadas (LOPES, 2012).

Nas empresas certificadas pelo FSC, os agroquímicos classificados como altamente perigosos, os hidrocarbonetos clorados, as substâncias químicas identificadas pela Organização Mundial da Saúde como extremamente perigosas e os pesticidas banidos por acordos internacionais, não devem ser utilizados, sendo que a continuidade de seu uso pode levar à suspensão imediata do certificado pelo organismo de certificação (PAPAI, 2012).

Em sua Política de Químicos, publicada em maio de 2007, o FSC incluiu na lista de produtos com restrição de uso, alguns muito conhecidos e tradicionalmente utilizados no setor de florestas plantadas para o controle de pragas e doenças como, por exemplo, a sulfluramida e o fipronil, os dois principais princípios ativos utilizados na forma de iscas granuladas, para o controle de formigas cortadeiras. O uso destas substâncias deve ser descontinuado seis meses após a publicação da lista, sob pena de perda da certificação. As empresas florestais brasileiras certificadas entraram com um pedido de derrogação para estes dois princípios ativos, o qual foi aceito pelo FSC e teve a sua inclusão na lista de aprovação das derrogações dos pesticidas altamente perigosos em 28 de abril de 2010, com vencimento em 28 de abril de 2015 (FSC, 2012; LOPES, 2012).

As derrogações normalmente são emitidas para um período de cinco anos, não sendo permitida extensão da derrogação depois do vencimento deste prazo. Ou seja, em 28 de abril de 2015, as empresas florestais brasileiras, que são certificadas pelo FSC, terão que abandonar ou diminuir drasticamente o uso da sulfluramida e do fipronil e encontrar soluções e produtos alternativos para o controle de formigas cortadeiras, substituindo estes dois princípios ativos por outros, que não sejam prejudiciais ao meio ambiente, para que não percam as suas certificações deste que é um dos mais importantes e reconhecido selo verde do mundo.

1.4.2 Importância econômica do setor florestal

A participação do setor florestal baseado em florestas plantadas é expressiva para a economia nacional, representando para a balança comercial brasileira em 2011 cerca de 19,2% do saldo superavitário, correspondendo a aproximadamente US\$ 5,73 bilhões do saldo total. Além da importância econômica, o setor florestal tem marcante expressividade também na geração de empregos, atingindo 4,73 milhões entre diretos e indiretos nos diversos segmentos da cadeia produtiva. As atividades de silvicultura, colheita e transporte florestal também participam significativamente da geração de empregos do setor (ABRAF, 2012).

Atualmente a floresta plantada é a principal fonte de matéria prima e importante fator de competitividade para diversos segmentos industriais como celulose e papel, siderurgia, painéis, uma ampla gama de produtos de madeira e móveis. Em 2000, o Brasil era o 5º maior produtor mundial de celulose (fibra longa e curta), superado por Estados Unidos, Canadá, Japão e Finlândia. Atualmente, o país é o 3º maior produtor mundial de celulose entre os produtores integrados e o 1º entre os produtores que comercializam celulose no mercado (ABRAF, 2012).

A empresa Celulose Irani S/A foi escolhida para a realização deste trabalho de pesquisa por estar inserida neste contexto social e econômico, por estar alinhada com o fomento de projetos que envolvem pesquisa e desenvolvimento de tecnologias florestais, além de disponibilizar a área de estudos para a aplicação da prática em campo.

A Celulose Irani S/A possui unidades de negócios nos setores de papel, embalagem, móveis de madeira, resinas e florestal, distribuídas nos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo (IRANI, 2013).

Suas operações estão focadas no compromisso com a sustentabilidade em toda a sua cadeia de negócios, buscando praticar o desenvolvimento sustentável, utilizar tecnologias limpas e reduzir impactos ambientais; tendo como objetivos desenvolver um empreendimento socialmente justo, além de políticas de responsabilidade corporativa que foram criadas para assegurar o cumprimento de condutas alinhadas à cultura da empresa e para aprimorar as suas práticas e políticas de responsabilidade social e ambiental, entre outras (IRANI, 2013).

1.4.3 Sustentabilidade

Como consequência do desenvolvimento social e econômico desordenado no país, a biodiversidade se encontra ameaçada por diversos fatores, tais como a fragmentação dos habitats, poluição, exploração excessiva dos recursos naturais, aplicação indiscriminada de agrotóxicos, entre outros.

A magnitude da diversidade biológica brasileira não é conhecida com precisão, tal a sua complexidade (GUERRA; NODARI, 2010), fazendo com que o Brasil seja uma das maiores nações detentoras de biodiversidade, o que faz dele o principal entre os países detentores de megadiversidade do planeta, possuindo entre 15% a 20% das 1,5 milhão de espécies descritas na Terra (MAURY, 2002). Possui a maior diversidade genética vegetal do mundo, com cerca de 55.000 espécies de plantas superiores catalogadas (de um total mundial estimado entre 350.000 e 550.000 espécies); 524 espécies de mamíferos, 1.677 de aves, 517 de anfíbios e 2.657 de peixes (DIAS, 1996; LEWINSOHN; PRADO, 2000).

O Brasil, devido a sua grande extensão territorial e variedade de biomas, é considerado o país com maior diversidade de insetos no mundo, com uma estimativa para o número total de pouco mais de 400.000 espécies descritas, contrastando com o número real de 90.269 espécies descritas. O número de espécies de insetos existentes, no entanto, pode ser muito maior considerando as estimativas existentes sobre o número total de espécies de insetos no mundo, que segundo alguns autores poderia ser superior a 30 milhões. Por meio dessa estimativa, conheceríamos menos de 0,3% da nossa entomofauna (RAFAEL et al., 2012).

É fundamental a conservação desta biodiversidade não só por questões ecológicas, mas também para manutenção de oportunidades atuais e futuras de

desenvolvimento social e econômico, promovendo, desta forma, a sustentabilidade na utilização desta biodiversidade, bem como dos recursos naturais.

A pesquisa de formas alternativas de controle das formigas cortadeiras pode possibilitar o surgimento de novos produtos, contribuindo para a exploração econômica e sustentável do setor florestal.

Com este trabalho de pesquisa pretende-se encontrar uma alternativa natural e viável no controle das formigas cortadeiras nas atividades florestais, contribuindo para a diminuição das perdas e dos impactos ambientais negativos ocasionados pelo uso indiscriminado de produtos inseticidas sintéticos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão apresentados os principais conceitos, provenientes de estudos recentes e dos conhecimentos de base já consolidada, sobre as formigas cortadeiras, com enfoque no gênero *Acromyrmex* Mayr, 1865 (Hymenoptera: Formicidae) em estudo neste trabalho; as plantas com propriedades inseticidas, utilizadas como controle alternativo no combate às formigas cortadeiras; as principais características de *Drimys angustifolia* Miers, 1858, espécie vegetal da qual foi extraído o óleo essencial das folhas e utilizado no experimento; propriedades e características dos óleos essenciais e uma descrição da espécie *Pinus taeda* Linnaeus, 1758, em cujo povoamento será realizado o experimento.

2.1 FORMIGAS CORTADEIRAS

As formigas são um dos grupos de insetos de maior sucesso. São insetos sociais, isto é, que vivem em colônias numerosas, onde apresentam organização hierarquizada em castas adaptadas a exercerem funções diferentes (FONTES; MILANO, 2008). Em virtude da importância econômica para o Brasil, as principais pesquisas e publicações sobre formigas cortadeiras estão concentradas na tribo *Attini* (Hymenoptera: Formicidae), principalmente nos gêneros *Atta* Fabricius, 1805 e *Acromyrmex* Mayr, 1865, conhecidas vulgarmente como saúvas e quem-quens, respectivamente.

As formigas cortadeiras se caracterizam por subir nas plantas e cortar pedaços de folhas, flores, brotos e outras partes, carregando-os para a parte subterrânea do formigueiro, a sede da sua colônia. Com muita atividade e organização, elas preparam os vegetais para propiciar o crescimento de certos tipos de fungo dentro do formigueiro, em locais denominados de painéis. Ocupando as “painéis” dos formigueiros, esses jardins de fungos se assemelham a esponjas de coloração cinza e aspecto frágil. Dentre as mais de 1.000 espécies de formigas existentes no Brasil, país que possui o maior número de espécies de formigas cortadeiras (MOREIRA, 2009), as saúvas e quem-quens somam juntas cerca de 40 espécies. As formigas cortadeiras são insetos sociais que apresentam castas reprodutoras e não reprodutoras, vivendo em colônias permanentes e se desenvolvem por holometabolia (ovo-larva-pupa-adulto) (JACCOUD, 2000).

São insetos mastigadores e constituem-se em um dos mais importantes grupos de insetos daninhos às culturas, pois atacam intensamente e constantemente as plantas em qualquer estágio de desenvolvimento, cortando suas folhas, que são carregadas para o interior dos ninhos localizados no interior do solo, onde cultivam fungos simbiotes, dos quais se alimentam. Isso torna difícil o seu controle e exige combates intensos. Os gêneros de maior importância são *Atta* (saúvas) e *Acromyrmex* (quem-quens) (ZANETTI et al., 2002).

As formigas cortadeiras somente ocorrem nas Américas, não estando presentes na Europa, Ásia, África e Oceania. Sua distribuição ocorre da Argentina ao sul dos EUA, concentrando-se nos trópicos. As formigas cortadeiras do gênero *Atta* (saúvas) possuem área de dispersão que vai do sul dos Estados Unidos até o norte da Argentina. Assim, todos os países americanos compreendidos nesta região têm saúvas, exceto o Chile, algumas ilhas das Antilhas e o Canadá (MARICONI, 1981, apud SOUSA, 1996).

O gênero *Acromyrmex* (quem-quem) tem área de distribuição começando na Califórnia (Estados Unidos), seguindo pelo México e continuando pela América Central e por todos os países da América do Sul (exceto o Chile), até a Patagônia (Argentina), ocorrendo também em Cuba e Trinidad Tobago. No Brasil ocorre em todos os estados (GONÇALVES, 1961).

Segundo THOMAS (1990), este grupo de insetos, é composto de cinco gêneros, dentro da seguinte posição sistemática:

Reino:Animalia
 Filo:.....Arthropoda
 Classe:.....Insecta
 Ordem:.....Hymenoptera
 Subordem:Apocrita
 Superfamília:....Formicoidea
 Família:Formicidae
 Sub-família:Myrmicinae
 Tribo:Attini
 Gênero:.....*Acromyrmex*
 Atta
 Micoceporus
 Sericomyrmex
 Trachymyrmex

A ordem dos himenópteros, à qual pertencem as formigas cortadeiras, é uma das maiores da classe dos insetos, com cerca de 110.000 a 130.000 espécies conhecidas. A importância desta ordem está caracterizada por seu impacto ecológico em muitos ecossistemas, seja como predadores (formigas e marimbondos), polinizadores (abelhas sociais) ou mesmo como pragas (como as formigas saúvas e quem-quens) e por apresentar insetos prejudiciais ao homem, como as formigas, e insetos benéficos ao homem, como as abelhas, devido ao seu papel na polinização cruzada das flores, aumentando enormemente a produção de frutos e sementes (BUZZI, 2005; MELO; AGUIAR; GARCETE-BARRETT, 2012; RAFAEL et al., 2012; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).

De acordo com Jaccoud (2000), saúva é a denominação das espécies de cortadeiras nas quais tanto os formigueiros como as próprias formigas são de grandes proporções, maiores que no grupo das quem-quens. As saúvas constroem ninhos subterrâneos largos e profundos, removendo grande volume de terra nas suas escavações, o que forma um ou mais montículos sobre o solo. Todos os tipos de formigas de um saúveiro são até duas vezes maiores que as quem-quens, inclusive seus ovos, larvas, pupas e casais reais (rainha e machos). Somente as saúvas possuem “soldados” ou “cabeçudas” nitidamente diferenciados, que são as operárias visivelmente maiores em tamanho que as outras formigas do mesmo ninho, possuindo uma cabeça grande e fortes mandíbulas. As saúvas de mais ampla distribuição e maior importância no Brasil são a saúva-limão (*Atta sexdens* Linnaeus, 1758) e saúva-cabeça-de-vidro (*Atta laevigata* F. Smith, 1858). Outras 10 espécies de saúva têm grande importância em algumas regiões.

Quem-quem é a denominação genérica dada a várias espécies de cortadeiras, que se diferenciam das saúvas pelos formigueiros mais superficiais e menos populosos, bem como pelo pequeno tamanho de suas operárias, inclusive dos soldados, que não possuem uma diferenciação tão nítida em relação às outras operárias quanto a diferenciação dos soldados das saúvas e suas operárias. Elas se mudam de local e constroem novos ninhos com certa facilidade, aproveitando-se de frestas, buracos e pequenas escavações que são em geral cobertas com gravetos, ciscos e folhas secas. Em algumas regiões, principalmente no sul do Brasil, as quem-quens podem ter maior importância econômica na agropecuária e atividades florestais que as saúvas (JACCOUD, 2000).

Existem várias espécies de quem-quem em todo o Brasil, a maioria do gênero *Acromyrmex*, sendo também conhecidas por carregadeira, carreeira, quém-quém, quenquém, quenquém-de-cisco (*Acromyrmex crassispinus* Forel, 1909), aquequê, raspa-raspa, ciscadeira, mineira, boca-de-capim e outras denominações regionais (BUZZI, 2009; JACCOUD, 2000).

Cada espécie de formiga cortadeira apresenta hábito de corte diferente e nidificação própria, comportando-se de forma diferenciada, tanto nos seus hábitos alimentares como nas formas de defesa e distribuição espacial, o que exige métodos de controle diferenciados (CANTARELLI, 2005).

Em função dos hábitos diferenciados apresentados, há a necessidade de ampliar e aprofundar os estudos, especialmente os voltados a identificação correta das espécies, sua distribuição geográfica e as melhores épocas para adoção de técnicas de controle (CANTARELLI, 2005).

2.1.1 Diferenças entre *Atta* spp. e *Acromyrmex* spp.

Uma das principais diferenças entre saúvas e quem-quens é o tamanho. As saúvas e os sauveiros são maiores, sendo que as operárias soldados podem ter mais de 0,5 cm de largura na cabeça e 1,5 cm de comprimento. A rainha tem comprimento de 2,5 cm (JACCOUD, 2000).

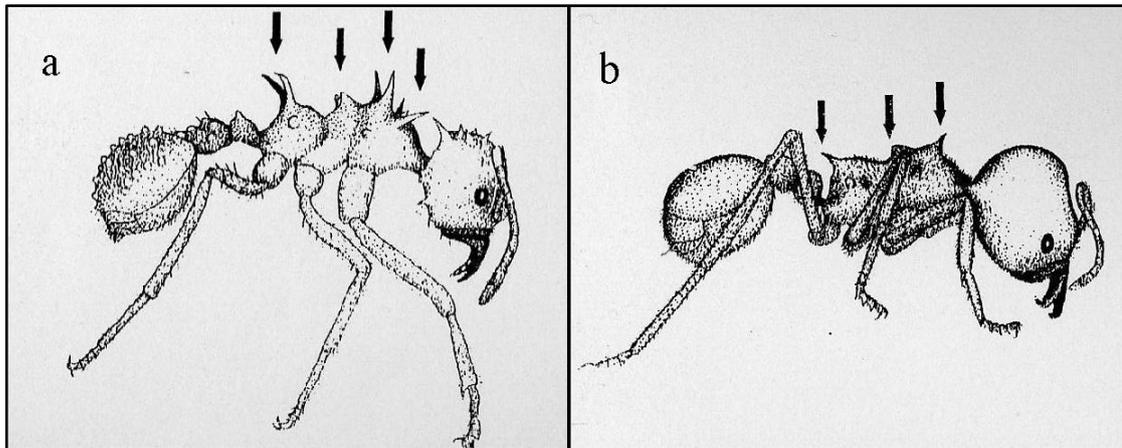
O tamanho de um sauveiro adulto é variável, podendo alcançar mais de 200 m², com uma população de 3 a 8 milhões de formigas (ZANETTI et al., 2002). Saugeiros realmente grandes têm até 500 m² com alguns milhões de operários (JACCOUD, 2000).

Já as maiores operárias de quem-quens não chegam a 1,0 cm de comprimento. A rainha não alcança 1,5 cm de comprimento. Formigueiros de quem-quem com até 2 m² de área são comuns em regiões com alta infestação (JACCOUD, 2000).

Além do tamanho, a principal diferença morfológica entre saúvas e quem-quens é o número de pares de espinhos dorsais: enquanto as saúvas apresentam três pares de espinhos no dorso do tórax, as quem-quens apresentam quatro ou cinco pares de espinhos no dorso do tórax (ZANETTI et al., 2002).

Na figura 1 e no quadro 1, a seguir apresentados, é possível verificar as principais diferenças morfológicas entre quem-quens e saúvas:

FIGURA 1 - Desenho de uma formiga do gênero *Acromyrmex* (a) e *Atta* (b), destacando o número de espinhos no dorso do tórax



Fonte: Zanetti et al. (2002)

QUADRO 1 - Principais diferenças entre formigas dos gêneros *Acromyrmex* e *Atta*

<i>Acromyrmex</i> spp. (quem-quens)	<i>Atta</i> spp. (saúvas)
Operária com quatro ou cinco pares de espinhos no dorso do tórax (Figura 1a)	Operária com três pares de espinhos no dorso do tórax (Figura 1b)
Soldados menores (8 a 10 mm)	Soldados maiores (12 a 15 mm)
Ninhos pequenos (1 ou 2 panelas)	Ninhos grandes (muitas panelas)
Ninho sem monte de terra solta aparente	Ninho com monte de terra solta aparente

Fonte: Zanetti et al. (2002)

Outra diferença fundamental entre *Atta* e *Acromyrmex* é em relação ao formato e tamanho de suas colônias. Em relação à forma externa dos ninhos, as espécies de *Acromyrmex* e *Atta* se diferenciam pelo tamanho e a densidade de seus formigueiros. As colônias de *Atta* são maiores e têm menor densidade de ninhos por área, em comparação com os formigueiros de *Acromyrmex* que são pequenos e mais numerosos (PERDOMO, 2008). Os ninhos de *Atta* são os maiores entre as formigas cultivadoras de fungos, podendo alcançar mais de 25 m² de área de terra solta na superfície (ZANETTI et al., 2000). As gigantescas colônias de *Atta* representam os maiores organismos sociais (superorganismos) descobertos até o momento (HÖLLDOBLER; WILSON, 2009).

“Em *Acromyrmex* são escassos os dados referentes à fundação de colônias. Porém, sabe-se que difere das saúvas e varia muito entre as diversas espécies deste gênero” (LIMA; DELLA LUCIA; SILVA, 2001, apud UKAN, 2008, p. 17). Os ninhos de *Acromyrmex* geralmente são inconspícuos e pequenos, dificultando sua

localização e controle (REIS FILHO; OLIVEIRA, 2002), frequentemente formados por uma só panela de fungo, cuja terra solta pode aparecer ou não na superfície do solo (UKAN, 2008). A duração de cada fase de desenvolvimento é menor, estando o quemquenzeiro adulto 1 a 2 anos após o seu estabelecimento, enquanto que para as saúvas ocorre em cerca de 38 meses (ZANETTI et al., 2002).

Em algumas espécies, os ninhos são superficialmente cobertos de palha, fragmentos e outros resíduos vegetais, além de terra, enquanto em outras, os ninhos são subterrâneos, sem que se perceba a terra escavada (UKAN, 2008). Existem algumas espécies cujos formigueiros apresentam duas ou mais painéis, no máximo 10 segundo Ukan (2008) e até 26 de acordo com Forti *et al.* (2006) e Verza *et al.* (2007), podendo alcançar até quatro metros de profundidade (FORTI et al., 2006; VERZA et al., 2007), que, pela forma e tamanho reduzido do monte, nunca se confundem com os saúveiros (UKAN, 2008). “A morfometria dos ninhos das quem-quens é bastante variável e, como nos de saúva, é utilizada na identificação das espécies” (UKAN, 2008, p. 17).

Algumas espécies de quem-quem constroem os seus ninhos de acordo com a temperatura do solo, ou seja, os ninhos são subterrâneos nos locais mais quentes e superficiais nos locais mais frios (BOLLAZZI; KRONENBITTER; ROCES, 2008). As colônias de *Acromyrmex*, dependendo da espécie, podem conter de 17.500 a 270.000 operárias polimórficas (FOWLER, 1986).

Os ninhos de quem-quem podem ser agrupados em três tipos: a) saúveirinho, semelhantes a pequenos saúveiros, por apresentarem externamente um monte de terra solta, como nos ninhos de *Acromyrmex subterraneus subterraneus* Ford, 1893, cuja área pode, algumas vezes, atingir mais de 20 m²; b) ninho-de-cisco, o qual apresenta-se coberto na superfície com um monte de folhas secas repicadas e gravetos entrelaçados, como nos ninhos de *Acromyrmex subterraneus molestans* Santschi, 1925, em que o monte de cisco pode atingir 80 cm de diâmetro e 60 cm de altura; e c) mineira, cuja entrada é um simples orifício na superfície do solo, sem a presença de terra solta e cisco, como nos ninhos de *Acromyrmex niger* F. Smith, 1858 (LIMA; DELLA LUCIA; SILVA, 2001).

Já os ninhos de *Atta*, também conhecidos como saúveiros, são construídos no solo e podem ter de dezenas a centenas de câmaras subterrâneas, também denominadas de painéis. Estas são ligadas entre si e com a superfície do solo por meio de galerias, podendo ocupar muitos metros quadrados e conter milhões de

indivíduos. Dentro das painelas as saúvas cultivam o fungo, nas chamadas “painelas de fungo”, que serve de alimento para toda a colônia, e que também abrigam os ovos, larvas e pupas. Existem outras painelas onde as formigas depositam todos os resíduos do cultivo do fungo e os indivíduos mortos, sendo denominadas de “painela de lixo” (PEREIRA, 2007).

Uma característica para a identificação de um sauveiro é o monte de terra solta (murundu) localizado na superfície do solo, que é formado pelo acúmulo de terra que as formigas retiram das câmaras (painelas) do subsolo. A deposição de terra é mais intensa nos meses que antecedem a revoada (julho a setembro) e praticamente ausente no período entre dezembro a abril. As colônias jovens depositam pouca quantidade de solo; mas a partir do segundo ano a deposição torna-se mais intensa e constante, até a colônia se tornar adulta. Sobre e fora do monte de terra solta, são encontrados orifícios denominados olheiros, onde podem ou não ser observadas as saúvas em atividade. 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. Além disso, o conhecimento da arquitetura do formigueiro também é muito importante para que se possa fazer um controle eficiente (PEREIRA, 2007).

Como já foi visto, cada espécie de saúva e quem-quem tem um padrão próprio para a construção do ninho, com um sistema complexo de câmaras, chamadas de painelas, e canais de ligação. Através da abertura e fechamento de painelas, canais e olheiros, as colônias se abrigam e defendem, mantendo o ambiente interno próximo a 80% de umidade relativa e entre 20 °C a 25 °C (JACCOUD, 2000).

As formigas cortadeiras, dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* distribuem-se, conforme já citado anteriormente, desde o sul dos Estados Unidos até o centro da Argentina. Somente no Brasil, ocorrem 20 espécies e nove subespécies de *Acromyrmex* e 10 espécies e três subespécies de *Atta*. Nem todas têm importância econômica definida, pois ocorrem em áreas pouco exploradas pela agricultura ou causam pequeno impacto nos diferentes agroecossistemas. Dentre as formigas cortadeiras encontradas no Brasil, somente cinco espécies de saúva e nove de quem-quem são importantes sob o ponto de vista econômico (ZANETTI et al., 2002).

2.1.2 Biologia das formigas cortadeiras

As formigas cortadeiras são insetos sociais, ou seja, uma colônia de formigas exibe fenômenos sociais, como cuidados e cooperação entre companheiras de ninho; divisão de tarefas, em que cada casta realiza sua função e ainda a sobreposição de gerações. A população das formigas cortadeiras é dividida em castas temporárias (içás e bitus) e castas permanentes (rainha, operárias jardineiras, operárias carregadeiras e soldados) (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; PEREIRA, 2007; SOUSA, 2012).

A figura 2 apresenta um diagrama da divisão de castas de uma colônia de formigas, de acordo com a função de cada uma na sociedade.

FIGURA 2 - Castas da colônia de formigas de acordo com a função na sociedade



Fonte: Adaptado de Zanetti et al. (2002)

De acordo com Sousa (2012), as castas têm tamanhos e atividades diferenciadas dentro da colônia. As içás (fêmeas aladas) e os bitus (machos alados) surgem em formigueiros adultos, recebendo tratamento e alimentação diferenciada alguns meses antes da revoada e são maiores que os soldados e as operárias; a rainha, depois da revoada e fecundação forma um novo formigueiro, sendo que após

o nascimento das primeiras operárias passa a ter como tarefa exclusiva a postura de ovos.

O formigueiro possui apenas uma rainha fértil, que é o maior e principal indivíduo da colônia, mãe de todos os ovos que deram origem aos demais, e, se esta morrer, todo o formigueiro morrerá. Em *Acromyrmex* estima-se que o tempo necessário para o surgimento dos alados seja de um ano (LINK, 2005).

As operárias jardineiras são os menores indivíduos da colônia e têm como tarefa a manutenção da colônia de fungos, limpando os pedaços de folhas e cortando-os em fragmentos menores, que são incorporados com o fungo. As operárias carregadeiras são maiores que as jardineiras, sendo a sua função a localização, corte e transporte de material vegetal para o interior do formigueiro. Os soldados são maiores que as carregadeiras e sua função é a proteção da colônia. As operárias de quem-quens apresentam também tamanhos variados, porém este aspecto não é tão perceptível como nas saúvas. Elas também cuidam da prole, do fungo e das atividades de coleta e transporte do material vegetal. (PEREIRA, 2007).

A longevidade das operárias e soldados é de no máximo 6 meses, enquanto que o tempo de vida dos formigueiros de saúvas em laboratório pode chegar a 15 anos de vida e os formigueiros de quem-quem a 7 anos (SOUSA, 2012).

2.1.3 Microfauna associada

As formigas cortadeiras possuem uma variada microfauna associada em suas colônias, coexistindo de forma mutualística ou em simbiose e até mesmo em parasitismo.

O principal representante desta microfauna é o fungo simbiote *Leucoagaricus gongylophorus* (Möller) Singer, 1986, do qual as formigas se alimentam. A. Möller, em 1893, foi o primeiro a estudar os fungos isolados de formigueiros, com coletas provindas das redondezas de Blumenau, Santa Catarina (SPIELMANN; PUTZKE, 1998).

Este fungo cresce sobre os fragmentos orgânicos que as formigas carregam para o interior dos ninhos, que servem de substrato para o seu desenvolvimento (DE FINE LICHT; BOOMSMA, 2010). O fungo requer condições adequadas para seu desenvolvimento como substrato, luz, aeração, umidade, temperatura, nutrientes, etc. A maioria dos fungos desenvolve-se em temperaturas ao redor de 25 °C. No

entanto, os esporos normalmente são produzidos em condições adversas ao crescimento vegetativo (ANDERSSON et al., 2006).

As formigas manipulam o fungo sobre o substrato vegetal para otimizar o seu crescimento. Transplantam o fungo de jardins velhos para novos especialmente preparados para acolhê-lo, onde otimizam seu crescimento através da aplicação regular de suas fezes, da limpeza dos esporos contaminantes e da extirpação dos micélios infestados (BORBA et al., 2006).

As operárias removem as barreiras físicas e depositam enzimas nos materiais frescos coletados, de maneira a facilitar a penetração e o crescimento do fungo. O fungo metaboliza o material vegetal, inclusive substâncias tóxicas, inibidoras ou repelentes e, à medida que cresce, serve de alimentação para as formigas (PERDOMO, 2008).

Existem muitos outros microrganismos nos jardins de fungo além do fungo simbiote. Godoy (2003) e Perdomo (2008) relatam a ocorrência de um fungo parasita filamentoso do gênero *Escovopsis* (Ascomycota: Hypocreales) que é considerado como parasita especialista de jardins de fungo de *Attini*, o qual se alimenta indiretamente das hifas do fungo simbiote, prejudicando a simbiose (RODRIGUES, 2009).

É apontada, ainda, a existência de outro mutualista na simbiose entre formiga cortadeira e fungo. Trata-se de uma bactéria filamentosa do gênero *Streptomyces* (Actinomycetales: Streptomycetaceae) (GODOY, 2003). Estas bactérias produzem compostos que têm forte ação contra fungos e bactérias e se alojam no tegumento das formigas (PERDOMO, 2008), protegendo-as contra a infestação de outros fungos e bactérias oportunistas que causam parasitismo nas formigas.

Os insetos sociais, assim como qualquer outro ser vivo, enfrentam contaminações por microrganismos que podem acarretar danos às diferentes castas. Mecanismos de proteção devem ser eficientes para driblar infecções e morte. A proteção se torna crucial quando parasitas e patógenos entram em contato com os insetos fazendo com que muitos deles produzam componentes com propriedades antibióticas. A rápida dispersão de doenças infecciosas é especialmente problemática em insetos sociais, devido ao grande número de indivíduos que vivem juntos em uma colônia. As formigas são conhecidas por terem desenvolvido uma surpreendente variedade de mecanismos defensivos, utilizados

em diversas situações. Esta variedade é resultado de uma importante pressão de seleção exercida por inimigos de todos os tipos (ZARZUELA, 2010).

Schoenian *et al.* (2011), em seus estudos encontraram simbioses microbianas de formigas cortadeiras, principalmente *Pseudonocardia* (Actinomycetales: Pseudonocardiaceae) e *Streptomyces*, que as apoiam na defesa de seus jardins de fungos contra infecções pelo fornecimento de compostos antimicrobianos e antifúngicos.

Em outro estudo, Zucchi, Guidolin e Cônsoli (2011), isolaram um total de 20 estirpes de simbioses microbianas, dos quais 17 foram caracterizados como *Streptomyces* spp., e um isolado de cada como *Pseudonocardia*, *Kitasatospora* (Actinomycetales: Streptomycetaceae) e *Propionicimonas* (Actinomycetales: Propionibacteriaceae).

2.1.4 Comportamento

As formigas cortadeiras não são propriamente vegetarianas como se imagina à primeira vista, isto é, elas não comem as folhas e outros materiais após o corte, pelo menos não diretamente (JURUENA, 1980 apud SOUSA, 1996; SOUSA, 2012). Elas se alimentam, preferencialmente, de fungos que se desenvolvem nutridos pelos vegetais picados dentro do formigueiro (SOUSA, 1996). As folhas são cortadas em pedaços minúsculos e empilhadas, formando uma massa esponjosa com a aparência de mofo e bolor, de cor branco-acinzentada, que produz minúsculos cogumelos que garantem a alimentação da colônia, especialmente nas primeiras fases de desenvolvimento dos indivíduos. Estes jardins de fungos são encontrados ocupando a maior parte das painéis dos formigueiros, cada espécie com seu arranjo característico (JACCOUD, 2005).

Este fungo produz carboidratos e os gongilídios (estruturas especializadas das hifas, ricas em proteínas), que são preferencialmente utilizados pelas formigas para a sua alimentação e de suas larvas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; WEBER, 1972). O fungo simbiote não é, porém, o único alimento ingerido pelas operárias das formigas cortadeiras. Durante o processo de corte das folhas e o preparo do substrato vegetal para a incorporação ao fungo, as operárias ingerem também a seiva da planta (LITTLEDYKE; CHERRETT, 1976). Estima-se que as operárias obtêm aproximadamente 91% de suas necessidades nutricionais a partir da seiva

das plantas (BASS; CHERRETT, 1995).

As saúvas e quem-quens normalmente são ativas durante a noite, mas o trabalho de corte e transporte das folhas pode ser feito de dia se o local for sombreado, como em áreas de florestas. No Sul e Sudeste, em épocas de frio, as formigas cortadeiras são mais ativas durante o dia (OSTERROHT, 2005). Em experimento de campo, Nickele (2013), observou que *Acromyrmex* sp. não apresentou forrageamento em temperaturas abaixo de 10-11 °C e umidade relativa do ar abaixo de 40%.

Uma colônia de formiga cortadeira pode migrar após sofrer algum tipo de perturbação, como a intoxicação com iscas formicidas, enchentes, escassez de recursos para o forrageamento e interações competitivas intra e interespecíficas (NICKELE; PIE; REIS FILHO, 2012).

A migração de colônias de *A. crassispinus* é muito comum após a revoada (NICKELE et al., 2009), porque supõe-se que seja mais vantajoso a essa espécie de formiga construir um novo formigueiro do que reformar o antigo, já que *A. crassispinus* constrói ninhos superficiais e com uma única câmara situada em uma escavação rasa (NICKELE, 2013).

A maioria das espécies de formigas cortadeiras faz trilhas externas ou carreiros superficiais, podendo chegar até 70 m de extensão para algumas espécies de saúvas (PEREIRA, 2007), sendo que a largura pode variar de alguns poucos centímetros até vinte centímetros. As quem-quens fazem suas trilhas mais estreitas e não tão compridas (OSTERROHT, 2005).

As trilhas de forrageio também formam parte da estrutura dos ninhos. Nestes caminhos, tem lugar o trânsito organizado das operárias para forragear, explorar e para garantir a limpeza destas trilhas (PERDOMO, 2008). As cortadeiras formam os caminhos bem limpos e delimitados, cortando a vegetação mais rasteira ou abrindo túneis sob as plantas rasteiras e ervas, por onde transitam com cargas às vezes bem acima do seu próprio peso. As saúvas e quem-quens andam dezenas ou centenas de metros por sistemas de trilhas e ramais, o que permite a uma colônia realizar o trabalho de corte num raio de 500 m e manter a superioridade sobre outras cortadeiras. As trilhas são conservadas transitáveis somente enquanto há atividade de corte na sua direção, podendo ser abandonadas por grandes períodos e posteriormente reabertas para novo ciclo de forrageamento (JACCOUD, 2000).

As trilhas são marcadas com substâncias químicas, os feromônios,

produzidas pelas próprias formigas que servem para orientar as demais operárias até a fonte de alimento. O processo de forrageamento ocorre da seguinte forma: as operárias saem da colônia, chegam ao local de corte, sobem na planta, cortam um pedaço de folha, carregam-no para baixo e transportam-no até o ninho. As folhas que cortam e transportam para o interior do formigueiro são utilizadas como substrato para cultivarem o fungo da espécie *L. gongylophorus*, que será seu alimento. No interior do ninho, 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 painéis de fungo da colônia, não sendo observada distribuição setorial nas colônias de saúvas. Estudos minuciosos sobre os fungos cultivados pelas formigas cortadeiras relatam que estes necessitam de substrato de origem vegetal para o seu desenvolvimento, sendo a celulose a sua principal fonte de carbono (PEREIRA, 2007; JURUENA, 1980 apud SOUSA, 1996; SOUSA, 2012).

Um fenômeno interessante que ocorre durante o forrageamento das formigas cortadeiras é a rejeição latente, em que um determinado vegetal é aceito inicialmente, porém algumas horas após o início da coleta, o material vegetal é rejeitado e a colônia continua rejeitando a planta por semanas ou meses (HERZ; HÖLLDOBLER; ROCES, 2008; RIDLEY; HOWSE; JACKSON, 1996; SAVERSCHEK et al., 2010).

As formigas aprendem a rejeitar o material vegetal que contém substâncias químicas prejudiciais para o fungo ou para as formigas. Supõe-se que se o substrato causa efeito tóxico ao fungo, este produz um sinal químico que faz com que as operárias parem de coletar o material (RIDLEY; HOWSE; JACKSON, 1996). O sinal produzido pelo fungo não afeta diretamente as operárias que estão forrageando, mas sim, aquelas operárias que estão em contato com o fungo, sugerindo que a informação é transferida pelas operárias que cultivam o fungo para as operárias que forrageiam (NORTH; JACKSON; HOWSE, 1999).

2.1.5 Trofalaxia

Em muitas espécies de formigas, substâncias que participam do reconhecimento de companheiros de ninho são adquiridas através de trofalaxia

(MOREIRA et al., 2007). O termo trofalaxia é proveniente de duas palavras gregas, “*trophos*”, que significa alimento, e “*laxis*”, troca, ou seja, troca de alimento (MOREIRA, 2007).

As substâncias de reconhecimento são produzidas por glândulas e podem ser espalhadas no corpo das formigas com a atividade de lambedura (*grooming*), que faz parte do processo de trofalaxia (MARINHO; DELLA LUCIA; PICANÇO, 2006).

A transmissão de alimentos também se faz pelo processo de trofalaxia, onde ocorre a troca de conteúdo bucal como alimentos, secreções glandulares, água, etc., entre os indivíduos da colônia (PICANÇO, 2010).

Durante esse processo as operárias repassam junto ao alimento compostos sintetizados pelo próprio inseto, que ficam estocados na glândula pós-faringeana. Durante o *grooming*, essas substâncias são espalhadas sobre a superfície do corpo das formigas adquirindo desta forma o odor da colônia (MOREIRA et al., 2007).

Conseqüentemente, um indivíduo que entre em contato com alguma substância estranha e tóxica às formigas e à colônia, irá ser discriminado rapidamente pelas operárias e poderá desencadear numa mudança comportamental na colônia. Essa capacidade refinada de detectar essas substâncias estranhas e tóxicas e rapidamente transmiti-las para toda a colônia pode ser uma barreira na utilização de novas moléculas para o controle, pois esse material poderá ser rejeitado em contato posterior (MARINHO; DELLA LUCIA; PICANÇO, 2006).

A trofalaxia, além de ser uma troca nutricional, é também um importante meio de transmissão de patógenos em insetos sociais e uma forma de comunicação, realizada com a função de proteger o ninho. Esta comunicação ocorre através da “antenação”, realizada durante o contato das antenas das formigas (MOREIRA, 2007).

Os contatos antenais entre as companheiras de ninho podem auxiliar, por exemplo, na escolha do braço da bifurcação da trilha que a operária irá selecionar (GORDON, 2012) uma vez que os encontros de frente entre as operárias que caminham em direções opostas são muito comuns nas trilhas de formigas cortadeiras (NICKELE, 2013). Estes encontros envolvem antenação entre as operárias, ou entre a operária que sai do ninho e o fragmento de folha transportado por uma operária que retorna ao ninho. O contato entre as operárias e a concentração de feromônios de trilha são maiores quando o fluxo de formigas na

trilha é alto (NICKELE, 2013) e a informação sobre a vegetação a ser coletada é transferida nestes encontros, uma vez que as preferências das operárias que saem do ninho podem ser condicionadas com base nos recursos que elas encontram ao longo da trilha (HOWARD et al., 1996).

A capacidade das formigas cortadeiras de reconhecerem suas companheiras de ninho, proporcionada pela trofalaxia, também é uma característica importante, pois a presença de um intruso na colônia seria rapidamente transmitida para outras companheiras, o que eleva o potencial de defesa da colônia (MARINHO; DELLA LUCIA; PIKANÇO, 2006).

Entretanto, o conhecimento sobre a trofalaxia nas *Attini* ainda carece de estudos mais aprofundados. Moreira, em dois estudos (2007) cita informações contraditórias em relação a esta questão.

Em um de seus estudos, Moreira (2007) relata que, apesar de muitas espécies de formigas trocarem alimento via trofalaxia, entretanto, não existem estudos que descrevam este comportamento em formigas cortadeiras (*Atta* spp. e *Acromyrmex* spp.) e nas *Attini* em geral, apesar de pesquisas com espécies desses gêneros já terem sido realizadas, principalmente sobre suas interações sociais complexas e a relação simbiótica com pelo menos dois microrganismos. O fato de a trofalaxia em *Attini* ser citada em alguns trabalhos, todavia não ter sido constatada e descrita nem demonstrada cientificamente em nenhum estudo, gera muitas controvérsias, e continua sendo um comportamento que necessita de esclarecimentos. O papel da trofalaxia na nutrição da colônia pode ser menos importante do que se acreditava inicialmente, e sua função principal pode estar no reconhecimento das companheiras de ninho e na coesão da colônia.

Já em outro estudo, Moreira et al. (2007, p. 404) relatam que “verificou-se que a trofalaxia é um fenômeno que ocorre entre as *Attini*. Este comportamento foi verificado, em frequência de ocorrência variada entre as espécies, o que é descrito como frequente em insetos sociais”.

Além do seu papel na troca nutricional e na comunicação realizada com a função de proteger o ninho, é provável que a trofalaxia seja a principal responsável na disseminação entre a microfauna associada, como as bactérias simbiontes *Pseudonocardia* e *Streptomyces*, entre as companheiras da colônia, cumprindo assim, a sua função na defesa do formigueiro.

2.1.6 Danos ao setor florestal

Consideradas insetos formidáveis pela eficiência no corte e transporte de folhas, as formigas cortadeiras (*Atta* e *Acromyrmex*) são herbívoros dominantes na região Neotropical e pragas severas quando atacam plantas cultivadas, pois utilizam essencialmente substratos vegetais frescos para o cultivo do fungo do qual se alimentam. Destacam-se como formigas de importância econômica, pois são nocivas ao sistema agroflorestal, já que podem cortar e utilizar ampla diversidade de espécies vegetais que são cultivadas pelo homem (DELLA LUCIA, 2011).

Definidas como os insetos que maiores danos causam à atividade agroflorestal, as formigas cortadeiras são apontadas como a pior praga das florestas implantadas e responsáveis por significativas perdas, ou mesmo por um investimento para seu controle que pode chegar a 30% do custo da floresta no final do terceiro ciclo (MENDES FILHO, 1981 apud SOUSA, 1996; SOUSA, 2012), representando mais de 75% dos custos e do tempo gasto no controle de pragas florestais (ZANETTI, 2012).

As formigas cortadeiras podem causar a desfolha total, tanto de mudas como de plantas adultas. No entanto, a idade das plantas pode influenciar na vulnerabilidade da floresta aos prejuízos causados por formigas. Os danos são maiores em mudas recém-plantadas e em plantas jovens, sendo que na fase inicial do plantio, as perdas por esses insetos podem ser irreversíveis, pela fragilidade das mudas (CHERRETT, 1986; DELLA LUCIA, 2011; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; VASCONCELOS; CHERRET, 1997).

Assim, um controle efetivo deve ser efetuado para garantir a produtividade das culturas. As cortadeiras ocorrem durante o ano todo e atacam plantas de todas as idades, por essa razão as formigas cortadeiras têm sido alvo de diversas pesquisas para o desenvolvimento de metodologias de controle (MARINHO; DELLA LUCIA; PIKANÇO, 2006).

Entre as formigas, aquelas que causam maiores danos são as do gênero *Acromyrmex*. Esta situação se deve ao controle sistemático dado às formigas do gênero *Atta*, com métodos de controle mais definidos e eficientes; ao menor número de espécies do gênero *Atta* de importância florestal o que propiciou maiores estudos; e aos ninhos de *Atta* serem mais evidentes (PEREIRA, 2007; PACHECO; BERTI FILHO, 1987 apud UKAN, 2008).

As quem-quens provocam danos a uma variedade ampla de plantas, como pinheiros, gramíneas e dicotiledôneas. Constituem-se em importantes pragas nos reflorestamentos e são consideradas problema na fase inicial da floresta, desfolhando mudas novas e a brotação dos eucaliptos. Podem desfolhar também árvores adultas de eucalipto e as perdas podem atingir 50% do povoamento. Árvores de eucalipto morrem após 3 desfolhas consecutivas causadas por saúvas e a perda de cepos de eucalipto pode atingir 30% em áreas com alta infestação de colônias de quem-quens. Outros dados mostram que um formigueiro adulto por hectare pode desfolhar cerca de 80 árvores de eucalipto em um ano, consumindo cerca de 1 tonelada de folhas (PEREIRA, 2007; SIMÕES, 1989).

De acordo com Moreira (2007), espécies de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* causam severos prejuízos aos setores agrícola e florestal dos países latino-americanos. Entretanto, é difícil quantificar os danos provocados por espécies deste gênero, devido à escassez de informações técnico-científicas quanto ao forrageamento, raio de ação, densidade de ninhos, comportamento, dentre outros importantes aspectos.

Segundo Oliveira (2006, citando ANJOS et al., 1998), o desfolhamento provocado pelas formigas causa prejuízos de 13% das colheitas e em ecossistemas tropicais as formigas cortadeiras consomem cerca de 15% da produção florestal; enquanto Zanetti (2012) cita que as formigas cortadeiras são consideradas as principais pragas de reflorestamentos no Brasil.

Picanço (2010), afirma que um sauveiro adulto provoca a perda de 3,6 toneladas de cana-de-açúcar/ha/ano, significando aproximadamente 450 kg de açúcar ou 300 litros de álcool perdidos. Em infestações maiores, consomem mais de 10 toneladas/ha/ano, o que corresponde a prejuízos de US\$ 630 milhões/ano. Danificando e destruindo toletes, gemas, raízes, colmos e touceiras, provocam antecipação da reforma do quinto para o terceiro corte. Em pastagens, 10 sauveiros adultos/ha, chegam a cortar 25 kg de forragem/dia, reduzindo a capacidade suporte em pelo menos 1,23 cabeças/ha. Proporcionam em torno de 7% de perda de área devido aos montes de terra solta, maior desenvolvimento de plantas daninhas e facilitam o processo de erosão. Em pomares, as árvores em formação podem ter suas folhas totalmente cortadas durante uma noite.

Quanto às formigas do gênero *Acromyrmex*, estas, em algumas regiões do Brasil chegam a ser um problema maior do que as próprias saúvas. Algumas

citações relatam que este gênero tem sido uma ameaça para a produtividade florestal, afetando principalmente mudas e brotações, podendo ocasionar danos em árvores adultas (PEREIRA, 2007).

É importante salientar, porém, que a retirada de solo pelas operárias de formigas cortadeiras para a construção ou ampliação de câmaras no subsolo, associada ao forrageio de vegetais para o cultivo de seu fungo simbiote, são fatores importantes na ciclagem de nutrientes, trazendo elementos minerais para a superfície e carregando matéria orgânica para o interior do solo, estando envolvidas também, direta ou indiretamente, em outros processos ecológicos chave, como, por exemplo, fluxo de energia. Os estudos sobre o comportamento de formigas nos diversos ambientes naturais ou modificados pelo homem têm demonstrado a importância destes organismos nos ecossistemas e a necessidade do conhecimento da bioecologia das formigas e seu relacionamento com a vegetação local (LINK, 2005).

Apesar da condição de praga de algumas espécies de formigas cortadeiras em plantios agrícolas e florestais, estas formigas podem trazer benefícios em determinadas situações ou ambientes, como na dispersão e predação de sementes, por exemplo (GULLAN; CRANSTON, 2008; PIKART et al., 2010). A dispersão de sementes pode ocorrer quando elas são acidentalmente perdidas no transporte ou quando os depósitos de sementes são abandonados pelas formigas (GULLAN; CRANSTON, 2008).

As formigas cortadeiras coletam grande quantidade de material vegetal que serve como substrato para o crescimento do fungo que é utilizado para a sua alimentação. O material resultante da decomposição pelo fungo, as formigas mortas e as partículas de solo são removidos do jardim de fungo para as câmaras de lixo. Os solos das câmaras de lixo são mais ricos em carbono orgânico e outros nutrientes do que os solos adjacentes (FARJI-BRENER; GHERMANDI, 2008).

Desse modo, as formigas cortadeiras podem ter impactos positivos sobre a estrutura química e física do solo e potencialmente beneficiar a vegetação, favorecendo o seu crescimento, pois em áreas com ninhos, o solo é menos resistente à penetração das raízes e a matéria orgânica presente nas câmaras de lixo favorece o aumento na fertilidade do solo. Determinadas espécies de plantas são mais abundantes e vigorosas quando se desenvolvem próximo às câmaras de

lixo de formigas cortadeiras (FARJI-BRENER; GHERMANDI, 2008; MOUTINHO; NEPSTAD; DAVIDSON, 2003).

As formigas cortadeiras do gênero *Atta* podem ser consideradas como engenheiras de ecossistemas. Um estudo na Mata Atlântica no Nordeste brasileiro mostrou que nas áreas de forrageamento destas formigas, a quantidade de luz que chega ao sub-bosque é maior do que em áreas em que não há atividade, indicando o potencial de influenciar a regeneração de plantas em sistemas tropicais (MEYER et al., 2011).

As áreas dos ninhos diferenciam-se de áreas sem ninho, tanto em relação ao seu microclima (luminosidade, temperatura e umidade do solo), com relação à composição do solo (conteúdo de carbono, nitrogênio, hidrogênio e capacidade de troca de cátions) e quanto à comunidade de plantas regenerantes, onde a densidade das mudas quase triplicou e a sua riqueza duplicou com o avanço da distância das colônias. Estas mudanças não se aplicam apenas à área do ninho, mas se expandem para a área de entorno, indicando que até 6% da floresta estariam sendo modificados pela atividade das formigas cortadeiras (MEYER et al., 2011).

Atualmente tem havido uma tendência de considerar as formigas cortadeiras como “não pragas” ou até mesmo como benéficas em ambientes naturais, ao promoverem a reciclagem do solo e modificarem as características das comunidades vegetais onde se encontram as colônias (LOPES, 2005).

2.1.7 Controle atual de formigas

As formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* são consideradas pragas de grande importância nas regiões tropicais das Américas. A capacidade de colonização e forrageamento dessas formigas, aliadas, principalmente, aos ambientes que sofreram desequilíbrio ecológico provocado pelo desmatamento e implantações de monoculturas propiciam condições ideais para o estabelecimento e a proliferação das colônias, favorecendo também o aumento da densidade populacional (OLIVEIRA, 2006).

O manejo adequado das formigas cortadeiras é fundamental para o sucesso no estabelecimento de florestas comerciais de pínus e eucalipto. Dependendo das características regionais e da espécie plantada, o manejo dessas pragas também é

imprescindível para evitar perdas de produtividade em plantios já estabelecidos (LARANJEIRO; LOUZADA, 2000).

Em grandes áreas cobertas por monoculturas deve haver um monitoramento rigoroso e constante da população de formigas cortadeiras, pois o conhecimento da densidade e tamanho dos ninhos nestas áreas resultará em economia de insumos, mão de obra e preservação ambiental. Vale salientar que é possível conviver com alguns níveis de infestação em florestas plantadas se o sub-bosque for mantido, porque, muitas vezes, as formigas cortadeiras atacam a espécie de interesse econômico pela falta de outros recursos vegetais. Assim, se a vegetação nativa entre as linhas de plantio for mantida, as formigas terão alternativas de recursos para o forrageamento (NICKELE, 2013).

Os inseticidas organoclorados (dodecacloro, aldrin, etc.) foram muito utilizados para o controle de formigas cortadeiras, no entanto foram proibidos por lei devido aos efeitos tóxicos e poluentes que causam ao ambiente (persistência no solo) e aos animais. Desde a proibição de importação dos princípios ativos e do uso desses produtos, houve uma busca intensa de novos compostos para o controle desses insetos e uma crescente preocupação no sentido de investigar inseticidas mais seletivos e menos agressivos ao ambiente, além de outras alternativas de controle (PEREIRA, 2007).

O controle de formigas cortadeiras envolve custos com produtos químicos, mão de obra para aplicação e monitoramento (ZANUNCIO; LARANJEIRO; SOUZA, 1996). Devido aos danos econômicos causados, elas são alvo de diferentes estratégias, táticas de manejo e métodos de controle (OLIVEIRA, 2006), sendo que os principais métodos de controle utilizados no seu combate são (ZANETTI et al., 2002):

- Mecânico: escavar o formigueiro e matar a rainha; usar barreiras para proteger a copa das árvores;
- Cultural: aração e gradagem; cultura armadilha;
- Biológico: aves; tatus; vegetação nativa;
- Químico: isca granulada; termonebulização; pó seco; etc.

Os métodos de controle mecânico, cultural e biológico são bem pouco utilizados atualmente, uma vez que o método químico é mais eficiente em relação a estes. Os métodos mecânico, cultural ou biológico são utilizados principalmente no controle de saúvas, quando não é utilizado o método químico.

O controle mecânico manual praticamente não é utilizado, em virtude de ser de viabilidade restrita a pequenas áreas e ninhos com até 4 meses de idade, quando a rainha se encontra a até 20 cm de profundidade, além do custo da mão de obra (BOARETTO; FORTI, 1997; OLIVEIRA, 2006; ZANETTI et al., 2002). O controle físico consiste em utilizar obstáculos para evitar que as formigas cortadeiras alcancem as folhagens das árvores. Esse método é recomendado apenas para árvores isoladas, canteiros, pequenos viveiros, pequenos reflorestamentos, áreas experimentais e áreas urbanas (OLIVEIRA, 2006). Podem ser utilizados cones plásticos invertidos nos troncos das árvores, tiras plásticas cobertas com graxa ou vaselina; tiras de papel alumínio ou de plástico metalizado fixadas ao redor do tronco das árvores; gel adesivo ao redor do tronco, etc.; estas medidas são eficientes contra as formigas cortadeiras, porém, devem ser realizadas vistorias e reparos constantes para prolongar a proteção às árvores (ZANETTI et al., 2002).

O controle cultural consiste na aração e gradagem (PEREIRA, 2007), que muitas vezes podem matar a rainha em formigueiros que estejam localizados a aproximadamente 20 cm de profundidade do solo (OLIVEIRA, 2006) e com isso eliminar o formigueiro. No entanto, a técnica não é suficiente para evitar danos significativos em pastagens altamente infestadas. O controle cultural pode ser visto como uma técnica secundária de eliminação de formigueiros iniciais (PEREIRA, 2007). Outra possibilidade do controle cultural é através de plantas introduzidas com a cultura principal, como o gergelim, capim braquiarião, mamona ou batata-doce, plantadas nas bordas da cultura principal, que servem como alimento alternativo ou mesmo como cultura armadilha, capaz de produzir efeito tóxico ou repelente para as formigas cortadeiras (ZANETTI et al., 2002).

O controle biológico compreende a utilização dos inimigos naturais das formigas cortadeiras, visando o seu controle. Esse método ocorre normalmente através da conservação e adequação do ambiente natural às necessidades dos inimigos naturais ou através da introdução de organismos que possam competir por fatores importantes às formigas. Dentre os inimigos naturais encontram-se aranhas, pássaros, ácaros, parasitoides, microrganismos (bactérias, fungos e vírus), outras espécies de formigas e besouros (OLIVEIRA, 2006). O controle biológico certamente é uma área promissora de pesquisa, mas há a necessidade de conhecimentos biológicos básicos para que esta estratégia de controle para formigas cortadeiras possa ser de fato aplicada (BOARETTO; FORTI, 1997).

O controle químico, através da utilização de pós-secos, líquidos ou líquidos nebulizáveis (através da termonebulização) e principalmente iscas granuladas é a tática mais empregada atualmente no controle de formigas cortadeiras, sendo o produto químico tóxico aplicado diretamente nos ninhos (nas formulações pó, líquida ou líquidos nebulizáveis), ou aplicado nas proximidades das colônias (na forma de iscas granuladas). O emprego de iscas granuladas, principalmente através de porta-iscas (PI) e micro-porta-iscas (MIPI) é considerado o método mais eficiente, prático e econômico de controle de formigas cortadeiras. As iscas granuladas oferecem maior segurança ao operador, dispensam mão de obra e equipamentos especializados e permitem o tratamento de formigueiros em locais de difícil acesso (BOARETTO; FORTI, 1997; PEREIRA, 2007; SOUSA, 1996; UKAN, 2008; ZANETTI et al., 2002).

Questões econômicas e ambientais têm obrigado as empresas agrícolas e florestais a melhorarem o rendimento das técnicas de controle químico e incentivado a experimentação de novas tecnologias e de novos princípios ativos para o controle de formigas cortadeiras. Alguns métodos alternativos de controle têm sido mencionados, como o controle cultural, controle mecânico, controle biológico, uso de plantas resistentes ou tóxicas e o uso de feromônios, porém, até o momento, o controle químico ainda é o único com tecnologia disponível para uso em grande escala (ARAÚJO; DELLA LUCIA; SOUZA, 2003). No entanto, estes produtos sintéticos causam sérios problemas ambientais, pois são tóxicos a animais não alvos e persistem nos processos ecológicos (YING; KOOKANA, 2006).

A adoção de métodos de controle mais específicos e efetivos para as formigas cortadeiras, que reduzam o impacto ambiental, deve ser intensificada a fim de reduzir ao máximo o uso de produtos químicos tradicionais. O controle biológico, o uso de plantas resistentes, o uso de extratos vegetais e o uso de feromônios são estratégias promissoras ao controle de formigas cortadeiras, porém, até o momento não são aplicáveis, pois necessitam de maiores pesquisas, tanto em nível de campo, como de laboratório, porque a maioria dos experimentos foi realizada somente em condições laboratoriais (NICKELE, 2013).

2.1.7.1 Iscas formicidas e tipos de porta-iscas

Um dos principais problemas para o controle das formigas cortadeiras (*Atta* spp. e *Acromyrmex* spp.) em florestas implantadas é a localização dos formigueiros

em estágios iniciais de desenvolvimento, para que sejam seguramente exterminados. Dentre os métodos existentes para o controle de formigas cortadeiras, as iscas granuladas têm sido preferidas por sua facilidade de aplicação, dispensando o uso de equipamentos onerosos (ALMEIDA; ALVES, 1982; ZANUNCIO et al., 1992).

As iscas granuladas apresentam a forma de "*pellets*" e são compostas por um substrato atrativo em mistura com um princípio ativo tóxico. O inseticida geralmente é dissolvido em óleo de soja refinado e posteriormente incorporado ao substrato. A polpa cítrica desidratada, particularmente aquela derivada da laranja é um substrato atrativo, efetivo e amplamente utilizado, pois exerce grande atratividade às formigas. O inseticida formulado em isca tóxica deve agir por ingestão e apresentar algumas características particulares, dentre elas a ação tóxica retardada, com mortalidade menor que 15% após o primeiro dia e maior que 85% após o décimo quarto dia a partir do oferecimento das iscas; deve ser letal em baixas concentrações; e não causar danos ambientais; o inseticida deve ser inodoro e não repelente (PEREIRA, 2007).

As iscas formicidas são citadas como o método mais eficiente, econômico e seguro para o homem no controle de formigas cortadeiras em áreas florestais, sendo que, o método tradicional de aplicação de iscas, que consiste na distribuição de iscas a granel nos formigueiros, apresenta alguns inconvenientes, tais como a impossibilidade de trabalhar em todos os dias do ano, devido às chuvas, dificultando o planejamento das operações e de outras atividades interdependentes; a perda de material e horas trabalhadas devido às chuvas imprevisíveis e à umidade do ambiente; o elevado custo da aplicação das iscas; a intoxicação de animais silvestres ou domésticos, causando impacto negativo na mirmecofauna não alvo; a necessidade de eliminação do sub-bosque para localizar os formigueiros, implicando em dispêndio de recursos e em redução da diversidade biológica do ambiente (BOARETTO; FORTI, 1997; CORASSA et al., 2013; LARANJEIRO; LOUZADA, 2000; PEREIRA, 2007; SOUSA, 1996; UKAN, 2008; ZANETTI et al., 2002).

Entretanto, mesmo com estes inconvenientes, as iscas ainda representam o melhor método para o controle de formigas cortadeiras. Desta forma, foi desenvolvido um sistema de distribuição das iscas no campo, facilitando bastante o seu emprego e reduzindo os inconvenientes do seu uso, que é a utilização de porta-iscas (SOUSA, 2012).

Um porta-isca deve atender aos seguintes requisitos: comportar uma quantidade relativamente grande de isca; proteger as iscas contra a chuva, umidade e animais silvestres; permitir uma ventilação eficiente, para que não ocorra condensação de vapor de água e permita a liberação do odor da isca para a atratividade; evitar o aquecimento interno, que seria prejudicial à isca; possibilitar o controle preventivo e intensivo dos formigueiros, mesmo que sejam de difícil localização (SOUSA, 2012).

Os porta-isca compreendem recipientes de polietileno com capacidade para acondicionar de 5 a 60 g de isca, sendo aqueles com 5 ou 10g, denominados micro-porta-isca (MIPI), conforme Boaretto e Forti (1997). Existem dois tipos de porta-isca, o convencional e o micro-porta-isca (MIPI), segundo Sousa (1996) e Boaretto e Forti (1997).

O porta-isca convencional consiste de copos de papel parafinado externamente, de formato cônico, com dimensões de 6,0 cm de diâmetro da base, 6,0 cm de altura e 7,0 cm de diâmetro da boca. Possui 6 orifícios laterais equidistantes de um centímetro de diâmetro, sendo a isca dispensada dentro do copo que é posteriormente tampado (SOUSA, 2012).

O MIPI é um saquinho plástico, que contém em seu interior determinada quantidade de isca formicida, com as dimensões de 6 x 8 cm, com espessura de 0,06 mm, na cor juta, que permite que o saquinho confunda-se com as folhas que estão no solo. A dosagem de isca normalmente utilizada é de 10 gramas por recipiente plástico, com preferência para a micro-isca granulada, para facilitar o controle de quem-quens (PARMA, 1986, apud SOUSA, 1996; PARMA, 1986, apud UKAN, 2008).

“O controle de formigas cortadeiras tem sido estabelecido de maneira padronizada na maioria dos plantios brasileiros, não levando em consideração as particularidades da região (Bioma, clima, sítio, espécie vegetal cultivada, etc.), as espécies de formigas, nem os níveis de infestação” (NICKELE, 2013, p. 52).

“Se o controle fosse baseado em estimativas corretas de dano em cada região, poderia ocorrer a diminuição do uso de iscas e como consequências gastos consideráveis e efeitos maléficos do uso de inseticidas ao ambiente seriam evitados” (NICKELE, 2013, p. 52).

2.1.7.2 Princípios ativos

Existem vários princípios ativos para combate às formigas que são incorporados às iscas formicidas, sendo que os dois principais princípios ativos são a sulfluramida e o fenil fipronil, também conhecido como fipronil (PEREIRA, 2007; ZANETTI et al., 2003), considerados como princípios ativos de segunda geração, em alusão à substituição dos inseticidas à base de aldrim e dodecacloro, que tiveram o registro, a produção, a importação, a exportação, a comercialização e a utilização proibidos em todo o território nacional desde 01/05/1993, por serem persistentes no ambiente e cumulativos na cadeia alimentar, podendo apresentar problemas como contaminação de animais domésticos, selvagens e aquáticos (PEREIRA, 2007; ZANUNCIO et al., 1992, apud UKAN, 2008).

Na tabela 1, as principais marcas comerciais das iscas formicidas granuladas, suas dosagens de aplicação e os dois princípios ativos já citados.

TABELA 1 - Formicida isca granulada, com o respectivo ingrediente ativo, nome comercial, dose e classe toxicológica (S = Saúva; Q = Quem-quem)

Ingrediente ativo	Nome comercial	Dose	Classe toxicológica
Sulfluramida	Mirex-S. Dinagro-S.	S=8-10g/m ² formigueiro Q=10-12g/formigueiro	IV
	Fluramim	S=6-10g/m ² formigueiro Q=10-30g/formigueiro	
	Formicida Gran.Dinagro-S	S=6-10g/m ² formigueiro	
	Formicida Gran.Pikapau-S	S=6-10g/m ² formigueiro	
	Isca Formicida Atta Mex-S	S=6-10g/m ² formigueiro	
	Isca Tamanduá Bandeira-S	S=6-10g/m ² formigueiro	
Fipronil	Blitz	S=10g/m ² formigueiro Q=5g/ formigueiro.	IV

Fonte: Adaptado de Boaretto e Forti (1997)

Estudos apontam, porém, que tanto a sulfluramida, quanto o fipronil, assim como a deltametrina, outro princípio ativo utilizado no controle de formigas cortadeiras, não são específicos e podem causar efeitos tóxicos indesejáveis para as espécies não-alvo, como mamíferos, aves, répteis e anfíbios. Além disso, podem poluir o solo e as fontes de água (YING; KOOKANA, 2006).

A sulfluramida atua no organismo no processo de fosforilação oxidativa, em nível mitocondrial, interrompendo a produção de ATP. Nas colônias, as iscas a base

de sulfluramida, são transportadas e distribuídas uniformemente, atingindo as câmaras de fungo, onde os *pellets* são hidratados pelas operárias, fragmentados e, finalmente, incorporados. A incorporação dos fragmentos ao jardim de fungo ocorre num período de seis a dezoito horas após a oferta das iscas. Nos processos de limpeza, hidratação e incorporação dos *pellets*, 50% a 70% das operárias tornam-se contaminadas. Decorrido três dias, a atividade forrageira cessa, ocorrendo grande mortalidade de operárias mínimas e generalistas. Após o quarto dia, constata-se desorganização da colônia, embora a rainha possa sobreviver até 40 dias (BOARETTO; FORTI, 1997).

O inseticida fipronil, um fenil-pirazol, que atua no sistema nervoso central, especificamente no sistema GABA (ácido gama-aminobutírico) apresenta-se ativo principalmente por ingestão (PEREIRA, 2007), merecendo destaque pelas boas qualidades formicidas (BOARETTO; FORTI, 1997).

As empresas continuam realizando altos investimentos na busca de produtos de eficiência comparável à sulfluramida, testando produtos de diferentes grupos químicos, incluindo fosforados, carbamatos e piretróides, substâncias reguladoras de crescimento, inibidores de reprodução, etc. Dentre os reguladores de crescimento, o diflubenzuron é considerado formicida e fungicida eficiente para controle de formigas cortadeiras (BOARETTO; FORTI, 1997; PEREIRA, 2007).

2.1.8 Controles alternativos

Os avanços científicos e as inovações tecnológicas da agricultura, como o uso de fertilizantes e agrotóxicos, têm melhorado a produtividade da agricultura, mas com um modelo dependente de insumos externos e insustentável a longo prazo (GLIESSMAN, 2000).

Com a finalidade de reduzir os prejuízos ocasionados pelas formigas cortadeiras ao setor florestal e às diversas culturas, o homem tem procurado as mais diversas formas de controle, desde métodos caseiros até o uso de técnicas avançadas (SOUZA; PERES FILHO; DORVAL, 2011) como alternativa ao uso intensivo de agrotóxicos.

O desenvolvimento de tecnologias alternativas ao uso exclusivo de agrotóxicos para o controle de pragas e doenças é um dos grandes desafios da agricultura sustentável. Para que sejam adotadas, tais tecnologias devem ter

vantagens econômicas, ambientais e sociais (VENZON; PAULA JR.; PALLINI, 2006). A utilização intensiva e sem critérios de inseticidas pode ocasionar impactos ambientais, como a eliminação da fauna benéfica, ressurgência de pragas, poluição ambiental e intoxicação crônica e aguda do homem (GALLO et al., 2002).

Há diversas formas de controle alternativo de formigas cortadeiras, em substituição aos controles tradicionais, em especial ao controle químico. Entre elas, há o controle homeopático (ARAÚJO CÂMARA, 2005; ARENALES, 2005), o manejo do habitat para a conservação dos inimigos naturais das pragas (SILVEIRA, 2012), e o controle biológico, que é um fenômeno natural que consiste na regulação do número de plantas e animais por inimigos naturais, os quais se constituem nos agentes de mortalidade biótica. Assim, todas as espécies de plantas e animais têm inimigos naturais atacando seus vários estágios de vida (PARRA et al., 2002).

Inseticidas químicos são a principal, com frequência a única, tática de controle de formigas cortadeiras utilizada atualmente, mas a eficácia desta abordagem é questionável. Além disso, a dependência contínua de controle através do uso de inseticidas leva a danos ambientais e riscos para a saúde humana e animal. O desenvolvimento de táticas de gerenciamento de alternativas para formigas cortadeiras é, assim, uma necessidade justificada e sensata (VALDERRAMA-ESLAVA; MONTOYA-LERMA; GIRALDO, 2009).

A implementação de uma agricultura ecologicamente e energeticamente mais adequada é obrigação e necessidade de todos, pois “não herdamos a terra de nossos pais e sim a emprestamos de nossos filhos” (dito popular africano). Com esta percepção de sustentabilidade e após a constatação de graves problemas de contaminação ambiental causados pela utilização de produtos químicos, os quais foram denunciados principalmente por Raquel Carson (1969) em seu livro *Primavera Silenciosa*, publicado em 1962, é que os estudos de controle de pragas com produtos derivados de plantas foram retomados.

2.2 PLANTAS COM PROPRIEDADES INSETICIDAS

Uma forma de se conseguir o controle das formigas cortadeiras se dá por meio de sua intoxicação ou pela inibição do crescimento de seu fungo simbiote. Com o intuito de obter novos produtos com ação inseticida ou fungicida de origem natural, vários trabalhos com extratos de plantas têm sido realizados, onde são

verificados seus efeitos no desenvolvimento do fungo simbiote e nas formigas. Existem evidências experimentais que os metabólitos secundários, presentes em algumas plantas, podem ser prejudiciais às formigas cortadeiras ou ao seu fungo simbiote (SOUZA; PERES FILHO; DORVAL, 2011).

O uso de plantas tóxicas sobre o fungo que vive em simbiose com as formigas cortadeiras tem sido proposto como um método alternativo de controle (RIBEIRO et al., 1998) e, segundo Cantarelli (2005), é possível obter novas formas de produtos com ação inseticida partindo da extração de compostos originados de metabólitos secundários presentes em algumas plantas. Estudos apontam que a utilização de substâncias tóxicas extraídas de vegetais, poderá apresentar-se futuramente como possibilidade de controle (BUENO et al., 2004; HEBLING et al., 2000; VALDERRAMA-ESLAVA; MONTOYA-LERMA; GIRALDO, 2009).

Atualmente, muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas sobre a exploração de plantas e seus efeitos diversos sobre as pragas no campo, em armazéns e na saúde pública. Na agricultura, o uso de inseticidas botânicos diminui os custos de produção, preserva o ambiente e os alimentos da contaminação química, tornando-se prática adequada à agricultura sustentável e contribuindo para o aprimoramento da qualidade de vida das populações envolvidas (ROEL, 2001).

A utilização de compostos tóxicos de origem vegetal para o controle de pragas não é prática recente e seu uso tem sido bastante comum nos países tropicais desde antes do advento dos inseticidas sintéticos. Entre os primeiros inseticidas botânicos destaca-se a nicotina, extraída do fumo, a piretrina, do piretro e a rotenona, de algumas Fabáceas. Entre as plantas inseticidas, a Meliácea *Azadirachta indica* A. Juss., 1845, conhecida no Brasil por nim, é bastante estudada e considerada muito importante (VENZON; PAULA JR.; PALLINI, 2006).

Os derivados botânicos podem causar diversos efeitos sobre os insetos, tais como repelência, inibição de oviposição e da alimentação, alterações no sistema hormonal, causando distúrbios no desenvolvimento, deformações, infertilidade e mortalidade nas diversas fases. A extensão dos efeitos e o tempo de ação são dependentes da dosagem utilizada, de maneira que a morte ocorre nas dosagens maiores e os efeitos menos intensos e mais duradouros nas dosagens menores. A utilização de doses sub-letais causa redução das populações a longo prazo e necessita de menores quantidade de produtos. As doses letais muitas vezes tornam sua utilização inviável pela grande quantidade necessária (ROEL, 2001).

A eficiência da utilização de qualquer bioinseticida aumenta quando as lavouras são monitoradas regularmente, e o produto é aplicado em populações menores, com indivíduos no início do desenvolvimento. Dependendo da espécie vegetal e do tipo de utilização, os derivados pesticidas podem ser utilizados sob forma pura, em estado de maceramento, em forma de pós ou de extratos (especialmente em soluções aquosas), além de outras formas específicas, condições que facilitam o manuseio e a utilização (ROEL, 2001).

No Brasil há, atualmente, inúmeras pesquisas sobre o potencial fitoinseticida de algumas plantas nativas, sendo que vários autores têm pesquisado diversos derivados de plantas para utilização com finalidade inseticida, entre eles Souza, Peres Filho e Dorval (2011), que analisaram os efeitos dos extratos naturais, à base de folhas de *Agave angustifolia* Haworth, 1812 (agave), *Amburana acreana* (Ducke) A. C. Smith, 1940 (cerejeira), *Annona reticulata* Linnaeus, 1758 (pinha), *A. indica* (nim), *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze, 1898 (jequitibá), *Dipteryx alata* Vogel, 1837 (cumbarú), *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., 1832 (eucalipto), *Hymenaea courbaril* Linnaeus, 1758 (jatobá), *Magonia pubescens* A. St.-Hil., 1824 (timbó) e *Tabebuia vellosi* Toledo, 1952 (ipê-amarelo-liso), sobre *L. gongylophorus*, o fungo simbionte de formigas cortadeiras, obtendo resultados significativos.

Os extratos de *T. vellosi*, *A. indica*, *M. pubescens*, *A. reticulata* e *A. acreana* apresentaram toxicidades ao fungo simbionte, sendo o ipê nos últimos períodos de avaliação, significativamente superior aos demais extratos (SOUZA; PERES FILHO; DORVAL, 2011).

Investigações sobre a utilização de extratos da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* Linnaeus, 1758) na proteção de grãos contra a traça-dos-cereais (*Sitotroga cerealella* Olivier, 1789) obteve resultados promissores. Para o controle do bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843, comprovou-se o potencial dos extratos de *Melia azedarach* Linnaeus, 1758 (cinamomo), *Chenopodium ambrosioides* (erva-de-santa-maria, sinônimo de *Dysphania ambrosioides* [Linnaeus, 1758] Mosyakin & Clemants) e principalmente dos frutos de *P. nigrum* para uso em programas de manejo de populações de insetos. A mamona (*Ricinus communis* Linnaeus, 1758) demonstrou ser eficiente no combate a formigas cortadeiras, assim como o gergelim, conhecido como repelente de formigas cortadeiras, sendo recomendado cultivá-lo como bordadura de plantações que se quer proteger desses insetos. Da mesma maneira, plantas de cravo-de-defuntos (*Tagetes* sp. Linnaeus,

1758) podem ser utilizadas no controle de pulgões, por seu efeito repelente sobre esses insetos (ROEL, 2001).

Biavatti *et al.* (2002, 2005) e Westerlon (2006), em ensaio para avaliação de atividade inseticida sobre *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908, verificaram que o limonóide ácido limonéxico, extraído dos galhos da cutia-de-espinho (*Raulinoa echinata* [Reitz, 1956] R. S. Cowan, 1960), inibiu significativamente a longevidade das formigas (11 dias), quando comparado com o controle (22 dias).

Um dos principais incentivos à busca de novos inseticidas de origem natural tem sido a percepção da opinião pública de que os produtos naturais são mais seguros que os sintéticos. Apesar desta afirmação não ser sempre cientificamente comprovada, o mercado permite preços especiais para produtos certificados (ou chamados) “orgânicos” ou “naturalmente produzidos”. De uma forma geral, os inseticidas naturais não são persistentes, ou seja, degradam-se com maior velocidade que os sintéticos; não deixando resíduos no alimento ou no meio ambiente. A grande variedade de substâncias presentes na natureza continua sendo um enorme atrativo na busca de substâncias para o controle de insetos. Principalmente levando-se em consideração que somente uma pequena parcela dessas plantas foi investigada com esta finalidade (VIEIRA; MAFEZOLI; BIAVATTI, 2001).

Para garantir o sucesso do emprego de inseticidas botânicos, todos os aspectos devem ser considerados, desde o levantamento e as avaliações de espécies silvestres até o mapeamento dos ingredientes ativos e suas concentrações nas diferentes partes vegetais.

2.3 A ESPÉCIE *Drimys angustifolia* MIERS, 1858

Drimys (Canellales: Winteraceae) é o único gênero da família Winteraceae encontrado na América do Sul, ocorrendo no Brasil nas regiões Sul e Sudeste e nos estados da Bahia e Roraima, tanto na Floresta Ombrófila Mista como nas Florestas Estacional Semidecidual e Ombrófila Densa (ABREU *et al.*, 2005; MELLO-SILVA, 2012).

Possui inflorescências cimosas ou cimoso-umbeliformes, terminais ou axilares, ou flores solitárias e terminais, brancas, alvo-amareladas e perfumadas, geralmente regulares, hermafroditas ou algumas vezes unissexuadas. Os frutos são

apocárpicos, com frutículos livres, bacáceos, indeiscentes ou folículos ou ainda frutículos unidos formando uma cápsula multilocular (figura 3). As sementes possuem embrião muito pequeno e endosperma oleoso muito abundante. Em Santa Catarina, floresce de julho a novembro e frutifica de agosto à fevereiro (TRINTA; SANTOS, 1997).

FIGURA 3 - Folhas, frutos e inflorescências de *D. angustifolia*



Fonte: Autor

FIGURA 4 - Copa de árvores de *D. angustifolia* no Morro da Igreja em Urubici, SC



Fonte: Autor

Variam de árvores até arbustos (figura 4), geralmente glabros, exceto nos carpelos, vasos ausentes e lenho formado de traqueídes com pontuações escalariformes. As folhas são alternas ou espiraladas, simples inteiras, de venação pinada, porém, um tanto desorganizadas; estípulas ausentes (JOLY, 2002; TRINTA; SANTOS, 1997).

Anatomicamente a família destaca-se por não possuir elementos de vaso em seu sistema vascular, mas apenas traqueídes, à semelhança das Gimnospermas. O fato das Winteraceae não possuírem elementos de vaso, associado à disposição espiralada das partes florais (à semelhança das Gimnospermas), estames pouco diferenciados em filetes e anteras e gineceu apocárpico, onde as margens de cada carpelo podem ser apenas fracamente soldadas, fez com que diversos autores considerassem esta família entre as Angiospermas mais “primitivas” (portanto, próximas em termos de parentesco às Gimnospermas). Os estudos em filogenia, entretanto, não permitem que isto seja assumido (SOUZA; LORENZI, 2005).

É uma das espécies medicinais conhecida popularmente como casca d’anta, casca de anta ou cataia (WITAIENIS, 2006). As espécies do sul do Brasil também são utilizadas como estimulante, antiespasmódica, aromática, antidiarréica, antifebril, contra hemorragia uterina, em certas afecções do trato digestivo e, algumas vezes no tratamento do câncer e no uso veterinário; na região do Planalto Catarinense, é utilizada como condimento para carnes, transformando suas cascas em pó e utilizando-as como substituto da pimenta-do-reino (MALHEIROS, 2001).

2.3.1 Caracterização taxonômica

No Brasil a família das Winteráceas está representada por um gênero (*Drimys*); três espécies, sendo uma endêmica; e três subespécies, sendo duas endêmicas (MELLO-SILVA, 2012):

- *Drimys angustifolia* Miers, endêmica;
- *Drimys brasiliensis* Miers;
- *Drimys brasiliensis* Miers subsp. *brasiliensis*, endêmica;
- *Drimys brasiliensis* subsp. *subalpina*, endêmica;
- *Drimys brasiliensis* subsp. *sylvatica*; e
- *Drimys roraimensis*.

Com a seguinte classificação científica:

- Reino: Plantae
- Divisão: Magnoliophyta
- Classe: Magnoliopsida
- Ordem: Canellales
- Família: Winteraceae

As Winteráceas são muitas vezes consideradas a família das angiospermas que manteve mais características ancestrais do que qualquer outra, sendo o gênero *Drimys* chamado de fóssil vivo, mas esta afirmação depende de hipóteses específicas sobre a filogenia das angiospermas primitivas (JUDD et al., 1999; POSER; MENTZ, 2010).

A distinção de diversas espécies no Brasil ou o reconhecimento de uma única espécie polimórfica não é consenso entre os taxonomistas (SOUZA; LORENZI, 2005), o que tem originado muitas controvérsias a respeito do número de gêneros e espécies nesta família.

Enquanto Souza e Lorenzi (2005) citam para esta família 4 gêneros e 60 espécies, sendo no Brasil apenas uma espécie (*D. brasiliensis*), Judd et al. (1999) apontam 5 gêneros e 90 espécies. Já Trinta e Santos (1997) relatam 8 gêneros e 70 espécies, sendo que em Santa Catarina apontam a existência de *D. angustifolia* Miers e *D. brasiliensis* Miers subsp. *sylvatica*.

Para Watson e Dallwitz (2012), na família das Winteráceas existem 120 espécies distribuídas em 9 gêneros: *Drimys*, *Belliolum*, *Bubbia*, *Exospermum*, *Pseudowintera*, *Takhtajania*, *Tasmannia*, *Tetralthalamus* e *Zygogynum*.

2.3.2 Distribuição, área de dispersão e diferenças morfológicas

As Winteráceas são uma família associada essencialmente ao hemisfério sul, com seu centro de variação indo da Australásia (Nova Guiné, Austrália, Nova Caledônia e outras ilhas do sudoeste do Pacífico), onde está concentrada a maioria dos gêneros, até Madagascar e Américas (desde o sul do México até às florestas subárticas da América do Sul meridional), sendo *Drimys* o único gênero remanescente no Novo Mundo. No Brasil é encontrada principalmente em áreas alagadas e em florestas de altitude do Sudeste e Sul. Muitos dos membros da

família são fragrantes e são utilizados na produção de óleos essenciais (JUDD et al., 1999; SOUZA; LORENZI, 2005; TRINTA; SANTOS, 1997).

No Brasil, a sua distribuição ocorre da seguinte maneira de acordo com Mello-Silva (2012):

- *D. angustifolia* Miers: Sul (SC, RS); Mata Atlântica;
- *D. brasiliensis* Miers: Nordeste (BA), Centro-Oeste (DF), Sudeste (MG, ES, SP, RJ), Sul (PR, SC, RS); Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica;
- *D. brasiliensis* Miers subsp. *brasiliensis*: Sudeste (MG, SP), Sul (PR); Cerrado, Mata Atlântica;
- *D. brasiliensis* subsp. *subalpina*: Sudeste (SP, RJ); Mata Atlântica;
- *D. brasiliensis* subsp. *sylvatica*: Nordeste (BA), Sudeste (MG, ES, SP, RJ), Sul (PR, SC, RS); Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica;
- *D. roraimensis*: Norte (RR); Amazônia.

Scheer e Mocoichinski (2009) relatam também a ocorrência de *D. angustifolia* nas montanhas do Paraná, em especial na Serra do Ibitiraquire, Serra da Igreja e Serra da Prata.

Em Santa Catarina, *D. angustifolia* ocorre nos capões dos campos (Savana) e nos sub-bosques dos pinhais (Floresta Ombrófila Mista), bem como relicto da vegetação dos topos de morro da região da Floresta Ombrófila Densa da Encosta Atlântica, apresentando vasta, e muito expressiva distribuição e dispersão, não obstante descontínua e irregular (TRINTA; SANTOS, 1997).

Encontrada desde os 10 m até 1.800 m de altitude no estado de Santa Catarina (TRINTA; SANTOS, 1997), é mais frequente em altitudes superiores (ou próximas) a 1.000 m, sendo bastante expressiva sua ocorrência nas faixas de vegetação da Floresta Nebular (matinha Nebular), em altitudes acima de 1.200 m (KLEIN, 1978).

D. angustifolia diferencia-se de *D. brasiliensis* principalmente no aspecto das folhas e quanto às preferências em relação à luminosidade (TRINTA; SANTOS, 1997).

Em *D. angustifolia* as folhas são estreitas, lanceoladas, com largura até 1,8 cm, raramente até 2,3 cm; pedúnculos muito curtos, em geral até 4 mm de comprimento. A face superior da folha é verde-escura e lustrosa e a inferior

levemente acinzentada ou glabrescente, apresentando nervuras secundárias muito discretas. Esta espécie é heliófila e de luz difusa, mais raramente esciófita; sendo levemente seletiva higrófila (TRINTA; SANTOS, 1997).

Já em *D. brasiliensis* as folhas são obovadas, em geral com mais de 2,2 cm de largura; pedúnculos longos, normalmente maiores que 18 mm de comprimento. A face superior é verde-escura, bem lustrosa e brilhante, com face inferior cinza, clara e até prateada. É esciófita ou de luz difusa e menos expressivamente heliófila; e levemente seletiva higrófila (TRINTA; SANTOS, 1997).

Ambas as espécies são de aparência muito semelhante em seu porte, variando de 5 a 10 m de altura. O nome *Drimys* é em alusão ao sabor da casca aromática, levemente picante (TRINTA; SANTOS, 1997).

2.4 ÓLEO ESSENCIAL

Os óleos essenciais, presentes nas plantas, são uma mistura de substâncias voláteis denominadas de metabólitos secundários, os quais têm como uma de suas funções protegê-las de danos causados por ferimentos, ataques de herbívoros ou patógenos (GOBBO-NETO; LOPES, 2007), ou estresse físico, como seca, solos deficientes, poluição e competição com outras plantas, entre outros fatores (PIZZAMIGLIO, 1991).

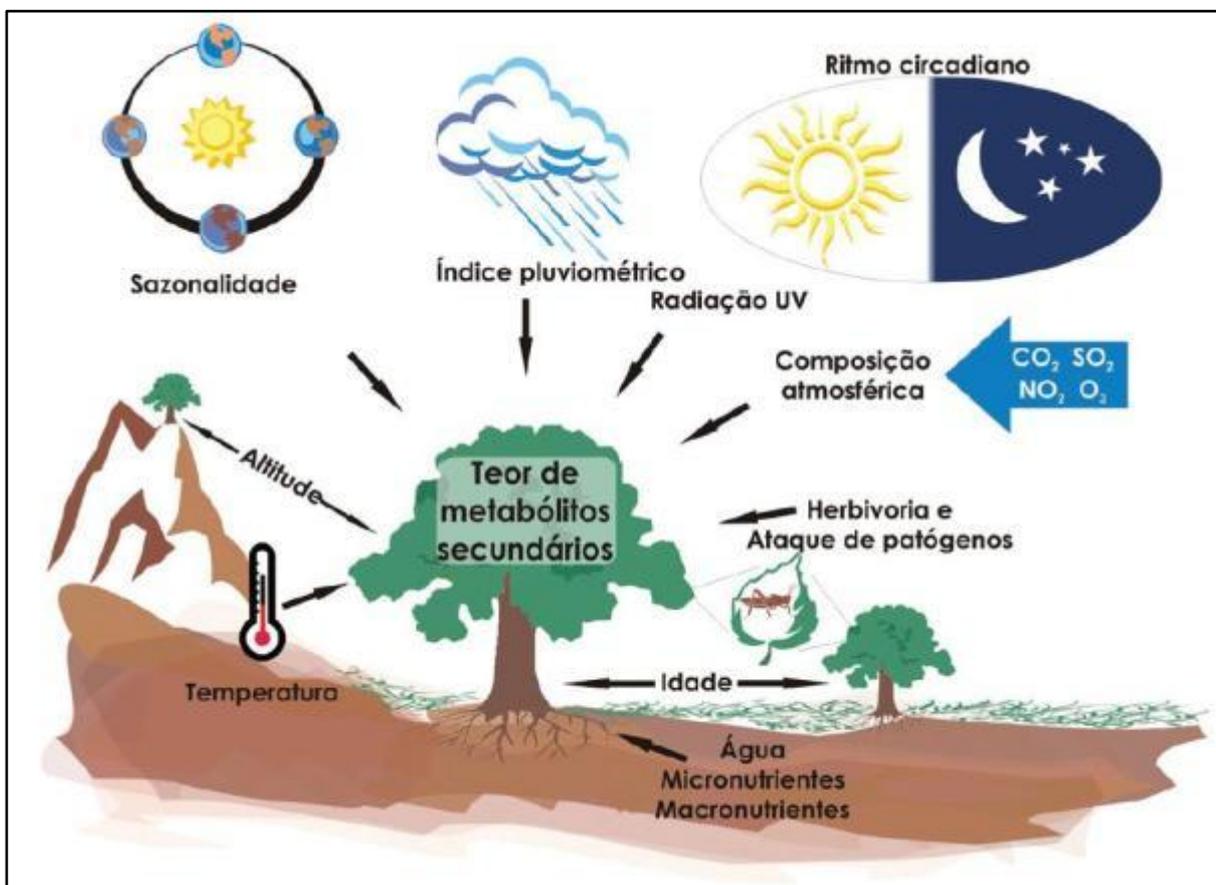
Os óleos essenciais ou voláteis são compostos de sabor acre e picante, geralmente incolores ou ligeiramente amarelados, sendo que os óleos essenciais produzidos pelas folhas de algumas plantas inibem a ação de herbívoros; alguns são conhecidos por serem alelopáticos; outros protegem contra o ataque de fungos ou bactérias (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007).

Durante muito tempo considerou-se os metabólitos secundários como produtos de excreção do vegetal, com estruturas químicas e, algumas vezes, propriedades biológicas interessantes. Porém, atualmente sabe-se que muitas destas substâncias estão diretamente envolvidas nos mecanismos que permitem a adequação das plantas ao seu meio. Já foram reconhecidos como funções de várias substâncias pertencentes a essa classe de metabólitos, por exemplo, a defesa contra herbívoros e microrganismos, a proteção contra raios UV, a atração de polinizadores ou animais dispersores de sementes. Portanto, os óleos essenciais funcionam como um mecanismo de defesa das plantas, atuando como inseticidas e

fitoalexinas (FURLAN; BERGAMO; KATO, 2007; SANTOS, 2003), exercendo funções vitais para as plantas.

O metabolismo secundário das plantas pode variar consideravelmente dependendo de vários fatores, sendo que a constância de concentrações de metabólitos secundários é praticamente uma exceção (GOBBO-NETO; LOPES, 2007). Diversos fatores podem influenciar o acúmulo de metabólitos secundários em uma planta, conforme pode ser observado na figura 5.

FIGURA 5 - Principais fatores que podem influenciar o acúmulo de metabólitos secundários em uma planta



Fonte: Gobbo-Neto e Lopes (2007)

Alguns metabólitos secundários, como as fitoalexinas (antibióticos naturais), são compostos antimicrobianos produzidos somente após a injúria ou ataque por bactérias e fungos (BORÉM, 2007; RAVEN; EICHHORN; EVERT, 2007). Estes metabólitos secundários são fatores de interação entre outros organismos, com isso apresentam atividade biológica interessante. Muitos apresentam uma grande importância comercial, tanto na área farmacêutica quanto nas áreas alimentar, agrônômica e da perfumaria (SANTOS, 2003). Uma planta pode conter centenas de

metabólitos secundários, porém apenas os compostos presentes em maior concentração são isolados e têm seu estudo voltado para a fitoquímica (CECHINEL FILHO; YUNES, 1998).

Quimicamente os óleos essenciais são constituídos basicamente de hidrocarbonetos e grupos associados com oxigênio. De forma simples podem ser definidos como um produto volátil extraído de plantas através de processos físicos e químicos, sendo o mais comum a destilação por arraste a vapor. Esta definição faz claramente a distinção entre óleos essenciais e os óleos tradicionais, tais como azeite de oliva, óleo de girassol, óleo de soja, etc., constituídos principalmente de ácidos graxos e gorduras (HERBIA, 2012).

De acordo com Santos (2003, p. 323) “o elevado número e a grande diversidade de metabólitos vegetais têm despertado o interesse de pesquisadores de vários campos da ciência que veem neles uma fonte promissora de novas moléculas potencialmente úteis ao homem”.

Talvez devido à falta de importância econômica e a sua distribuição restrita, a família Winteraceae não tenha sido tão extensivamente examinada quanto aos seus constituintes químicos (MALHEIROS, 2001). Porém, estudos recentes têm demonstrado que o óleo essencial presente em *D. angustifolia* tem apresentado atividades antifúngica (MALHEIROS, 2001) e antibacteriana (MENEGETTI, 2010) quando utilizado com fins medicinais e terapêuticos.

2.4.1 Extração

Os óleos essenciais são obtidos por diferentes processos, dependendo da localização no vegetal, da quantidade e das características requeridas para o produto final. As técnicas mais usuais para sua obtenção são a prensagem, extração com solventes orgânicos ou com gorduras, com fluido supercrítico e extração por arraste de vapor (HENRIQUES; SIMÕES-PIRES; APEL, 2007).

Na grande maioria das vezes é empregada a técnica de extração por arraste a vapor (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009), quando se pretende extrair óleo essencial das folhas das plantas, tanto em escala laboratorial, piloto ou industrial.

No processo de extração por arraste a vapor, além do óleo essencial, obtido em menor escala, é obtido também o hidrolato, como subproduto deste processo. O hidrolato é a água condensada no processo de destilação a vapor de plantas

aromáticas para a obtenção do óleo essencial, contendo óleo essencial solubilizado, em pequenas quantidades, normalmente menos de 0,2% em massa, e de outros componentes da planta que são solúveis em água, como pigmentos, ácidos orgânicos e flavonoides (HERBIA, 2012).

2.4.2 Caracterização e composição química

Os metabólitos secundários são divididos em três grupos: alcaloides, substâncias fenólicas e terpenoides (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007), sendo que os terpenos são o maior grupo de metabólitos secundários de origem vegetal (CUNHA; CAVALEIRO; SALGUEIRO, 2005).

Quimicamente, os óleos essenciais são compostos com baixa massa molecular, constituídos principalmente por misturas de fenilpropanoides e terpenoides (metabólitos que conferem suas características organolépticas), especificamente monoterpenos e sesquiterpenos, embora seja possível encontrar diterpenos, além de uma variedade de hidrocarbonetos alifáticos, ácidos, álcoois, aldeídos, ésteres acíclicos ou lactonas (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009; HENRIQUES; SIMÕES-PIRES; APEL, 2007).

São conhecidos cerca de 30.000 terpenos, dos quais o mais simples é o hidrocarboneto isopreno. Podem ser classificados em hemiterpenos, monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, sesterpenos, triterpenos e tetraterpenos (NIERO; MALHEIROS, 2007; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007; SOLOMONS; FRYHLE, 2006). De acordo com Solomons e Fryhle (2006), a maioria dos terpenos tem esqueleto com 10, 15, 20 ou 30 átomos de carbono, dependendo do número de unidades de isopreno (C₅) presentes. Os monoterpenos (C₁₀, com duas unidades de isopreno) são os constituintes principais dos óleos voláteis e atuam na atração de polinizadores, sendo que alguns podem ser tóxicos para fungos, bactérias e insetos.

Segundo Zhang *et al.* (2009) os monoterpenos α e β -pineno são os dois mais abundantes na troposfera, reagindo com outros componentes atmosféricos, formando nano-partículas e aerossóis secundários, influenciando na formação de nuvens de chuva e em outros processos atmosféricos, indicando que estes aerossóis sobre áreas de florestas, formados pelos monoterpenos emitidos pelas plantas, contribuem de forma importante para a carga global de aerossóis, e impactam o clima diretamente (espalhando a radiação solar) e indiretamente (por

estarem envolvidos em outros processos químicos atmosféricos multifásicos).

Os sesquiterpenos (C₁₅, com três unidades de isopreno), em geral, apresentam funções protetoras contra fungos e bactérias enquanto muitos diterpenóides dão origem aos hormônios de crescimento vegetal. Os triterpenóides e alguns de seus derivados esteroidais apresentam funções como proteção contra herbívoros, atuam na germinação de sementes e podem ser antimitóticos (GERSHENZON; DUDAREVA, 2007; NIERO; MALHEIROS, 2007).

2.4.3 Utilização e importância

Além do uso direto de sua casca e folhas na medicina popular e na culinária, o óleo essencial de *Drimys* spp. é muito utilizado em pesquisas científicas com fins medicinais e terapêuticos, notadamente em estudos atividades antibacterianas e fungicidas. Malheiros (2001) realizou estudos com óleo essencial de *D. angustifolia* e *D. brasiliensis*, buscando identificar atividades biológica (com ensaios de germinação), antifúngica e antinociceptiva ou analgésica dos constituintes isolados das cascas e folhas, obtendo resultados significativos.

Witaicenis (2006) realizou pesquisa com óleo essencial de *D. angustifolia* buscando identificar atividades farmacológicas dos extratos obtidos de folhas e cascas. As atividades antiulcerogênica, analgésica, anti-inflamatória e antioxidante apresentaram resultados promissores.

O estudo e a pesquisa dos óleos essenciais e de seus constituintes isolados, em especial de *Drimys* spp., pode abrir possibilidades para o surgimento de novos produtos para os mais diversos usos.

2.4.4 Comprovação bactericida, fungicida e inseticida

Estudos realizados com os constituintes isolados do óleo essencial de outras espécies vegetais, também presentes no óleo essencial de *D. angustifolia*, entre eles drimenol, bicilogermacreno, miristicina e ciclocolorenona, obtiveram resultados positivos em relação à ação inseticida, larvicida, antibacteriana e antifúngica destes constituintes isoladamente pesquisados (DERITA; LEIVA; ZACCHINO, 2009; FLORIANI, 2010; GAVIRIA et al., 2011; RIBEIRO et al., 2008; SILVA et al., 2007).

2.5 A ESPÉCIE *Pinus taeda* LINNAEUS, 1758

Apesar de as florestas de *Pinus* serem muito comuns no Brasil, esse gênero é de origem norte-americana, principalmente do sudeste dos Estados Unidos e de alguns países tropicais. Foi o filósofo alemão, Hermann Bruno Otto Blumenau, fundador da cidade catarinense de Blumenau, quem, em meados do século XIX, iniciou o seu plantio em terras brasileiras. Também se destacam as experiências com *Pinus*, iniciadas no Estado de São Paulo, em 1959, quando mais de 800 mil mudas foram plantadas, dando início a um plano para a produção e exploração racional de madeira de florestas plantadas (ABRAF, 2006).

No Sul do Brasil, nos reflorestamentos para fins industriais, predominam as espécies do gênero *Pinus*, cuja madeira, de fibras longas, tem ampla aplicação na indústria de celulose, papel, chapas e outros produtos (CARPANEZZI et al., 1988). Em Santa Catarina, que detém 9,9% das florestas plantadas do Brasil, a predominância do gênero *Pinus* se dá com 83,7% da área plantada, num total de 538.254 hectares (ABRAF, 2012).

A espécie *P. taeda* é oriunda das planícies adjacentes ao Golfo do México e costa atlântica do sul e sudeste dos Estados Unidos, crescendo em geral até a altitude de 800 m, sendo a sua madeira de alta qualidade para muitos usos, como construção civil, caixotaria, fabricação de móveis, chapas e celulose, tendo as fibras longas e adequadas à fabricação de papel (CARPANEZZI et al., 1988; MARCHIORI, 1996).

Por sua importância para o setor produtivo florestal da região, em sua maioria grandes empresas reflorestadoras, o controle de formigas cortadeiras é um dos objetivos a serem alcançados por tais empresas. Os danos provocados pelas formigas cortadeiras nos povoamentos de *P. taeda* podem ser significativos, especialmente em viveiros e em povoamentos jovens, sendo que o seu combate torna-se inevitável, apesar de seus custos (LAMPRECHT, 1990).

As duas principais espécies do gênero *Pinus* plantadas na Região Sul do Brasil, *P. elliottii* Engelm., 1880 e *P. taeda*, tiveram excelente adaptabilidade às condições edafoclimáticas, sendo que a experimentação já realizada com *P. taeda*, em Santa Catarina, permite recomendar a espécie para todo o Estado, exceto para a região litorânea (CARPANEZZI et al., 1988).

“O uso e aplicação da madeira do gênero *Pinus* nas últimas três décadas cresceu substancialmente transformando-a em matéria-prima fundamental para movimentar um setor produtivo de relevante importância para a economia brasileira” (VASQUES et al., 2007, p. 445).

No Brasil, *P. taeda* é a espécie mais plantada entre os *Pinus*, abrangendo aproximadamente um milhão de hectares, no planalto da Região Sul do Brasil, para produção de celulose, papel, madeira serrada, chapas e madeira reconstituída. Esta espécie se desenvolve bem nas regiões com clima fresco e inverno frio, com disponibilidade constante de umidade durante o ano. Esta condição é encontrada em todo o planalto das Regiões Sul e Sudeste (VITORINO, 2009).

As plantas de *P. taeda* podem ser plantadas em solo bem drenado, onde não haja déficit hídrico. Isto inclui as partes serranas do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, bem como as partes mais chuvosas do sul dos estados de São Paulo e Minas Gerais (VITORINO, 2009).

Várias características de *P. taeda*, que têm reflexo direto no valor econômico da madeira, estão sob controle genético moderado a alto, e podem ser melhoradas através da seleção de matrizes e reprodução controlada entre elas. Assim, mediante trabalhos básicos de seleção criteriosa e cruzamentos controlados, conseguiu-se alterar as características das árvores, aumentando o valor das florestas de *P. taeda* (VITORINO, 2009).

Atualmente, com o uso de semente geneticamente melhorada, não só aumentou a produtividade de madeira, mas, também, melhorou, substancialmente, a qualidade do fuste. A madeira de *P. taeda* é utilizada para processamento mecânico na produção de peças serradas para estruturas, confecção de móveis, embalagens, molduras e chapas de diversos tipos. Para esses usos, a qualidade da matéria-prima aumenta à medida que aumenta a densidade da madeira, dentro dos limites normais da espécie. No entanto, na produção de celulose de fibra longa pelos processos mecânicos e semi-mecânicos, a madeira juvenil desta espécie, de baixa densidade, é muitas vezes preferida (VITORINO, 2009).

Em Santa Catarina, a espécie *A. crassispinus*, formiga cortadeira de ocorrência mais comum na Região Sul do Brasil (RANDO; FORTI, 2005), causa prejuízos às plantas de *P. taeda* somente nos primeiros meses de idade do plantio em áreas de reforma em que o plantio anterior sofreu poda e desbaste, com maior

impacto nos primeiros 30 dias, conforme observado por Nickele *et al.* (2012) no planalto norte.

Nos casos em que há preparo do solo para o plantio, não havendo outras opções de recursos vegetais para o forrageamento, o ataque às mudas de *Pinus* é mais intenso. Quando as mudas já estão com mais de um ano de idade, estando menos vulneráveis ao ataque das formigas, ou quando há várias opções de vegetais nativos entre as linhas de plantio, as formigas preferem forragear nestas últimas opções e não atacam as plantas de interesse comercial (NICKELE, 2013). Outro fator que contribui para que as formigas não ataquem as plantas mais velhas é que estas possuem maior quantidade de substâncias de defesa contra herbívoros, sendo menos suscetíveis ao ataque das formigas cortadeiras do que as plantas mais jovens (FARJI-BRENER, 2001; MUNDIM *et al.*, 2012).

Nickele (2013) observou que quando se trata de reforma de plantio de *Pinus*, onde anteriormente não foi realizada nenhuma intervenção, como poda e desbaste, a ocorrência de *A. crassispinus* é praticamente nula. Isto porque o número de formigueiros no interior do plantio anterior é inexistente ou muito baixo. Se o novo plantio acontecer antes do período de revoada, as plantas não serão mais tão vulneráveis ao ataque desta formiga cortadeira quando os novos formigueiros se instalarem e começarem a forragear com maior intensidade. Neste caso, o combate às formigas cortadeiras pode ser amenizado quando houver o predomínio da espécie *A. crassispinus* no local e o controle poderá ser realizado de maneira localizada somente se forem encontrados formigueiros ou plantas atacadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental deste estudo divide-se em duas etapas distintas. A primeira etapa corresponde à coleta das folhas de *Drimys angustifolia* Miers, 1858, extração do óleo essencial e a sua caracterização química.

A segunda etapa refere-se à realização do experimento em campo, com a definição da escolha do local, seleção dos formigueiros, aplicação do óleo essencial nos formigueiros e aquisição dos dados.

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE COLETA

As folhas de *D. angustifolia* foram coletadas no Morro da Igreja, localizado no Parque Nacional de São Joaquim (Unidade de Conservação Federal), no município de Urubici, estado de Santa Catarina.

O município de Urubici (figura 6) está localizado na mesorregião Serrana, microrregião dos Campos de Lages, na Serra Catarinense, a 167 km de Florianópolis e a 60 km de São Joaquim, estando a uma altitude de 980 m snm, nas coordenadas geográficas 28° 00' 54" latitude sul e 049° 35' 30" longitude oeste. Seu clima é mesotérmico úmido, com temperatura média de 10,9 °C (IBGE, 2013a; SANTA CATARINA, 2013a).

FIGURA 6 - Localização do município de Urubici



Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SantaCatarina_Municip_Urubici.svg

O Parque Nacional de São Joaquim foi criado em julho de 1961, ligado à necessidade de proteção dos remanescentes de Matas de Araucárias, que se encontram dentro de seus 49.300 hectares. O Parque está predominantemente inserido no bioma Mata Atlântica, sendo quatro as suas formações vegetais: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Campos de Altitude e Matinhas Nebulares (ICMBIO, 2013; MMA, 2013), esta última também denominada de Mata Nebular ou Floresta Nebular, pelo fato de estar frequentemente encoberta por neblina, formada pelas correntes eólicas quentes, úmidas e ascendentes da costa atlântica, que, à proporção que vêm subindo, esfriam, condensando e aumentando a umidade (KLEIN, 1978).

O Parque ocupa parte do território dos municípios de Bom Jardim da Serra, Grão Pará, Orleans e Urubici, tendo a sua formação geológica, ocorrida há 133 milhões de anos atrás a partir da divisão dos continentes e extravasamentos de lava vulcânica, composta por rochas vulcânicas, denominadas basalto, que formam, conjuntamente com as formações de arenito, um local propício à recarga e descarga do Aquífero Guarani. Nesta Unidade de Conservação nascem os principais rios do estado de Santa Catarina, formando as bacias do Canoas, Tubarão e Pelotas, sendo o Rio Pelotas também conhecido como nascente do Rio da Prata (ICMBIO, 2013; MMA, 2013).

Seu clima no inverno é de frio intenso, com temperaturas abaixo de 0 °C e geadas frequentes, não sendo rara a ocorrência de neve nas áreas mais altas, além de ventos constantes e intensos (MMA, 2013).

No centro do Parque há áreas bastante elevadas, com altitudes acima de 1.650 metros, na região denominada de Campos de Santa Bárbara. Seu ponto máximo é o Morro da Igreja, com 1.822 metros de altitude (ICMBIO, 2013), cujo ponto mais alto no topo pertence ao município de Bom Jardim da Serra, mas que também é ponto comum entre os municípios de Urubici e Orleans (GOMES, 2012).

3.2 COLETA DO MATERIAL VEGETAL

As autorizações de coleta para o material vegetal foram concedidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), através do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), registradas no Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) nas seguintes modalidades:

- Autorização para atividades com finalidade científica: nº 29708-1 e 29708-2;
- Comprovante de registro para coleta de material botânico, fúngico e microbiológico: nº 29612-1.

Foram realizadas quatro coletas em três locais, próximos ao topo do Morro da Igreja, conforme representado na figura 7:

- **Local 1:** 28° 07' 13,02" latitude sul, 049° 29' 32,00" longitude oeste, altitude média 1.737 m snm;
- **Local 2:** 28° 07' 23,21" latitude sul, 049° 28' 41,69" longitude oeste, altitude média 1.718 m snm;
- **Local 3:** 28° 07' 7,88" latitude sul, 049° 29' 30,83" longitude oeste, altitude média 1.690 m snm.

FIGURA 7 - Visualização dos locais de coleta em relação ao topo do Morro da Igreja



Fonte: Google (2013)

Todas as coletas tiveram início no período matutino, a partir das 09:00 horas, sendo finalizadas no período vespertino, até as 15:00 horas. Alguns dos indivíduos coletados estavam férteis, com flores ou frutos.

Amostras do material vegetal fértil foram encaminhadas para o herbário Dr. Roberto Miguel Klein, localizado na Universidade Regional de Blumenau – FURB. A

exsicata foi depositada no herbário sob o número 37235, figura 8.

FIGURA 8 - Exsicata de material coletado

	HERBÁRIO DR. ROBERTO MIGUEL KLEIN Antônio da Veiga, 140 - Victor Konder - 89012-900	FURB 37235
Familia: Winteraceae <i>Drimys angustifolia</i> Miers		
N. Vulgar:		
Coletor: C. Meneghetti & E.K. Meneghetti		Data: 17.I.2012
Local: Morro da Igreja, Parque Nacional de São Joaquim		
Município: Urubici	Estado: SC	País: Brasil
Latitude: 28°07'13,02" S	Longitude: 49°29'32,00" O	Altitude: 1737 m
Obs.: matinha nebulosa;		
Det.: C. Meneghetti		Data: 17/1/2012

Fonte: FURB

3.2.1 Determinação da quantidade de material vegetal a ser coletado

Foi realizado o acompanhamento da perda de massa das folhas da coleta realizada em 17/01/2012, para fins de determinação da quantidade total de folhas a serem coletadas, tendo em vista o rendimento de óleo extraído e a quantidade necessária para a aplicação do experimento em campo.

Foram selecionadas, aleatoriamente, amostras em quantidades não padronizadas de folhas frescas de 20 indivíduos, conforme a figura 9.

FIGURA 9 - Acompanhamento de perda de massa das folhas



Fonte: Autor

As amostras foram pesadas por indivíduo, em balança analítica modelo AY 220 (figura 10), até a sua massa constante.

FIGURA 10 - Balança analítica modelo AY 220



Fonte: Autor

A massa total das folhas frescas dos 20 indivíduos selecionados foi de 58,3042 g. Durante o período de 13 dias foram realizadas 8 pesagens, sendo os seus valores anotados em uma tabela para o cálculo do percentual de perda de massa das folhas secas em relação às folhas frescas. As amostras foram mantidas à sombra e em temperatura ambiente, no Laboratório de Síntese e Tecnologia (SINETEC) do Departamento de Química do *campus* I da FURB.

3.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

Para obtenção do óleo essencial das folhas foram testados dois equipamentos de extração por arraste a vapor.

O primeiro, um equipamento piloto (figura 11), existente no *campus* II da FURB, pertencente ao Departamento de Engenharia Química, possuindo as seguintes características:

- Capacidade da dorna: 15 litros;
- Caldeira: geração de vapor 4 kg/h, com aquecimento a gás de cozinha (GLP);
- Pressão de trabalho média: 1 kgf/cm².

A água utilizada na caldeira deste equipamento para geração de vapor é proveniente da rede de abastecimento público.

FIGURA 11 - Equipamento piloto para extração de óleo essencial por arraste a vapor



Fonte: Autor, fotos e fotomontagem

O segundo equipamento testado foi um modelo industrial de extração por arraste a vapor pertencente à empresa Herbia Beneficiamento de Plantas Ltda., de Joinville, Santa Catarina (figura 12).

FIGURA 12 - Equipamento de arraste a vapor industrial Herbia



Fonte: Autor

O equipamento foi desenvolvido por encomenda da empresa, sob especificações próprias, possuindo uma dorna com capacidade volumétrica de 300 litros. O procedimento para extração do óleo essencial não segue protocolo pré-determinado em relação ao tempo de extração e em relação ao calor necessário para produção do vapor.

A água utilizada na caldeira deste equipamento para geração de vapor é proveniente da captação da chuva, não sofrendo nenhum tratamento químico, apenas filtração para eliminação de eventuais corpos estranhos.

As extrações de óleo das folhas das quatro coletas foram realizadas utilizando-se folhas secas e folhas frescas. As extrações de material seco e fresco foram realizadas separadamente, não sendo misturados os dois tipos de materiais nos lotes de extração. Para a secagem das folhas, estas foram armazenadas em local coberto, à sombra e em temperatura ambiente.

O óleo essencial extraído foi separado do hidrolato utilizando-se um funil de decantação, separando-o em duas fases, com o óleo essencial na parte superior e o hidrolato na parte inferior. Após a separação, o óleo essencial foi filtrado em filtro de papel com sílica para remover qualquer resíduo de água presente, obtendo-se assim um óleo essencial sem contato com qualquer tipo de solvente.

Para calcular os rendimentos em percentual das extrações para o material seco e fresco, inicialmente encontrou-se a densidade do óleo essencial de uma das extrações realizadas utilizando-se a fórmula da densidade, abaixo representada (equação 1):

$$\rho = \frac{M}{V}$$

onde:

ρ = Densidade;

M = Massa;

V = Volume.

Da fórmula da densidade, (equação 1), obteve-se a fórmula do rendimento, indicada abaixo (equação 2):

$$R = \frac{V \cdot \rho}{M}$$

onde:

R = Rendimento;

V = Volume;

ρ = Densidade;

M = Massa.

3.4 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL

A caracterização química dos constituintes do óleo essencial foi realizada em amostras encaminhadas para análise por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-DIC) no Laboratório de Síntese e Tecnologia (SINETEC) do Departamento de Química do *campus* I da FURB e por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) no Laboratório de Cromatografia do *campus* II da FURB.

3.5 REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO EM CAMPO

A realização do experimento em campo levou em conta a disponibilização de uma área de estudos cedida por uma empresa de papel e celulose, além da existência de formigueiros ativos disponíveis em quantidade suficiente para a aplicação dos tratamentos.

3.5.1 Definição do local

O experimento foi conduzido em talhões de *Pinus taeda* Linnaeus, 1758, de uma unidade florestal da empresa Celulose Irani S/A, no município de Vargem Bonita, no Meio Oeste do estado de Santa Catarina, localizado na mesorregião Oeste Catarinense, microrregião de Joaçaba, a 456 km de Florianópolis, com altitude de 880 m snm, nas coordenadas geográficas 27° 00' 25" latitude sul e 051° 44' 24" longitude oeste. Seu clima é mesotérmico úmido e a temperatura média é de 16,9 °C, com verão fresco e ameno e inverno rigoroso (IBGE, 2013a; SANTA CATARINA, 2013b), com ocorrência de geadas entre os meses de abril e de agosto e eventual precipitação de neve.

O município de Vargem Bonita (figura 13) está inteiramente inserido no Bioma Mata Atlântica (IBGE, 2013b) com relevo constituído de planaltos de

superfícies onduladas (com predominância de latossolos, cambissolos e nitossolos) e montanhosas (com cerca de 80% de formação basáltica). Possui boa fertilidade, de textura normalmente argilosa com razoáveis condições de manejo da terra apesar da presença de muitas rochas e da dificuldade para sua mecanização. A precipitação pluviométrica é distribuída durante o ano todo, com índices que variam de 1.500 a 2.300 mm (MDA, 2006).

FIGURA 13 - Localização do município de Vargem Bonita



Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SantaCatarina_Municip_VargemBonita.svg

A sede da empresa e da respectiva unidade florestal possui a seguinte localização:

- Vila Campina da Alegria, BR 153, km 47, município de Vargem Bonita, SC;
- Coordenadas geográficas da sede da empresa: 26° 52' 23,88" latitude sul, 051° 47' 47,70" longitude oeste;
- Altitude: 1.045 m snm.

O experimento foi realizado na Fazenda Campina da Alegria, nos talhões CAM 0152, CAM 0153, CAM 0154, CAM 0155 e CAM 0180. Os talhões sofreram colheita em maio e subsolagem em julho de 2012. As mudas de *P. taeda* foram plantadas em setembro de 2012 e estavam com 15 a 25 cm de altura, aproximadamente, quando o experimento teve início (figura 14).

FIGURA 14 - Talhões de *P. taeda* da Fazenda Campina da Alegria



Fonte: Google (2013)

A área da aplicação dos experimentos está localizada entre as coordenadas geográficas 26° 53' 01,30" latitude sul, 051° 45' 56,50" longitude oeste e 26° 52' 52,00" latitude sul, 051° 46' 42,60" longitude oeste, com altitude mínima de 1.019 m e máxima de 1.071 m snm.

3.5.2 Seleção dos formigueiros

Foram pré-selecionadas 29 colônias de formigas do gênero *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae), espécies *A. crassispinus* Forel, 1909, *A. hispidus* Santschi, 1925, e *A. subterraneus* Forel, 1893, adotando como critérios a sua área máxima, que deveria ser inferior a 1m², tendo em vista alcançar um padrão de uniformização, e a existência de atividade no ninho, determinada através da avaliação de forrageamento ou da verificação da atividade interna na colônia.

De cada formigueiro foram coletados indivíduos para identificação das espécies, que foi realizada no Laboratório de Monitoramento e Proteção Florestal (LAMPF) do Departamento de Engenharia Florestal da FURB, localizado no *campus* II. As amostras identificadas foram depositadas na coleção do LAMPF.

3.5.3 Aplicação do experimento em campo

A aplicação do experimento em campo foi realizada em três tratamentos, denominados de "Tratamento I (100%)" com concentração de óleo de 100%;

“Tratamento II (10%)” com concentração de óleo de 10%; e “Tratamento III (Controle)” sem aplicação, servindo de testemunhas.

No Tratamento I (100%), o óleo essencial obtido da extração por arraste a vapor das folhas de *D. angustifolia* foi aplicado em quatro formigueiros que receberam uma aplicação de 200 mL de óleo cada, em dose única.

No Tratamento II (10%), quatro formigueiros receberam uma aplicação de 20 mL de óleo diluídos em 180 mL de água destilada cada, em dose única. As diluições deste tratamento foram agitadas vigorosamente por 30 segundos aproximadamente, antes da aplicação nos formigueiros, para que ocorresse a composição uniforme da mistura de óleo e água, formando um líquido de aparência esbranquiçada, indicando a sua emulsificação.

No Tratamento III (Controle) foram utilizados quatro formigueiros que não receberam nenhuma aplicação.

As aplicações nos formigueiros do Tratamento I (100%) e nos formigueiros do Tratamento II (10%) foram realizadas com um pulverizador de pressurização manual, novo e em perfeitas condições de uso, com capacidade para 5 L (figura 15).

FIGURA 15 - Pulverizador de pressurização manual



Fonte: Autor

Os formigueiros que apresentaram forrageamento tiveram esta atividade monitorada durante 5 minutos antes da aplicação e durante 5 minutos após a

aplicação dos tratamentos. Para a contagem das formigas, que passavam carregando material vegetal verde em um determinado ponto do carreiro de forrageamento, foi utilizado um contador de pulsos manual, e, para a tomada do tempo de forrageamento, foi utilizado o cronômetro de um aparelho GPS.

Todas as aplicações nos oito formigueiros (Tratamentos I e II) foram realizadas em dose única, introduzindo o bico do pulverizador no topo do formigueiro (figura 16) buscando a panela de fungo, girando suavemente a haste de pulverização 360°, lenta e continuamente, tantas vezes quanto o necessário até o esgotamento do líquido no reservatório do pulverizador.

FIGURA 16 - Aplicação dos tratamentos



Fonte: Autor

Para a obtenção dos dados foram realizadas duas visitas diárias de inspeção nos formigueiros nos primeiros 15 dias após a aplicação dos tratamentos, acrescidas de mais duas visitas no trigésimo dia e mais duas visitas no quadragésimo quinto dia após a aplicação dos tratamentos, sendo que os formigueiros utilizados como testemunhas também seguiram esta previsão de visitas. O intervalo de horas entre a primeira e a segunda visita diária não seguiu um cronograma fixo, tendo sido realizada uma visita de inspeção matutina e outra vespertina.

Foram anotados a temperatura interna do formigueiro, a temperatura externa do ambiente e a umidade relativa do ar externa do ambiente. O equipamento utilizado para a obtenção destes dados foi um termohigrômetro digital novo, modelo AK28, com faixa de medição da temperatura do sensor interno de -10 a 50 °C e do sensor externo de -50 a 70 °C; faixa de medição da umidade relativa do ar do sensor interno de 25 a 98% UR; exatidão de ± 1 °C e $\pm 5\%$ UR; resolução de 0,1 °C e 1% UR; e comprimento da sonda do sensor externo de 3 m (figura 17).

FIGURA 17 - Termohigrômetro digital modelo AK28



Fonte: Autor

As temperaturas interna do formigueiro e externa, assim como a umidade relativa do ar, foram tomadas em cada visita realizada, 10 minutos após a instalação do equipamento no formigueiro. A sonda para verificação da temperatura interna do formigueiro foi introduzida na panela de fungo, com o auxílio de uma haste de madeira com comprimento máximo de 30 cm, sempre no topo do formigueiro e no orifício formado no local da aplicação. O equipamento foi instalado sobre o formigueiro, conforme indicado na figura 17.

Em cada visita de inspeção realizada nos formigueiros que receberam os tratamentos e nos formigueiros de controle, além da temperatura interna do formigueiro, temperatura externa e umidade relativa do ar, foram anotadas a data e hora da visita, condições climáticas (sol, nuvens, chuva), atividade no formigueiro, observações gerais, dados específicos, como espécie, localização, tamanho e tratamento aplicado e se havia forrageamento ou não. Nos casos em que havia forrageamento, foi anotada a quantidade de formigas carregando material vegetal verde que passavam em determinado ponto do carreiro durante 5 minutos. Os dados foram anotados em formulário desenvolvido especificamente para este fim (Apêndice A).

Após a aplicação dos tratamentos todos os formigueiros foram inspecionados no mesmo dia, não havendo um número pré-fixado de visitas para cada formigueiro.

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram analisados primeiramente para determinação de sua normalidade e a seguir, se paramétricos, submetidos à análise de variância e, se não paramétricos, submetidos ao teste de Kruskal-Wallis.

Nos casos em que houve significância foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para os dados paramétricos e o teste U de Mann-Whitney para os dados não paramétricos.

Para os testes de Kruskal-Wallis, U de Mann-Whitney e Tukey, foi utilizado o programa computacional ASSISTAT[®] versão 7.6-beta (desenvolvido pelo Prof. Dr. Francisco de Assis e Silva, Campina Grande, PB, Brasil). Para a análise de variância foi utilizada a planilha eletrônica do programa Microsoft[®] Office Excel[®] 2007.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados qualitativos e quantitativos da parte experimental desta pesquisa foram analisados estatisticamente e fornecem subsídios para a etapa de discussão, a qual foi realizada com base nos dados da observação de campo e de literatura específica.

4.1 COLETA DO MATERIAL VEGETAL

Foram realizadas quatro coletas de folhas de *Drimys angustifolia* Miers, 1858 (Canellales: Winteraceae), em três locais, próximos ao topo do Morro da Igreja, nas seguintes datas:

- **Local 1:** 17/01/2012 e 01/02/2012;
- **Local 2:** 17/01/2012 e 01/02/2012;
- **Local 3:** 31/03/2012 e 08/09/2012.

As quatro coletas resultaram em 393,000 kg de folhas frescas, nas seguintes quantidades por coleta:

- janeiro e fevereiro: 47,00 kg;
- março: 145,00 kg;
- setembro: 201,00 kg.

O total de material seco resultou em 152,52 kg.

4.1.1 Determinação da quantidade do material vegetal coletado

O acompanhamento da perda de massa das 58,3042 g de folhas frescas dos 20 indivíduos selecionados da coleta realizada em 17/01/2012 apresentou a massa final constante de 22,6306 g no décimo terceiro dia.

Efetuando-se o cálculo, através de uma regra de três simples, obtém-se que a massa de folhas secas das amostras destes 20 indivíduos representa 38,81% da massa de folhas frescas, resultando em 61,19% de perda de massa das folhas frescas em relação às folhas secas (Apêndice B).

Aplicando-se os percentuais acima aos valores pesados, indicados no quadro 2, foi possível encontrar os valores calculados, tanto para o material fresco

quanto para o material seco:

QUADRO 2 - Coletas realizadas (kg)

COLETA	MATERIAL	
	fresco	seco
jan / fev	47,00 ^a	18,24 ^b
março	145,00 ^b	56,27 ^a
setembro	201,00 ^b	78,01 ^a
TOTAIS	393,00	152,52

Fonte: Autor (a: calculado; b: pesado)

As coletas de janeiro e fevereiro tiveram a sua massa obtida a partir da pesagem do material seco, sendo a massa do material fresco calculada a partir do percentual obtido com o acompanhamento da perda de massa das folhas.

As coletas de março e setembro tiveram a sua massa obtida a partir da pesagem do material fresco, sendo a massa do material seco calculada a partir do percentual obtido com o acompanhamento da perda de massa das folhas.

4.2 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

Devido à grande quantidade de folhas coletadas, houve a necessidade de realizar a extração do óleo essencial em um equipamento industrial, sendo a extração no equipamento piloto abandonada, uma vez que o mesmo não se mostrou adequado ao tipo de extração que se pretendia realizar.

Além da pequena capacidade da dorna do equipamento (15 litros), o mesmo possui um separador de óleo que está projetado para extração de óleos essenciais com massa específica maior do que a água, sendo que o óleo essencial de *D. angustifolia* possui massa específica menor do que a água, com densidade em torno de 0,9133.

Foram realizadas 11 extrações no equipamento piloto para fins de testes, com massas, tempos e pressões de trabalho variadas, sendo que os rendimentos de óleo essencial obtidos não foram os desejados para condução do experimento.

Desta forma, foram efetuadas duas extrações de óleo essencial por arraste a vapor das folhas de *D. angustifolia* obtidas das quatro coletas realizadas, utilizando o equipamento industrial da empresa Herbia Beneficiamento de Plantas Ltda.

As folhas das coletas de 17/01/2012, 01/02/2012 e 31/03/2012 foram submetidas à extração do óleo no período de 03 a 10/04/2012 em seis lotes de extração, com quantidades variáveis e não padronizadas de folhas por lote; as folhas da coleta do dia 08/09/2012 tiveram o seu óleo extraído nos dias 10 e 11/09/2012 em oito lotes de extração, também com quantidades variáveis e não padronizadas de folhas por lote. O tempo de extração de cada lote oscilou entre 75 a 90 minutos e os rendimentos de óleo de cada lote submetido à extração foram variados.

As extrações de óleo das folhas das coletas de 17/01/2012 e 01/02/2012 foram realizadas utilizando-se folhas secas e as extrações das coletas de 31/03/2012 e 08/09/2012 foram realizadas utilizando-se folhas frescas. As folhas secas das coletas de 17/01/2012 e 01/02/2012 foram misturadas e reunidas em um lote antes de serem submetidas à extração do óleo.

O cálculo dos rendimentos em percentual das extrações para o material seco e fresco foi realizado encontrando-se, inicialmente, a densidade do óleo essencial de uma das extrações. Pesou-se um determinado volume aleatório de óleo (13,4 mL) e, utilizando a equação 1, o valor da massa obtida (12,2382 g) foi dividido pelo volume indicado, obtendo-se a densidade ($0,9133 \text{ g.mL}^{-1}$).

O percentual total de rendimento de óleo de cada coleta, tanto para o material seco, quanto para o material fresco, foi calculado utilizando-se a equação 2, após ser conhecido o volume de óleo extraído em cada lote e utilizando-se os valores das massas apresentados no quadro 2.

O volume total de óleo extraído das quatro coletas foi de 920 mL. Os volumes e os rendimentos de óleo das extrações por coleta estão apresentados no quadro 3.

QUADRO 3 – Rendimentos de óleo essencial (%)

COLETA	RENDIMENTOS		
	mL	fresco	seco
jan / fev	100	0,19	0,50
março	320	0,20	0,52
setembro	500	0,23	0,59
TOTAIS	920	0,21	0,55

Fonte: Autor

Em experimento realizado por Limberger *et al.* (2007) o rendimento de óleo extraído em laboratório foi de 0,4% para folhas frescas e de 0,3% para cascas do caule para esta espécie coletada em novembro de 2001 no município de São Francisco de Paula, no Rio Grande do Sul.

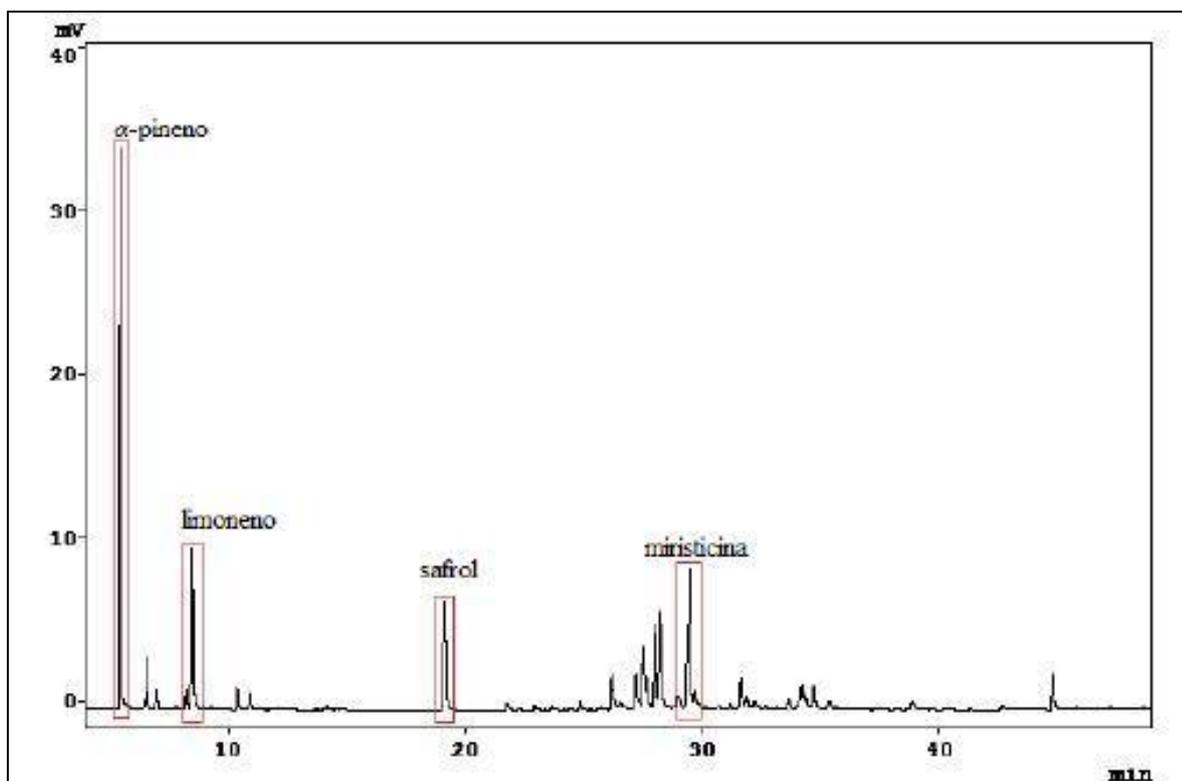
No entanto, o presente trabalho obteve um rendimento inferior, porém compatível com o esperado para uma extração em escala industrial, uma vez que os rendimentos em laboratório geralmente são superiores devido aos fatores de controle não serem influenciados pelo ambiente, tais como temperatura da dorna, escala de produção, pressão de trabalho, entre outros.

4.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL

A caracterização química, para determinação dos constituintes isolados do óleo essencial, foi realizada em amostras obtidas da extração das coletas realizadas em 31/03/12 e 08/09/12.

Na figura 18 é apresentado um cromatograma representativo de uma das análises realizadas, em que são destacados alguns dos constituintes majoritários.

FIGURA 18 – Cromatograma dos constituintes do óleo das folhas coletadas em Urubici



Fonte: Autor

Após ser caracterizado, o óleo apresentou os seguintes valores percentuais médios, entre os constituintes majoritários, obtidos através do cálculo da análise do tempo de retenção (ADAMS, 2007):

- α -pineno..... 28,70%;
- safrol 7,90%;
- miristicina 9,11%;
- drimenol 0,60%;
- biciclogermacreno..... 4,33%;
- limoneno 10,15%.

Limberger *et al.* (2007), no mesmo experimento citado no item anterior, obtiveram os seguintes rendimentos para os mesmos constituintes, obtidos da extração do óleo das folhas frescas de *D. angustifolia*:

- α -pineno..... 5,90%;
- safrol 5,40%;
- miristicina 0,00%;
- drimenol 1,40%;
- biciclogermacreno..... 20,00%;
- limoneno 4,50%.

Esta variação no percentual dos constituintes pode ser devido a diversos fatores, entre eles a sazonalidade, localização e condições edafoclimáticas.

Alguns destes constituintes presentes no óleo das folhas de *D. angustifolia* são os mesmos presentes em acículas maduras de *P. taeda* que não foram atacadas por formigas, conforme observado por Cantarelli *et al.* (2003), não sendo verificados esses compostos secundários em acículas jovens atacadas.

Uma possível explicação para este fato pode ser a influência destes constituintes na palatabilidade das acículas pelas formigas, podendo-se inferir que a presença destes constituintes em algum produto possa ter propriedades repelentes às formigas.

4.4 REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO EM CAMPO

O experimento conduzido nos talhões de *Pinus taeda* Linnaeus, 1758, da unidade florestal da empresa Celulose Irani S/A teve início em 24/11/2012 e foi finalizado em 12/01/2013, com a última visita realizada para coleta de dados dos

formigueiros. Nesta última visita todos os formigueiros dos três tratamentos foram totalmente abertos, para verificar se havia atividade ou não e se havia a presença ou não de formigas e fungo.

4.4.1 Seleção dos formigueiros

A pré-seleção das 29 colônias de formigas do gênero *Acromyrmex* Mayr, 1865, ocorreu em duas etapas, sendo selecionadas 16 colônias no dia 09/11/2012, denominadas de F01 a F16, e 13 colônias no dia 27/11/2012, denominadas de F21 a F33, conforme apresentado na tabela 2, na qual são relacionadas as principais características destas 29 colônias. Todas as 29 colônias pré-selecionadas estavam ativas, com presença de formigas e fungo.

TABELA 2 - Colônias de formigas pré-selecionadas para o experimento

Formigueiro	Tamanho (cm)	Área (m ²)	Latitude x Longitude	Altitude (m)	<i>Acromyrmex</i>
F01	60 x 70	0,420	26° 52' 43,3" 51° 46' 05,9"	1.042	<i>crassispinus</i>
F02	40 x 43	0,172	26° 52' 44,0" 51° 46' 17,8"	1.019	<i>crassispinus</i>
F03	30 x 40	0,120	26° 52' 44,0" 51° 46' 17,8"	1.019	<i>crassispinus</i>
F04	30 x 45	0,135	26° 52' 43,6" 51° 46' 18,1"	1.019	<i>crassispinus</i>
F05	63 x 75	0,473	26° 52' 43,9" 51° 46' 18,1"	1.026	<i>crassispinus</i>
F06	28 x 31	0,087	26° 52' 41,3" 51° 46' 20,5"	1.021	<i>subterraneus</i>
F07	10 x 20	0,020	26° 52' 46,5" 51° 46' 31,0"	1.027	<i>hispidus</i>
F08	20 x 43	0,086	26° 52' 45,9" 51° 46' 36,6"	1.034	<i>subterraneus</i>
F09	17 x 24	0,041	26° 52' 47,3" 51° 46' 15,3"	1.041	<i>crassispinus</i>
F10	72 x 78	0,562	26° 52' 47,0" 51° 46' 11,4"	1.061	<i>crassispinus</i>
F11	12 x 15	0,018	26° 52' 47,9" 51° 46' 09,1"	1.067	<i>crassispinus</i>
F12	52 x 60	0,312	26° 52' 48,1" 51° 46' 08,2"	1.071	<i>crassispinus</i>
F13	66 x 73	0,482	26° 52' 48,7" 51° 46' 04,3"	1.056	<i>crassispinus</i>
F14	15 x 20	0,030	26° 52' 51,7" 51° 46' 03,8"	1.065	<i>hispidus</i>
F15	26 x 30	0,078	26° 52' 52,3" 51° 46' 00,9"	1.050	<i>hispidus</i>
F16	14 x 25	0,035	26° 52' 48,6" 51° 45' 59,5"	1.049	<i>hispidus</i>
F21	35 x 40	0,140	26° 52' 43,7" 51° 46' 17,8"	1.020	<i>crassispinus</i>
F22	15 x 20	0,030	26° 52' 43,7" 51° 46' 18,0"	1.020	<i>crassispinus</i>
F23	80 x 90	0,720	26° 53' 01,3" 51° 45' 56,5"	1.048	<i>crassispinus</i>
F24	40 x 44	0,176	26° 52' 59,9" 51° 45' 52,7"	1.062	<i>hispidus</i>
F25	54 x 70	0,378	26° 52' 59,9" 51° 45' 52,4"	1.065	<i>hispidus</i>
F26	33 x 50	0,165	26° 53' 00,0" 51° 45' 51,3"	1.067	<i>hispidus</i>
F27	52 x 54	0,281	26° 53' 04,4" 51° 45' 54,3"	1.064	<i>hispidus</i>
F28	34 x 37	0,126	26° 52' 48,9" 51° 46' 28,4"	1.040	<i>hispidus</i>
F29	34 x 34	0,116	26° 52' 49,1" 51° 46' 17,3"	1.053	<i>hispidus</i>
F30	50 x 60	0,300	26° 52' 50,7" 51° 46' 18,9"	1.068	<i>crassispinus</i>
F31	34 x 51	0,173	26° 52' 52,9" 51° 46' 34,8"	1.053	<i>hispidus</i>
F32	38 x 48	0,182	26° 52' 52,0" 51° 46' 42,6"	1.041	<i>hispidus</i>
F33	64 x 70	0,448	26° 52' 47,5" 51° 46' 30,6"	1.027	<i>hispidus</i>
TOTAL = 29 formigueiros					

Dentre as 29 colônias relacionadas na tabela 2, foram selecionadas as 12 colônias para a aplicação do experimento em campo: F23, F13, F02, F30, F27, F14, F21, F22, F31, F32, F09 e F11.

O critério utilizado para a seleção destas 12 colônias foi, primeiramente, a existência de forrageamento. As três primeiras (F23, F13 e F02) apresentaram forrageamento no dia 29/11/2012, sendo que a quarta (F30) apresentou forrageamento no dia 01/12/2012.

As outras oito colônias selecionadas (F27, F14, F21, F22, F31, F32, F09 e F11) não apresentaram forrageamento durante o período de duração do experimento, assim como as demais 17 restantes, tendo sido os critérios de escolha para estas oito colônias a proximidade entre elas e entre as que apresentaram forrageamento, além da facilidade de acesso e logística de execução do experimento.

As quatro colônias que apresentaram forrageamento tiveram um ponto fixo marcado no carreiro de forrageamento, o mais próximo possível do ninho, para a contagem de formigas que forrageavam durante 5 minutos antes da aplicação e durante 5 minutos após a aplicação. As distâncias dos pontos de monitoramento do forrageamento nos carreiros até os ninhos foram:

- F23: 4,0 m;
- F13: 1,0 m;
- F02: 1,2 m;
- F30: 1,6 m.

As colônias que apresentaram forrageamento nos dias seguintes ao da aplicação do tratamento, também tiveram o forrageamento contado durante 5 minutos nos seus respectivos pontos de monitoramento quando esta atividade estava ocorrendo nos dias de inspeção.

4.4.2 Aplicação do experimento em campo

A primeira aplicação efetuada foi o Tratamento I (100%) em 29/11/2012 em três formigueiros (F23, F13 e F02), sendo que o quarto formigueiro deste tratamento (F30) recebeu a aplicação no dia 01/12/2012. A segunda aplicação efetuada foi o Tratamento II (10%) em 08/12/2012 para os quatro formigueiros deste tratamento (F27, F14, F21 e F22).

Na tabela 3 são apresentados os formigueiros por tratamento, as datas em que ocorreram as visitas de inspeção e o respectivo dia que esta data representou em relação ao início do tratamento para cada formigueiro.

TABELA 3 - Datas e quantidades de visitas aos formigueiros

Tratamento	T I 100%				T II 10%				T III Controle			
Formigueiro	F23	F13	F02	F30	F27	F14	F21	F22	F31	F32	F09	F11
Data	Dia				Dia				Dia			
29/11/2012	1 ^o	1 ^o										
29/11/2012	1 ^o	1 ^o	1 ^o									
30/11/2012	2 ^o	2 ^o	2 ^o									
30/11/2012	2 ^o	2 ^o	2 ^o									
01/12/2012	3 ^o	3 ^o	3 ^o	1 ^o								
01/12/2012	3 ^o	3 ^o	3 ^o	1 ^o								
02/12/2012	4 ^o	4 ^o	4 ^o	2 ^o								
02/12/2012	4 ^o	4 ^o	4 ^o	2 ^o								
03/12/2012	5 ^o	5 ^o	5 ^o	3 ^o								
05/12/2012	7 ^o	7 ^o	7 ^o	5 ^o								
06/12/2012	8 ^o	8 ^o	8 ^o	6 ^o								
08/12/2012	10 ^o	10 ^o	10 ^o	8 ^o	1 ^o	1 ^o	1 ^o	1 ^o				
09/12/2012	11 ^o	11 ^o	11 ^o	9 ^o	2 ^o	2 ^o	2 ^o	2 ^o	1 ^o	1 ^o		
09/12/2012	11 ^o	11 ^o	11 ^o	9 ^o	2 ^o	2 ^o	2 ^o	2 ^o	1 ^o	1 ^o		
10/12/2012	12 ^o	12 ^o	12 ^o	10 ^o	3 ^o	3 ^o	3 ^o	3 ^o	2 ^o	2 ^o		
28/12/2012	30 ^o	30 ^o	30 ^o	28 ^o	21 ^o	21 ^o	21 ^o	21 ^o	20 ^o	20 ^o		
12/01/2013	45 ^o	45 ^o	45 ^o	43 ^o	36 ^o	36 ^o	36 ^o	36 ^o	35 ^o	35 ^o	1 ^o	1 ^o
Total de visitas	17	17	16	13	6	6	6	6	5	5	1	1

Fonte: Autor

Como o principal critério para a tomada de decisão de aplicação dos tratamentos era o forrageamento, as datas de aplicação foram diferentes para os formigueiros do Tratamento I, uma vez que estes formigueiros apresentaram forrageamento em datas e horários distintos, conforme as observações de campo, detalhadas nos relatórios do Apêndice C.

As aplicações do Tratamento II ocorreram mesmo sem a presença de forrageamento, uma vez que o mesmo não ocorreu durante todo o período de duração do experimento; sendo que o critério adotado para esta decisão foi a existência de formigas e a verificação da presença de atividade interna na colônia.

As temperaturas externas e internas anotadas nas observações de campo para os três tratamentos, conforme detalhado nos relatórios do Apêndice C, estão apresentadas a seguir na tabela 4 para o Tratamento I, tabela 5 para o Tratamento II e tabela 6 para o Tratamento III.

TABELA 4 - Temperaturas internas e externas (°C) observadas no Tratamento I (100%)

Formigueiro	F23		F13		F02		F30	
	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna
29/11/2012	22,9	23,1	25,5	21,8				
29/11/2012	32,7	25,8	33,3	23,9	30,4	21,5		
30/11/2012	23,1	20,5	23,1	20,8	26,2	21,3		
30/11/2012	33,3	23,5	30,1	22,9	32,4	21,7		
01/12/2012	23,5	19,7	28,9	20,5	31,9	19,4	31,5	26,9
01/12/2012	46,1	26,6	39,7	23,9	38,9	22,5	35,0	28,9
02/12/2012	27,9	20,6	32,8	21,3	29,2	21,4	29,2	29,0
02/12/2012	28,7	26,8	26,1	23,1	24,4	23,1	24,6	28,9
03/12/2012	24,4	23,9	27,6	21,0	34,8	22,5	32,3	28,0
05/12/2012	33,1	28,0	30,9	25,8	28,5	25,5	24,7	29,2
06/12/2012	24,1	22,9	25,2	22,2	27,2	23,1	29,7	28,8
08/12/2012	34,3	26,7	39,3	23,8	36,6	25,2	30,4	28,5
09/12/2012	24,6	23,5	34,0	28,7	33,3	24,4	29,2	28,8
09/12/2012	35,1	26,4	36,5	25,8	31,7	25,8	27,7	28,5
10/12/2012	23,9	20,0	31,7	28,8	31,5	22,5	29,9	28,6
28/12/2012	23,1	18,1	22,8	20,7	25,1	18,8	30,4	26,3
12/01/2013	32,0	17,8	44,2	20,0	47,6	18,4	51,0	25,1
Média GERAL	28,988	23,171	31,276	23,235	31,856	22,319	31,200	28,115
Média COM form.		24,008		22,850		21,500		28,340
Média SEM form.		21,160		23,287		22,508		27,975

Fonte: Autor. Temperaturas internas “sem negrito e sem fundo cinza”: presença de formigas; temperaturas internas “em negrito e com fundo cinza”: ausência de formigas.

É possível observar, da análise das temperaturas internas dos Tratamentos I e II, que esta permaneceu superior a 20 °C e inferior a 30 °C, com média geral em torno de 23 °C, na maior parte do tempo de duração do experimento, caindo para valores inferiores ou próximos a 20 °C nos dias finais do experimento, quando comprovadamente não havia mais formigas nas colônias, independente das

variações ocorridas na temperatura externa, conforme as observações de campo detalhadas nos relatórios do Apêndice C.

TABELA 5 - Temperaturas internas e externas (°C) observadas no Tratamento II (10%)

Formigueiro	F27		F14		F21		F22	
Data	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna
08/12/2012	32,6	28,5	40,2	29,9	36,3	25,1	35,7	22,9
09/12/2012	28,5	25,5	38,8	25,3	36,4	23,3	36,1	22,4
09/12/2012	38,0	25,5	35,1	25,9	31,6	25,6	29,5	25,6
10/12/2012	28,5	24,1	33,6	26,0	41,3	21,6	42,5	21,9
28/12/2012	25,1	20,7	27,5	22,4	22,0	19,2	22,9	19,3
12/01/2013	37,5	22,0	43,8	23,2	48,0	19,8	40,5	19,0
Média GERAL	31,700	24,383	36,500	25,450	35,933	22,433	34,533	21,850
Média COM form.	27,000		26,775		23,900		22,650	
Média SEM form.	23,075		22,800		19,500		21,450	

Fonte: Autor. Temperaturas internas “sem negrito e sem fundo cinza”: presença de formigas; temperaturas internas “em negrito e com fundo cinza”: ausência de formigas.

TABELA 6 - Temperaturas internas e externas (°C) observadas no Tratamento III (Controle)

Formigueiro	F31		F32		F09		F11	
Data	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna
09/12/2012	41,8	25,9	32,8	21,8				
09/12/2012	29,7	27,3	31,6	25,6				
10/12/2012	35,1	24,4	34,3	22,6				
28/12/2012	25,4	23,9	27,3	20,3				
12/01/2013	39,3	24,1	37,2	20,9	40,3	24,8	32,6	22,1
Média GERAL	34,260	25,120	32,640	22,240	40,300	24,800	32,600	22,100

Fonte: Autor

Em todas as visitas de inspeção foi verificada a presença ou ausência de atividade nos formigueiros. O critério adotado para considerar o abandono do formigueiro foi a ausência de formigas após estímulos produzidos no ninho com o auxílio da haste de madeira utilizada para introduzir a sonda de temperatura externa do termohigrômetro.

Na última visita de inspeção, ao final do experimento, os formigueiros do Tratamento I (100%) e do Tratamento II (10%) foram abertos para comprovar o

abandono. Todos os formigueiros dos dois tratamentos apresentavam-se sem formigas e sem fungo, com exceção de um formigueiro (F27) do Tratamento II (10%), que apresentava indícios de restos de fungo esporulado.

Os quatro formigueiros do Tratamento I (100%) e os quatro formigueiros do Tratamento II (10%) estavam extintos após determinado intervalo de dias de suas respectivas aplicações, conforme apresentado na tabela 7.

TABELA 7 - Dia da ocorrência de abandono após os tratamentos

Formigueiro	Tratamento	Aplicação	Abandono	Dia	Espécie
F23	T I (100%)	29/11/2012	09/12/2012	11 ^o	<i>A. crassispinus</i>
F13	T I (100%)	29/11/2012	30/11/2012	2 ^o	<i>A. crassispinus</i>
F02	T I (100%)	29/11/2012	01/12/2012	3 ^o	<i>A. crassispinus</i>
F30	T I (100%)	01/12/2012	05/12/2012	5 ^o	<i>A. crassispinus</i>
F27	T II (10%)	08/12/2012	09/12/2012	2 ^o	<i>A. hispidus</i>
F14	T II (10%)	08/12/2012	28/12/2012	21 ^o	<i>A. hispidus</i>
F21	T II (10%)	08/12/2012	28/12/2012	21 ^o	<i>A. crassispinus</i>
F22	T II (10%)	08/12/2012	09/12/2012	2 ^o	<i>A. crassispinus</i>

Fonte: Autor

Os formigueiros do Tratamento III (Controle) não apresentaram abandono das colônias durante o período de duração do experimento, apresentando formigas e fungo, além de sua estrutura externa perfeita e em bom estado de conservação.

Também foram abertos na última visita de inspeção os formigueiros do Tratamento III (Controle) e em três deles foi constatada a atividade da colônia, com a presença de formigas e de fungo. O quarto formigueiro (F32) não apresentou formigas nem fungo, porém o mesmo apresentava a sua estrutura externa perfeita e em bom estado de conservação.

Uma possível explicação para este fato pode ser devido à migração de colônias de *A. crassispinus* ser muito comum, conforme foi observado em estudos realizados por Nিকেle (2013), onde é apontado que uma colônia de formigas cortadeiras pode migrar após sofrer algum tipo de perturbação, como a intoxicação com iscas formicidas, enchentes, escassez de recursos para o forrageamento e interações competitivas intra e interespecíficas.

Outra possível explicação para a ausência de formigas no formigueiro F32 poderia ser devido à revoadas, conforme verificado por Nিকেle (2013) em seu

estudo, porém o tamanho deste formigueiro (0,182 m²) não é compatível com este comportamento.

A morte do formigueiro F32 é pouco provável, já que rainhas de *Acromyrmex* podem viver por até 10 anos em condições de laboratório, conforme observado por Weber (1972). Além disso, os ninhos de quem-quem são semi-claustrais, ou seja, a rainha sai para forragear na tentativa de garantir uma melhor formação do jardim de fungo, apesar do perigo de predação (FERNANDÉZ-MARÍN; ZIMMERMANN; WCISLO, 2004). As operárias de *Acromyrmex* raramente põem ovos na presença da rainha, mas em colônias órfãs as operárias se reproduzem quando a rainha morre ou fica ausente da colônia (CAMARGO et al., 2006).

No Apêndice C são apresentados todos os relatórios completos com as anotações de dados e observações de campo obtidas nas visitas de inspeção aos formigueiros dos três tratamentos.

4.4.3 Avaliação dos formigueiros

A observação da atividade das formigas após a aplicação dos Tratamentos I e II (tabela 8) demonstra que a aplicação do óleo no Tratamento I causou um efeito mais imediato e visível, tanto sobre o forrageamento quanto no comportamento de fuga ou mudança para um novo local. As principais alterações de comportamento observadas após a aplicação do Tratamento I foram o transporte para fora do formigueiro de fungo, material seco e ovos, além de atividades intensas no carreiro sem transporte de material. Como no Tratamento I a aplicação foi de óleo puro, é possível que o efeito tenha sido imediato devido à concentração de 100% do mesmo.

No Tratamento II não foi observado tal comportamento sobre o forrageamento uma vez que todos estes formigueiros não apresentaram esta atividade durante a duração do experimento. Também não foi observado comportamento de fuga ou mudança para novo local neste tratamento. Possíveis causas para esta ausência de comportamento de fuga podem ser devido à concentração da diluição (10%), tornando o seu efeito mais lento e ao intervalo de 18 dias entre duas observações durante o período do experimento, comportamento este que pode ter ocorrido e não foi observado neste intervalo.

Não foi possível avaliar estatisticamente o forrageamento dos formigueiros do Tratamento II por não apresentarem esta atividade durante os 49 dias de duração do experimento, o que fez com que o critério para avaliação estatística dos mesmos, assim como do Tratamento I e do Tratamento III fosse apenas a avaliação da temperatura interna, conforme literatura baseada em Powel e Stradling (1986) e Bollazzi e Roces (2010).

TABELA 8 - Comportamentos de forrageamento e de fuga/mudança - Tratamento I (100%)

DIA	F23		F13		F02		F30	
Antes	42	x	10	x	47	x	121	x
1º	18	m	6	x	-	-	46	x-a
1º	0	f-m	0	x-a	13	x	32	x-a
2º	0	f-o	0	x-a	0	m-o	92	m
2º	0	f-m	0	x	0	x-a	27	m
3º	0	m	0	x-a	0	x-a	0	x-a
3º	0	F-f-o	0	x	0	x-a	-	-
4º	0	m	0	x	0	o	-	-
4º	0	x-a	0	x	0	x-a	-	-
5º	0	m	0	x	0	x	0	x-a
6º	-	-	-	-	-	-	3	F-f-m-o
7º	0	x	0	x	0	x	-	-
8º	0	x	0	x	0	x	5	o
9º	-	-	-	-	-	-	7	m
9º	-	-	-	-	-	-	9	f-m-o
10º	0	x	0	x	0	x	18	m-o
11º	0	x	0	x	0	x	-	-
11º	0	x	0	x	0	x	-	-
12º	0	x	0	x	0	x	-	-
28º	-	-	-	-	-	-	0	x
30º	0	x	0	x	0	x	-	-
43º	-	-	-	-	-	-	0	x
45º	0	x	0	x	0	x	-	-

Fonte: Autor. Em cada formigueiro, números na coluna da esquerda representam forrageamento; letras na coluna da direita representam comportamento. (F): Forrageamento no sentido contrário ao formigueiro; (f): Transporte de fungo para fora do formigueiro; (m): Transporte de material seco; (o): Transporte de ovos para fora do formigueiro; (x): Ausência dos comportamentos F, f, m, o; (a): Atividade no carreiro, sem transporte de material; (-): Não monitorado.

Uma provável causa para a ausência de forrageamento na maioria dos formigueiros pré-selecionados pode ser a baixa umidade relativa do ar, oscilando entre 10% a 44%, com média de 37%, em observações realizadas nos dias que antecederam a efetiva aplicação dos tratamentos.

Esta ausência de forrageamento quando da ocorrência de baixas taxas de umidade relativa do ar foi constatada por Nickele (2013), em estudo onde foi verificado que *A. crassispinus* não forrageou em temperaturas abaixo de 10-11 °C e umidade relativa do ar abaixo de 40%, indicando que flutuações de temperatura e de umidade podem provocar alterações na taxa de respiração das formigas e na perda de água, bem como afetar o equilíbrio hídrico das plantas que foram cortadas, o que pode afetar indiretamente o tempo de manipulação e a qualidade nutricional das plantas que servirão de substrato ao fungo simbiote.

4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Foi realizada a avaliação estatística dos dados da temperatura interna de todos os formigueiros em todos os tratamentos.

Inicialmente foi determinado se os dados eram paramétricos (distribuição normal) ou não. O resultado indicou que os dados não são paramétricos, conforme o teste de Shapiro-Wilk, em que o valor de p calculado foi igual a 0,97260 e p-crítico foi igual a 0,03662 a 5% de probabilidade.

Desta forma, submeteu-se ao teste de Kruskal-Wallis para determinar se havia diferença significativa entre os tratamentos, não havendo diferença entre os mesmos, conforme apresentado na tabela 9.

TABELA 9 – Teste de média entre os tratamentos

Tratamento	Repetições	Média
I (100%)	63	23,99206 a
II (10%)	24	23,52917 a
III (Controle)	12	23,64167 a

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si.

H0: As médias não são diferentes. Ao nível de 5% de probabilidade $H = 0,3937$,

H crítico = 5,9915, p-valor > 0,05, H0 não rejeitada. Ao nível de 1% de probabilidade $H = 0,3937$, H crítico = 9,2104, p-valor > 0,01, H0 não rejeitada.

Como o número de repetições foi diferente nos três tratamentos (63 repetições para o Tratamento I, 24 repetições para o Tratamento II e 12 repetições para o Tratamento III), foi realizada a avaliação estatística para as médias das temperaturas internas para cada tratamento, o que fez com que a distribuição fosse normalizada, conforme indicado pelo teste de Shapiro-Wilk, em que o valor de p calculado foi igual a 0,87665 e p-crítico foi igual a 0,07940 a 5% de probabilidade.

A partir daí realizou-se um teste de ANOVA (Análise de Variância) dos valores médios para determinar se havia diferença significativa entre os tratamentos (Teste de Tukey), sendo constatado que não houve diferença significativa entre os mesmos, conforme apresentado na tabela 10.

TABELA 10 - Médias das temperaturas internas médias dos tratamentos

Tratamento	Médias
I (100%)	24,21000 a
II (10%)	23,52917 a
III (Controle)	23,56500 a

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Diferença mínima significativa = 4,01228, F crítico = 0,0254, F = 0,1423, $p > 0,050$

As análises estatísticas realizadas demonstraram não haver diferenças significativas entre os tratamentos, porém, as observações de campo demonstraram que houve diferenças importantes entre os tratamentos e as testemunhas. Desta forma optou-se por realizar mais uma avaliação estatística, na qual foi avaliada a temperatura interna dos formigueiros “com” e “sem” formigas.

Foi realizado o teste para verificação da normalidade da distribuição dos dados. O resultado indicou que os dados são paramétricos, conforme o teste de Shapiro-Wilk, em que o valor de p calculado foi igual a 0,93873 e p-crítico foi igual a 0,22682 a 5% de probabilidade.

A partir daí realizou-se um teste de ANOVA (Análise de Variância) dos valores médios para determinar se havia diferença significativa entre os tratamentos (Teste de Tukey), sendo constatado que não houve diferença significativa entre os mesmos, conforme apresentado na tabela 11.

TABELA 11 - Médias das temperaturas internas médias dos tratamentos com e sem formigas

Temp. int.	Médias
Com form.	24,27361 a
Sem form.	22,71930 a

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Diferença mínima significativa = 4,82907, F crítico = 4,4139, F = 2,1932, $p = 0,1558$, nr Com = 12, nr Sem = 8.

Embora os resultados observados em campo não puderam ser confirmados através das análises estatísticas, o resultado das colônias tratadas com o óleo essencial de *D. angustifolia* foi o abandono das mesmas nos dois tratamentos realizados.

Devido à análise estatística ter sido realizada com os dados da temperatura interna dos formigueiros, pode-se concluir que o critério adotado para a escolha dos parâmetros de verificação estatística (temperatura interna) não foi ideal para demonstrar a ação do óleo sobre os formigueiros, conforme comprovado pela observação de campo.

Baseado nos estudos de Powel e Stradling (1986) e Bollazzi e Roces (2010), foi adotado como critério de abandono do formigueiro a constatação da temperatura interna inferior a 20 °C, nos levantamentos estatísticos realizados.

De acordo com Powel e Stradling (1986) e Bollazzi e Roces (2010), o fungo simbiote cultivado pelas formigas cortadeiras, que representa a única fonte de alimento para as larvas em desenvolvimento, requer alta umidade e temperaturas entre 20 °C e 25 °C para o seu desenvolvimento adequado, sendo que temperaturas superiores a 30 °C são letais para o fungo. Bollazzi e Roces (2010) constataram, ainda, que as formigas também realizam a termorregulação da colônia.

Esta constatação não foi possível de ser verificada, uma vez que os formigueiros F13, F30, F27 e F14 apresentaram temperatura interna superior a 20 °C mesmo após as formigas terem abandonado a colônia, conforme as observações de campo, detalhadas nos relatórios do Apêndice C e nos gráficos do Apêndice D.

Uma possível causa para esta divergência de observação (temperatura interna superior a 20 °C com ausência de formigas), em relação aos dois estudos citados, pode ser devido ao estudo de Powell e Stradling (1986) ter sido realizado em laboratório, sob condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar, e o estudo de Bollazzi e Roces (2010) ter sido conduzido em campo em uma região mais fria (sul do Uruguai) em relação à região em que foi realizado este trabalho.

O presente estudo procurou demonstrar, conforme um dos seus objetivos específicos, a relação entre a temperatura interna do formigueiro e a viabilidade do mesmo, o que não foi comprovado pelos dados das temperaturas coletadas e as avaliações estatísticas realizadas quando confrontado com os dados de Powel e Stradling (1986) e Bollazzi e Roces (2010). Os resultados da avaliação estatística apontaram, neste caso específico, que não houve diferença significativa entre os tratamentos de aplicação do óleo e o tratamento de controle.

Não havendo diferença significativa entre as temperaturas internas dos três tratamentos realizados, procurou-se verificar se havia correlação entre a área dos

formigueiros estudados e a temperatura interna das colônias, nos momentos “com” e “sem” formigas.

As correlações para as colônias no momento em que havia formigas, entre suas respectivas áreas e temperaturas internas indicaram que não houve correlação entre elas, conforme tabela 12.

TABELA 12 - Correlação entre temperatura interna com formigas x área do formigueiro

COM FORMIGAS		
Formigueiro	Média Temp. interna °C	Área m²
F23	24,008	0,7200
F13	22,850	0,4818
F02	21,500	0,1720
F30	28,340	0,3000
F27	27,000	0,2808
F14	26,775	0,0300
F21	23,900	0,1400
F22	22,650	0,0300
	<i>TEMP.</i>	<i>ÁREA</i>
<i>TEMP.</i>	1	
<i>ÁREA</i>	-0,039129371	1

Fonte: Autor

As correlações para as colônias no momento em que não havia formigas, entre suas respectivas áreas e temperaturas internas indicaram que houve correlação entre elas, porém esta correlação foi muito fraca, conforme tabela 13.

TABELA 13 - Correlação entre temperatura interna sem formigas x área do formigueiro

SEM FORMIGAS		
Formigueiro	Média Temp. interna °C	Área m²
F23	21,160	0,7200
F13	23,287	0,4818
F02	22,508	0,1720
F30	27,975	0,3000
F27	23,075	0,2808
F14	22,800	0,0300
F21	19,500	0,1400
F22	21,450	0,0300
	<i>TEMP.</i>	<i>ÁREA</i>
<i>TEMP.</i>	1	
<i>ÁREA</i>	0,074771904	1

Fonte: Autor

Sendo assim, é possível concluir que as áreas dos formigueiros não influenciaram nas temperaturas internas dos mesmos, tanto nos momentos em que havia formigas, quanto nos momentos em que não havia formigas nas colônias.

5 CONCLUSÃO

A extração do óleo essencial das folhas de *Drimys angustifolia* Miers, 1858, em equipamento industrial demonstra ser viável, sendo possível obter óleo essencial tanto de folhas frescas quanto de folhas secas.

O percentual de rendimento da extração do óleo essencial das folhas secas é maior quando comparado ao percentual obtido com a extração realizada com as folhas frescas.

Alguns dos principais monoterpenos relacionados à baixa palatabilidade das formigas às acículas maduras de *Pinus taeda* Linnaeus, 1758, são encontrados no óleo essencial de *D. angustifolia*.

A utilização da temperatura interna das colônias não mostra ser um bom parâmetro de avaliação para verificação da ação do óleo.

O óleo essencial de *D. angustifolia* demonstra possuir função antagônica às formigas nos dois tratamentos realizados.

A concentração de 100% de óleo essencial desencadeia um comportamento anormal das formigas nas primeiras avaliações após a sua aplicação.

A aplicação do óleo essencial de *D. angustifolia* alterou o comportamento das formigas e demonstra possuir potencial para investigação no controle alternativo de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* Mayr, 1865.

6 RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Novos estudos são necessários no sentido de identificar se o efeito dos tratamentos realizados com o óleo essencial de *Drimys angustifolia* Miers, 1858, na ação antagônica às formigas são oriundos dos constituintes isolados ou da sinergia entre estes constituintes.

São necessários, também, estudos para verificar possíveis impactos do óleo sobre o solo e o seu comportamento nos processos ecológicos que porventura possam ser afetados por uma eventual futura utilização desta alternativa no controle de formigas cortadeiras.

Recomenda-se verificar a pressão exploratória que possa haver sobre a espécie *D. angustifolia* no caso da utilização desta em larga escala.

Estudos complementares em laboratório utilizando o óleo essencial de *D. angustifolia*, em diferentes concentrações aplicadas sobre o fungo *Leucoagaricus gongylophorus* (Möller) Singer, 1986, devem ser realizados.

A realização de novos experimentos à campo é recomendada, utilizando-se o comportamento de forrageamento como parâmetro de avaliação da ação do óleo essencial de *D. angustifolia*, bem como novos testes com diferentes espécies de quem-quem em outras regiões do Sul do Brasil.

A determinação do rendimento percentual da extração do óleo essencial de folhas frescas e de folhas secas, com massas iniciais iguais, deve ser investigada.

O presente estudo teve como premissa a avaliação do efeito do óleo essencial das folhas de *D. angustifolia* em colônias de formigas do gênero *Acromyrmex* Mayr, 1865, à campo, obtendo resultados iniciais, porém, promissores, encorajando a realização de novos trabalhos na utilização de óleos essenciais da flora nativa em controle alternativo de pragas.

REFERÊNCIAS

- ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2006 ano base 2005**. Brasília: ABRAF, 2006.
- ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília: ABRAF, 2012.
- ABREU, D. C. A. de et al. Caracterização morfológica de frutos e sementes de cataia (*Drimys brasiliensis* Miers – Winteraceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, PR, v. 27, n. 2, p. 67-64, 2005.
- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography, mass spectroscopy**. 4th. ed. Carol Stream, Illinois, USA: Allured, 2007.
- ALMEIDA, A. F. de; ALVES, J. E. M. **Controle integrado de Saúvas na Aracruz Florestal**. Aracruz - ES: Aracruz Florestal, 1982.
- ANVISA. **Estudo traça perfil do mercado de agrotóxicos no Brasil**. Disponível em: <<http://s.anvisa.gov.br/wps/s/r/voe>>. Acesso em: 06 out. 2012.
- ANDERSSON, F. da S. et al. Influência da temperatura no desenvolvimento do fungo simbionte de formigas cortadeiras. In: XV CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - VIII ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 2006, Pelotas. **Resumos...** Pelotas: UFPEL, 2006.
- ARAÚJO, M. da S.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SOUZA, D. J. Estratégias alternativas de controle de formigas cortadeiras. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 6, n. 1, p. 71-74, 2003.
- ARAÚJO CÂMARA, F. L. Controlando formigas com homeopatia. **Agroecologia-hoje**, Botucatu, SP, ano 4, n. 28, p. 15, dez. 2004 - jan. 2005, 2005.
- ARENALES, M. do C. **Agroecologia-hoje**, Botucatu, SP, ano 4, n. 28, p. 19, dez. 2004 - jan. 2005, 2005.
- ARIOLI, T.; VOLTOLINI, C. H.; SANTOS, M. Morfoanatomia foliar da reófito *Raulinoa echinata* R.S. Cowan - Rutaceae. **Acta Bot. Bras.**, Feira de Santana, BA, v. 22, n. 3, p. 723-732, 2008.
- BASS, M.; CHERRETT, J. M. Fungal hyphae as a source of nutrients for the leafcutting ant *Atta sexdens*. **Physiological Entomology**, v. 20, n. 1, p. 1-6, 1995.
- BIAVATTI, M. W. et al. Biological Activity of Quinoline Alkaloids from *Raulinoa echinata* and X-ray Structure of Flindersiamine. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 13, n. 1, p. 66-70, 2002.

BIAVATTI, M. W. et al. Leaf-Cutting Ants Toxicity of Limonexic Acid and Degraded Limonoids from *Raulinoa echinata*. X-Ray Structure of Epoxy-fraxinellone. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6b, p. 1443-1447, 2005.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.

BOARETTO, M. A. C.; FORTI, L. C. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série Técnica IPEF**, São Paulo, v. 11, n. 30, p. 31-46, 1997.

BOLLAZZI, M.; KRONENBITTER, J.; ROCES, F. Soil temperature, digging behaviour, and the adaptive value of nest depth in South American species of *Acromyrmex* leaf-cutting ants. **Oecologia**, v. 158, n. 1, p. 165-175, 2008.

BOLLAZZI, M.; ROCES, F. The thermoregulatory function of thatched nests in the South American grass-cutting ant, *Acromyrmex heyeri*. **Journal of Insect Science**, v. 10, n. 137, p. 1-17, 2010.

BORBA, R. da S. et al. Crescimento do fungo simbiote de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* em meios de cultura com diferentes extratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 725-730, 2006.

BORÉM, Aluizio. **Biotecnologia florestal**. Viçosa: Ed. da UFV, 2007.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988** (promulgada em 5 de outubro de 1988), 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em: 13 out. 2012.

BUENO, O. C. et al. Toxicity of sesame extracts to leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 44, n. 3, p. 599-606, 2004.

BUENO, O. C. Plantas inseticidas no controle de formigas cortadeiras. **Agroecologia-hoje**, Botucatu, SP, ano 4, n. 28, p. 20-22, dez. 2004 - jan. 2005, 2005.

BUZZI, Z. J. **Entomologia didática**. 4. ed. Curitiba: Editora UFPR, 2005.

BUZZI, Z. J. **Nomes populares de insetos e ácaros do Brasil**. Curitiba: Editora UFPR, 2009.

CAMARGO, R. S. et al. Studies on Leaf-Cutting ants, *Acromyrmex* spp. (Formicidae, Attini): Behavior, reproduction and control. **Recent Research Developments in Entomology**, v. 5, p. 1-21, 2006.

CANTARELLI, E. B. et al. Avaliação de óleos essenciais de acículas de *Pinus taeda* quanto à preferência no corte por formigas. **Anais do Simpósio de Mirmecologia**, 16., Florianópolis, SC, p. 477-479, 2003.

CANTARELLI, E. B. **Silvicultura de precisão no monitoramento e controle de formigas cortadeiras em plantios de *Pinus***. 2005. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), Santa Maria, RS, 2005.

CARPANEZZI, A. A. et al. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1988.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. 2. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1969.

CECHINEL FILHO, V.; YUNES, R. A. Estratégias para obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais: Conceitos sobre modificação estrutural para otimização da atividade. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 99-105, 1998.

CHERRETT, J. M. The economic importance and control of leafcutting ants. In: VINSON, S. B. (Ed.). **Economic impact and control of social insects**. New York: Praeger, 1986. p. 165-192.

CORASSA, J. N. et al. Efeito de iscas formicidas granuladas sobre a biodiversidade de mirmecofauna não alvo em serapilheira de eucalipto. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 1, p. 35-42, 2013.

CUNHA, A. P.; CAVALEIRO, C.; SALGUEIRO, L. Fármacos aromáticos: plantas aromáticas e óleos essenciais. In: CUNHA, A. P. **Farmacognosia e fitoquímica**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2005. p. 341- 412.

DE FINE LICHT, H. H.; BOOMSMA, J. J. Forage collection, substrate preparation, and diet composition in fungus-growing ants. **Ecological Entomology**, v. 35, n. 3, p. 259-269, 2010.

DELLA LUCIA, T. M. C. **Formigas cortadeiras: da Bioecologia ao Manejo**. Viçosa, MG: Editora da UFV, 2011.

DERITA, M. G.; LEIVA, M. L.; ZACHINO, S. A. Influence of plant part, season of collection and content of the main active constituent, on the antifungal properties of *Polygonum acuminatum* Kunth. **Journal of Ethnopharmacology**, New York, USA, v. 124, p. 377-383, 2009.

DIAS, B. F. S. **A implementação da convenção sobre diversidade biológica no Brasil: desafios e oportunidades**. Campinas: André Tosello, 1996.

FARJI-BRENER, A. G. Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. **Oikos**, v. 92, n. 1, p. 169-177, 2001.

FARJI-BRENER, A. G.; GHERMANDI, L. Leaf-cutting ant nests near roads increase fitness of exotic plant species in natural protected areas. **Proceedings B of the Royal Society**, v. 275, p. 1431-1440, 2008.

FERNANDÉZ-MARÍN, H.; ZIMMERMAN, J. K.; WCISLO, W. T. Ecological traits and evolutionary sequence of nest establishment in fungus-growing ants (Hymenoptera, Formicidae, Attini). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 81, p. 39-48, 2004.

FERREIRA, M. L. P. C. **De defensivos agrícolas a agrotóxicos: desafios para a regulamentação dos agroquímicos no Brasil**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2011.

FLORIANI, S. C. **Atividade antimicrobiana do extrato hexânico de *Drimys angustifolia***. 2010. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Farmácia), Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau, SC, 2010.

FONTES, L. R.; MILANO, S. Entomologia Forense Urbana e de Produtos Estocados. Quando os Insetos são o Problema. In: OLIVEIRA-COSTA, J. (Org.). **Entomologia forense: quando os insetos são os vestígios**. 2. ed. rev., atual. e ampl. Campinas (SP): Millennium, 2008. p. 311-353.

FORTI, L. C. et al. Bionomics and Identification of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) Through an Illustrated Key. **Sociobiology**, California, USA, v. 48, n. 1, p. 135-153, 2006.

FOWLER, H. G. et al. Population dynamics of leaf-cutting ants: a brief re-view. In: LOFGREN, C. S.; VANDER MEER, R. K. (Eds.). **Fire ants and leaf-cutting ants: biology and management**. Boulder, Colorado (USA): West-view Press, 1986. p. 123-145.

FSC. **Fsc Pesticides Policy Guidance Addendum: List of Approved Derogations for use of 'Highly Hazardous' Pesticides - Fsc-gui-30-001a V1-0 En** (updated February 2012). Disponível em: <<http://ic.fsc.org/guidance.335.htm>>. Acesso em: 13 out. 2012.

FURLAN, M.; BERGAMO, D. C. B.; KATO, M. J. Biossíntese de produtos naturais: atualidades e perspectivas no desenvolvimento de novos fármacos. In: YUNES, R. A.; CECHINEL FILHO, V. (Org.). **Química de produtos naturais, novos fármacos e a moderna farmacognosia**. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2007. cap. 4, p. 83-99.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GAVIRIA, M. et al. Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil of *Drimys granadensis* L.f. Leaves from Colombia. **Chemistry & Biodiversity**, Zürich, Switzerland, v. 8, p. 532-539, 2011.

GERSHENZON, J; DUDAREVA, N. The function of terpene natural products in the natural world. **Nature Chemical Biology**, Cambridge, Massachusetts, USA, v. 3, n. 7, p. 408-414, 2007.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GODOY, M. F. P. **Atividade de extratos vegetais e seus derivados sobre o crescimento do fungo simbiote de *Atta sexdens* L. e outros microrganismos.** 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Rio Claro, SP, 2003.

GOMES, P. **Três cidades de SC querem ser donas do Morro da Igreja, o mais gelado do Brasil.** Disponível em: <<http://diariocatarinense.clicrbs.com.br/sc/geral/noticia/2012/07/tres-cidades-de-sc-querem-ser-donas-do-morro-da-igreja-o-mais-gelado-do-brasil-3816236.html>>. Acesso em: 21 out. 2012.

GONÇALVES, C. R. O Gênero *Acromyrmex* no Brasil (Hym. Formicidae). **Studia Ent.**, v. 4, fasc. 1-4, p. 113-180, 1961.

GORDON, D. M. The Dynamics of Foraging Trails in the Tropical Arboreal Ant *Cephalotes goniodontus*. **Plos One**, v. 7, n. 11, p. 1-7, 2012.

GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. Biodiversidade: aspectos biológicos, geográficos, legais e éticos. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 6 ed. 1ª reimpr. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/Editora da UFSC, 2010. cap. 1, p. 13-28.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia.** 3. ed. São Paulo: Roca, 2008.

HEBLING, M. J. A. et al. Effects of leaves of *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae) on nest development and on respiratory metabolism of leaf-cutting ants *Atta sexdens* L. (Hym., Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 124, n. 5-6, p. 249-252, 2000.

HERBIA. **Óleos essenciais.** Disponível em: <<http://www.herbia.com.br>>. Acesso em: 21 out. 2012.

HENRIQUES, A. T.; SIMÕES-PIRES, C. A.; APEL, M. A. Óleos essenciais: importância e perspectivas terapêuticas. In: YUNES, R. A.; CECHINEL FILHO, V. (Org.). **Química de produtos naturais, novos fármacos e a moderna farmacognosia.** Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2007. cap. 9, p. 211-235.

HERZ, H.; HÖLLDOBLER, B.; ROCES, F. Delayed rejection in a leaf-cutting ant after foraging on plants unsuitable for the symbiotic fungus. **Behavioral Ecology**, v. 19, n. 3, p. 575-582, 2008.

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

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The superorganism: the beauty, elegance, and strangeness of insect societies.** New York/London: W. W. Norton & Company, 2009.

HOWARD, J. J. et al. Conditioning of scouts and recruits during foraging by a leafcutting ant, *Atta colombica*. **Animal Behavior**, v. 52, n. 2, p. 299-306, 1996.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Territorial do Brasil.** Disponível em: <http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?u=geoftp.ibge.gov.br/organizacao_territorial/divisao_territorial/2013/dtb_2013.zip>. Acesso em: 23 mar. 2013a.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=421917>>. Acesso em: 23 mar. 2013b.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Parque Nacional de São Joaquim.** Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/o-que-fazemos/visitacao/ucs-abertas-a-visitacao/196-parque-nacional-de-sao-joaquim.html>>. Acesso em: 23 mar. 2013.

IRANI. **Celulose Irani S/A.** Disponível em: <<http://www.irani.com.br/>>. Acesso em: 05 mar. 2013.

JACCOUD, D'A. de B. **Formigas cortadeiras: princípios de manejo integrado de áreas infestadas.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Série Meio Ambiente em debate, ISSN 1413-2583; 34. Brasília: Ed. IBAMA, 2000.

JACCOUD, D'A. de B. Notas sobre a biologia e manejo integrado de formigas cortadeiras. **Agroecologia-hoje**, Botucatu, SP, ano 4, n. 28, p. 5-8, dez. 2004 - jan. 2005, 2005.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal.** 13. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002.

JUDD, W. S. et al. **Plant Systematics: A Phylogenetic Approach.** Sunderland, Massachusetts, USA: Sinauer Associates, 1999.

KLEIN, R. M. **Flora Ilustrada Catarinense: Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina.** Itajaí/Florianópolis: HBR/UFSC, 1978.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Eschborn, Alemanha: GTZ, 1990.

LARANJEIRO, A. J.; LOUZADA, R. M. Manejo de formigas cortadeiras em florestas. **Série Técnica IPEF**, São Paulo, v. 13, n. 33, p. 115-123, 2000.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. **Biodiversidade Brasileira: Síntese do Estado Atual do Conhecimento**. Campinas: UNICAMP, 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/estarte.doc>. Acesso em: 21 out. 2012.

LIMA, C. A.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SILVA, N. A. **Formigas cortadeiras: biologia e controle** (Boletim de Extensão nº 44). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001.

LIMBERGER, R. P. et al. Comparative analysis of volatiles from *Drimys brasiliensis* Miers and *D. angustifolia* Miers (Winteraceae) from Southern Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, n. 3, p. 130-137, 2007.

LINK, F. M. **Desenvolvimento de formigueiros iniciais por *Acromyrmex heyeri*, Forel 1899, em Santa Maria, RS**. 2005. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, 2005.

LITTLEDYKE, M.; CHERRETT, J. M. Direct ingestion of plants sap from cut leaves by the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae). **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v. 66, n. 2, p. 205-217, 1976.

LOPES, B. C. Recursos vegetais usados por *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera, Formicidae) em restinga da Praia da Joaquina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 372-382, junho 2005.

LOPES, G. de A. **Política de uso de agroquímicos adotada pelo FSC** (Revista Opiniões, dez. 2008-fev. 2009). Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=523>>. Acesso em: 13 out. 2012.

MALHEIROS, A. **Estudos químicos farmacológicos e alelopáticos das espécies *Drimys angustifolia* e *Drimys brasiliensis* (WINTERACEAE)**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2001.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das gimnospermas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1996.

MARICONI, F. A. M. **Inseticidas e seu emprego no combate às pragas: vol. 1 - Defensivos**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1981.

MARINHO, C. G. S; DELLA LUCIA, T. M. C.; PICANÇO, M. C. Fatores que dificultam o controle das formigas cortadeiras. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 2, p. 18-21, 2006.

MAURY, C. M. (Org.). **Biodiversidade Brasileira: Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA/SBF, 2002.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável do Território do Meio Oeste Contestado**: versão preliminar. Xanxerê: Secretaria de Desenvolvimento Territorial, 2006. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_territorio033.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2013.

MELLO-SILVA, R. **Winteraceae**: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB015323>>. Acesso em: 20 out. 2012.

MELO, G. A. R.; AGUIAR, A. P.; GARCETE-BARRETT, B. R. HYMENOPTERA Linnaeus, 1758. In: RAFAEL, J. A. et al. (Ed.). **Insetos do Brasil**: Diversidade e Taxonomia. Ribeirão Preto: Holos, 2012. p. 554-612.

MENEGHETTI, E. K. **Extração, caracterização e avaliação antibacteriana do óleo essencial de *Drimys angustifolia* Miers**. 2010. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Química), Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau, SC, 2010.

MEYER, S. T. et al. Ecosystem engineering by leaf-cutting ants: nests of *Atta cephalotes* drastically alter forest structure and microclimate. **Ecological Entomology**, v. 36, p. 14-24, 2011.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação**: Parque Nacional de São Joaquim. Disponível em: <<http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=165>>. Acesso em: 23 mar. 2013.

MOREIRA, D. D. O. **Trofalaxia oral entre operárias de *Acromyrmex subterraneus subterraneus* (Hymenoptera: Formicidae)**. 2007. 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacases, RJ, 2007.

MOREIRA, D. D. O. et al. Trofalaxia oral em sete espécies de Attini. **Biológico**, São Paulo, v. 69, suplemento 2, p. 403-404, 2007.

MOREIRA, A. A. Formigas cortadeiras. In: **13ª Reunião Técnica do PROTEF: Atualização em proteção florestal na Bahia**. Vitória da Conquista BA, 2009. Disponível em: <http://www.ipef.br/eventos/2009/rtprotef13/RTProtef-Palestra_04.pdf> Acesso em: 07 abr. 2013.

MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. C.; DAVIDSON, E. A. Influence of Leaf-Cutting Ant Nests on Secondary Forest Growth and Soil Properties in Amazonia. **Ecology**, v. 84, n. 5, p. 1265-1276, 2003.

MUNDIM, F. M. et al. Attack frequency and the tolerance to herbivory of Neotropical savanna trees. **Oecologia**, v. 168, n. 2, p. 405-414, 2012.

NICKELE, M. A. et al. Densidade e tamanho de formigueiros de *Acromyrmex crassispinus* em plantios de *Pinus taeda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 4, p. 347-353, 2009.

NICKELE, M. A.; PIE, M. R.; REIS FILHO, W. Emigration of a colony of the leaf-cutting ant *Acromyrmex heyeri* (Forel) (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 3, p. 385-386, 2012.

NICKELE, M. A. et al. Attack of leaf-cutting ants in initial pine plantations and growth of plants artificially defoliated. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 7, p. 892-899, 2012.

NICKELE, M. A. **Dinâmica populacional e ecologia do forrageamento de *Acromyrmex Mayr, 1865* (Hymenoptera: Formicidae)**. 2013. 156 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, 2013.

NIERO, R.; MALHEIROS, A. Principais aspectos químicos e biológicos dos terpenos. In: YUNES, R. A.; CECHINEL FILHO, V. (Org.). **Química de produtos naturais, novos fármacos e a moderna farmacognosia**. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2007. cap. 10, p. 239-257.

NORTH, R. D.; JACKSON, C. W.; HOWSE, P. E. Communication between the fungus garden and workers of the leaf-cutting ant, *Atta sexdens rubropilosa*, regarding choice of substrate for the fungus. **Physiological Entomology**, v. 24, n. 2, p. 127-133, 1999.

OLIVEIRA, M. F. S. S. **Controle de formigas cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae) com produtos naturais**. 2006. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Rio Claro, SP, 2006.

OSTERROHT, M. Von. A prática do controle de formigas cortadeiras: medidas de controle de baixo impacto ambiental que podem ser tomadas a curto prazo. **Agroecologia-hoje**, Botucatu, SP, ano 4, n. 28, p. 24-26, dez. 2004 - jan. 2005, 2005.

PAPAI, C. **FSC e agroquímicos**. Disponível em: <<http://engenharia-florestal.blogspot.com.br/2009/09/fsc-e-agroquimicos.html>>. Acesso em: 13 out. 2012.

PARRA, J. R. P. et al. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. Barueri, SP: Manole, 2002.

PERDOMO, M. H. **Ecologia de *Atta insularis* Guérin (Insecta: Formicidae) em uma pastagem de *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) e *Panicum maximum* (Poaceae) em San José de las Lajas, Cuba**. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2008.

PEREIRA, L. G. B. **Estratégias de controle de formigas cortadeiras**: dossiê técnico. Belo Horizonte: CETEC, 2007. Disponível em: <<http://sbtr.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/OTY=>>. Acesso em: 14 out. 2012.

PICANÇO, M. C. **Caderno de estudos**: setor de entomologia. Viçosa, MG: UFV, 2010.

PIKART, T. G. et al. Dispersion of Seeds of Tree Species by the Leaf-Cutting Ant *Acromyrmex subterraneus molestans* (Hymenoptera: Formicidae) in Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. **Sociobiology**, v. 56, n. 3, p. 645-652, 2010.

PIZZAMIGLIO, M. A. Ecologia das interações inseto/planta. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. (Ed.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. cap. 4, p. 101-129.

POSER, G. L. von; MENTZ, L. A. Diversidade biológica e sistemas de classificação. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. 6 ed. 1ª reimpr. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/Editora da UFSC, 2010. cap. 4, p. 75-90.

POWELL, R. J.; STRADLING, D. J. Factors influencing the growth of *Attamyces bromatificus*, a symbiont of *Attine* ants. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 87, n. 2, p. 205-213, 1986.

RAFAEL, J. A. et al. (Ed.). **Insetos do Brasil**: Diversidade e Taxonomia. Ribeirão Preto: Holos, 2012.

RANDO, J. S. S.; FORTI, L. C. Ocorrência de formigas *Acromyrmex* Mayr, 1865, em alguns municípios do Brasil. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 27, n. 2, p. 129-133, 2005.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

REIS FILHO, W.; OLIVEIRA, S. de. **Atividade externa, carregamento de isca granulada e controle de *Acromyrmex crassispinus* em floresta de *Pinus taeda***: Comunicado Técnico 78. Colombo, PR: EMBRAPA, 2002.

RIBEIRO, S. B. et al. Activity of Sesame Leaf Extracts Against the Symbiotic Fungus of *Atta sexdens* L. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, PR, v. 27, n. 3, p. 421-426, 1998.

RIBEIRO, V. L. S. et al. Chemical composition and larvicidal properties of the essential oils from *Drimys brasiliensis* Miers (Winteraceae) on the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* and the brown dog tick *Rhipicephalus sanguineus*. **Parasitology Research**, Berlin, v. 102, n. 3, p. 531-535, 2008.

RIDLEY, P.; HOWSE, P. E.; JACKSON, C. W. Control of the behaviour of leaf-cutting ants by their 'symbiotic' fungus. **Experientia**, Basileia, Suíça, v. 52, n. 6, p. 631-635, 1996.

- RODRIGUES, A. O papel dos microfungos associados aos jardins das formigas *Attini* (Hymenoptera: Formicidae). 2009. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Rio Claro, SP, 2009.
- ROEL, A. R. Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o Desenvolvimento Rural Sustentável. **Interações - Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, Campo Grande, MS, v. 1, n. 2, p. 43-50, 2001.
- SANTA CATARINA. **Municípios**. Disponível em: <<http://www.sc.gov.br/portalturismo/Default.asp?CodMunicipio=121&Pag=1>>. Acesso em: 23 mar. 2013a.
- SANTA CATARINA. **Municípios**. Disponível em: <<http://www.sc.gov.br/portalturismo/Default.asp?CodMunicipio=319&Pag=1>>. Acesso em: 23 mar. 2013b.
- SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/Editora da UFSC, 2003. p. 323-354.
- SAVERSCHEK, N. et al. Avoiding plants unsuitable for the symbiotic fungus: learning and long-term memory in leaf-cutting ants. **Animal Behaviour**, v. 79, n. 3, p. 689-698, 2010.
- SCHEER, M. B.; MOCOCHINSKI, A. Y. Florística vascular da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de quatro serras no Paraná. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 2, p. 1-19, 2009.
- SCHOENIAN, I. et al. Chemical basis of the synergism and antagonism in microbial communities in the nests of leaf-cutting ants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)**, Ithaca, New York, USA, v. 108, n. 5, p. 1955-1960, 2011.
- SILVA, L. da et al. Biciclogermacreno, resveratrol e atividade antifúngica em extratos de folhas de *Cissus verticillata* (L.) Nicolson & Jarvis (*Vitaceae*). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 17, n. 3, p. 361-367, 2007.
- SILVEIRA, L. C. P. **Manejo do habitat para conservação de inimigos naturais: Notas de aula ENT 114 - Controle biológico de pragas (UFLA)**. Disponível em: <http://www.den.ufla.br/siteantigo/Professores/Luis/Disciplinas/disciplinaENT114_arquivos/Aula_conserva%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 20 out. 2012.
- SIMÕES, J. W. Reflorestamento e manejo de florestas implantadas. **Documentos florestais - ESALQ**, Piracicaba, SP, v. 4, p. 1-29, 1989.
- SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química orgânica**. Tradução de Robson Mendes Matos. 8. ed. v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- SOUSA, N. J. **Avaliação do uso de três tipos de porta-isca no controle de formigas cortadeiras, em áreas preparadas para a implantação de**

povoamentos de Pinus taeda L. 1996. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, 1996.

SOUSA, N. J. **Formigas cortadeiras.** Disponível em: <<http://www.floresta.ufpr.br/~lpf/pragas01.html>>. Acesso em: 19 ago. 2012.

SOUZA, M. D.; PERES FILHO, O.; DORVAL, A. Efeito de extratos naturais de folhas vegetais em *Leucoagaricus gongylophorus* (Möller) Singer, (Agaricales: Agaricaceae). **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, PR, v. 7, n. 3, p. 461-471, 2011.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II.** Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2005.

SPIELMANN, A. A.; PUTZKE, J. *Leucoagaricus gongylophorus* (Agaricales, Basidiomycota) em ninho ativo de formigas *Attini* (*Acromyrmex aspersus*). **Caderno de Pesquisa Sér. Bot.**, Santa Cruz do Sul, v. 10, n. 1-2, p. 27-36, 1998.

THOMAS, J. C. **Formigas cortadeiras: instruções básicas para o controle.** Curitiba: EMATER-PR, 1990.

TRINTA, E. F.; SANTOS, E. **Winteráceas.** Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 19 p., (Flora Illustrada Catarinense), 1997.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos.** Tradução: All Tasks. Título original: Borror and DeLong's introduction to the study of insects. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

UKAN, D. **Avaliação qualitativa e quantitativa de micro-porta-iscas para o controle de formigas cortadeiras, em plantios de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes cronogramas silviculturais.** 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, 2008.

VALDERRAMA-ESLAVA, E. I.; MONTOYA-LERMA, J.; GIRALDO, C. Enforced herbivory on *Canavalia ensiformis* and *Tithonia diversifolia* and its effects on leaf-cutting ants, *Atta cephalotes*. **Journal of Applied Entomology**, v. 133, n. 9-10, p. 689-694, 2009.

VASCONCELOS, H. L.; CHERRETT, J. M. Leaf-cutting ants and early forest regeneration in central Amazonia: effects of herbivory on tree seedling establishment. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, n.3, p. 357-370, 1997.

VASQUES, A. G. et al. Uma síntese da contribuição do gênero *Pinus* para o desenvolvimento sustentável no sul do Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 445-450, 2007.

VENZON, M.; PAULA JR., T. J. de; PALLINI, A. (Coord.). **Tecnologias alternativas para o controle de pragas e doenças.** Viçosa, MG: EPAMIG, 2006.

VERZA, S. S. et al. Nest architecture of the leaf-cutting ant *Acromyrmex rugosus rugosus*. **Insectes Sociaux**, Basileia, Suíça, v. 54, n. 4, p. 303-309, 2007.

VIEIRA, P. C.; MAFEZOLI, J.; BIAVATTI, M. W. Inseticidas de origem vegetal. In: FERREIRA, J. T. B.; CORRÊA, A. G.; VIEIRA, P. C. (Org.). **Produtos naturais no controle de insetos**. São Carlos, SP: Ed. UFSCAR, 2001. cap. 2, p. 23-45.

VIEIRA, P. C.; FERNANDES, J. B.; ANDREI, C. C. Plantas inseticidas. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6 ed. 1ª reimpr. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/Editora da UFSC, 2010. cap. 35, p. 903-918.

VITORINO, M. D. **Aplicação da amostragem de colônias para a minimização do uso de formicidas**. Projeto de pesquisa. Blumenau: FURB/LAMPF, 2009.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. **The families of flowering plants (DELTA): Winteraceae**. Disponível em: <<http://delta-intkey.com/angio/www/winterac.htm>>. Acesso em: 21 out. 2012.

WEBER, N. A. **Gardening-ants: the attines**. Philadelphia, USA: American Philosophical Society, 1972.

WESTERLON, R. **Análise fitoquímica, avaliações de bioatividade *in vitro* e *in vivo* de *Raulinoa echinata***. 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Itajaí, SC, 2006.

WITAICENIS, A. **Caracterização Farmacoquímica de *Drimys angustifolia* Miers**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, SP, 2006.

YING, G. G.; KOOKANA, R. S. Persistence and movement of fipronil termiticide with under-slab and trenching treatments. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 25, n. 8, p. 2045-2050, 2006.

ZANETTI, R. et al. Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de saúveiros em eucaliptais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1911-1918, 2000.

ZANETTI, R. et al. **Manejo Integrado de Formigas Cortadeiras**. Lavras, MG: UFLA, 2002.

ZANETTI, R. et al. Combate sistemático de formigas-cortadeiras com iscas granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 387-392, 2003.

ZANETTI, R. **Manejo integrado de formigas cortadeiras: Manejo Integrado de Pragas Florestais – Notas de Aula de ENT 115**. Disponível em: <<http://www.den.ufla.br/siteantigo/Professores/Ronald/Disciplinas/Notas%20Aula/MIPFlorestas%20formigas.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2012.

ZANUNCIO, J. C. et al. Eficiência da isca granulada Mirex-S, à base de sulfluramida, no controle de formiga cortadeira *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 16, n. 3, p. 357-361, 1992.

ZANUNCIO, J. C.; LARANJEIRO, A. J.; SOUZA, O. Controle de *Acromyrmex subterraneus molestans* Santschi (Hymenoptera: Formicidae) com sulfluramida. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, PR, v. 25, n. 3, p. 383-388, 1996.

ZARZUELA, M. F. M. de. **Isolamento de entomopatógenos em colônias de formigas invasoras e sua aplicação para o controle**. 2010. 114 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Rio Claro, SP, 2010.

ZHANG, R. et al. Formation of nanoparticles of blue haze enhanced by anthropogenic pollution. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)**, v. 106, n. 42, p. 17650-17654, 2009.

ZUCCHI, T. D.; GUIDOLIN, A. S.; CÔNSOLI, F. L. Isolation and characterization of actinobacteria ectosymbionts from *Acromyrmex subterraneus brunneus* (Hymenoptera, Formicidae). **Microbiological Research**, Munique, Alemanha, v. 166, p. 68-76, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Formulário para coleta de dados do experimento em campo

_____ Sul

COLÔNIA Nº: _____ ESPÉCIE: *Acromyrmex* _____ LOCALIZAÇÃO: _____ Oeste

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: _____ _____
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)				Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)				Tratamento III Controle				
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	

Dia	Data 2012/2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES
						NÃO	SIM		
							FORRAGEANDO		
Sim	Não								
1°	/	:							
	/	:							
2°	/	:							
	/	:							
3°	/	:							
	/	:							
4°	/	:							
	/	:							
5°	/	:							
	/	:							
6°	/	:							
	/	:							
7°	/	:							
	/	:							
8°	/	:							
	/	:							
9°	/	:							
	/	:							
10°	/	:							
	/	:							
11°	/	:							
	/	:							
12°	/	:							
	/	:							
13°	/	:							
	/	:							
14°	/	:							
	/	:							
15°	/	:							
	/	:							
30°	/	:							
	/	:							
45°	/	:							
	/	:							

Carlos Meneghetti | Eng. Ambiental - FURB

APÊNDICE B – Tabela de perda de massa das folhas de *Drimys angustifolia* Miers, coleta 17/01/2012, Urubici, SC

Indivíduo	18/jan	Var.	19/jan	Var.	20/jan	Var.	23/jan	Var.	24/jan	Var.	25/jan	Var.	26/jan	Var.	30/jan	Var.	31/jan
2984	2,5230	-43,83%	1,4172	-11,61%	1,2526	-2,00%	1,2276	-0,60%	1,2202	-0,16%	1,2183	3,49%	1,2608	-3,61%	1,2153	-0,23%	1,2125
2983	1,7259	-41,46%	1,0103	-17,08%	0,8377	-3,09%	0,8118	-0,51%	0,8077	-0,21%	0,8060	3,61%	0,8351	-3,72%	0,8040	-0,22%	0,8022
2960	3,4231	-33,50%	2,2763	-36,08%	1,4551	-12,16%	1,2782	-0,83%	1,2676	-0,10%	1,2663	3,28%	1,3078	-3,40%	1,2634	-0,37%	1,2587
2959	5,4626	-29,89%	3,8300	-34,64%	2,5031	-18,91%	2,0297	-0,79%	2,0137	-0,15%	2,0107	3,68%	2,0847	-3,66%	2,0085	-0,31%	2,0022
2958	2,4266	-39,03%	1,4796	-28,76%	1,0540	-4,51%	1,0065	-0,80%	0,9984	-0,11%	0,9973	3,59%	1,0331	-3,78%	0,9940	-0,19%	0,9921
2957	1,4288	-35,58%	0,9204	-39,74%	0,5546	-11,63%	0,4901	-0,75%	0,4864	-0,08%	0,4860	3,79%	0,5044	-3,93%	0,4846	-0,19%	0,4837
2956	3,5646	-42,81%	2,0386	-35,99%	1,3050	-4,18%	1,2504	-0,68%	1,2419	-0,26%	1,2387	3,98%	1,2880	-4,06%	1,2357	-0,32%	1,2317
2955	2,7165	-46,12%	1,4637	-29,37%	1,0338	-2,69%	1,0060	-0,61%	0,9999	-0,55%	0,9944	3,66%	1,0308	-3,75%	0,9921	-0,17%	0,9904
2954	3,0029	-44,76%	1,6589	-25,60%	1,2342	-2,37%	1,2050	-0,62%	1,1975	-0,20%	1,1951	3,82%	1,2407	-3,91%	1,1922	-0,24%	1,1893
2953	2,9214	-38,45%	1,7982	-33,66%	1,1929	-5,66%	1,1254	-0,67%	1,1179	-0,29%	1,1147	3,60%	1,1548	-3,70%	1,1121	-0,24%	1,1094
2952	3,5603	-36,16%	2,2730	-29,70%	1,5980	-5,91%	1,5035	-0,70%	1,4930	-0,15%	1,4908	3,23%	1,5389	-3,49%	1,4852	-0,07%	1,4841
2951	2,7042	-38,78%	1,6556	-30,90%	1,1440	-5,57%	1,0803	-0,64%	1,0734	-0,17%	1,0716	3,27%	1,1066	-3,60%	1,0668	-0,02%	1,0666
2950	2,5320	-44,61%	1,4026	-28,12%	1,0082	-2,19%	0,9861	-0,56%	0,9806	-0,21%	0,9785	3,62%	1,0139	-4,01%	0,9732	0,04%	0,9736
2949	2,6641	-44,73%	1,4725	-15,23%	1,2483	-2,03%	1,2229	-0,57%	1,2159	-0,16%	1,2139	3,30%	1,2540	-3,35%	1,2120	-0,29%	1,2085
2948	3,6459	-33,69%	2,4175	-39,26%	1,4683	-12,79%	1,2805	-0,62%	1,2725	-0,20%	1,2699	3,43%	1,3134	-3,63%	1,2657	-0,26%	1,2624
0072	2,1391	-38,07%	1,3248	-37,73%	0,8250	-3,33%	0,7975	-0,73%	0,7917	-0,13%	0,7907	4,19%	0,8238	-4,49%	0,7868	0,05%	0,7872
0071	3,2718	-41,66%	1,9088	-34,23%	1,2554	-3,31%	1,2138	-0,68%	1,2056	-0,12%	1,2041	3,78%	1,2496	-4,10%	1,1984	0,03%	1,1987
0070	2,8313	-42,17%	1,6374	-28,29%	1,1741	1,22%	1,1884	-4,00%	1,1409	-0,14%	1,1393	3,59%	1,1802	-3,95%	1,1336	0,11%	1,1348
0069	2,9078	-42,77%	1,6640	-31,88%	1,1335	-4,01%	1,0881	-0,56%	1,0820	-0,13%	1,0806	3,56%	1,1191	-3,90%	1,0754	-0,30%	1,0722
0068	2,8523	-31,71%	1,9477	-31,82%	1,3279	-10,74%	1,1853	-0,60%	1,1782	-0,13%	1,1767	3,48%	1,2177	-3,79%	1,1715	-0,10%	1,1703
	58,3042	-38,95%	35,5971	-30,88%	24,6057	-6,62%	22,9771	-0,84%	22,7850	-0,18%	22,7436	3,58%	23,5574	-3,76%	22,6705	-0,18%	22,6306
Varição acumulada			-38,95%		-57,80%		-60,59%		-60,92%		-60,99%	Chuva	-59,60%		-61,12%		-61,19%

Ano: 2012.

Var.: Variação.

Temperatura ambiente, à sombra.

Percentuais negativos significam perda de massa, percentuais positivos significam ganho de massa.

Condições atmosféricas do período: tempo estável, com exceção do dia 26 que apresentou tempo instável com chuva moderada a forte.

Todas as pesagens foram realizadas às 18:00 horas, com exceção da pesagem do dia 18 que foi realizada às 07:30 horas.

APÊNDICE C – Relatórios de aplicação do experimento em campo

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.048 m SNM	
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)				Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)				Tratamento III Controle				Monitoramento do forrageamento: 4,00 m	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Tamanho do ninho: 80 x 90 cm	
Dia	Data 2012/2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES				
						NÃO	SIM						
							FORRAGEANDO	Sim		Não			
1°	29/11	08:40	53	22,9	S/N		X		Temperatura interna do ninho: 23,1° C Forrageamento 5 min antes: 42 Forrageamento 5 min após: 18 15h22: Sem atividade no carreiro. Muita atividade no ninho, com retirada de material e formigas mortas. Parece haver luta entre as formigas, provável reação das formigas vivas ao óleo presente nas mortas.				
	29/11	17:01	39	32,7	N	X		X	Temperatura interna do ninho: 25,8° C Formigas presentes no ninho. Retirando material e fungo. Buraco de aplicação no topo do ninho aberto.				
2°	30/11	09:33	63	23,1	N	X		X	Temperatura interna do ninho: 20,5° C Formigas presentes no ninho, pouca atividade quando estimuladas. Retirando material do ninho (ovos e fungo). Buraco aberto.				
	30/11	15:19	42	33,3	N	X		X	Temperatura interna do ninho: 23,5° C Formigas presentes no ninho, boa atividade quando estimuladas. Buraco aberto. Muita atividade no solo, concentrada a uma distância de 1,35 m do ninho, com algumas formigas carregando material seco e fungo.				
3°	01/12	08:17	69	23,5	S			X	Temperatura interna do ninho: 19,7° C Formigas presentes no ninho, atividade moderada quando estimuladas. Buraco aberto. Muita atividade a 1,35 m do ninho, muitas carregando material seco, provável construção de novo ninho.				
	01/12	15:34	20	46,1	S		X		Temperatura interna do ninho: 26,6° C Forrageamento para novo local, transporte de ovos e fungo, atividade intensa nos dois sentidos do novo carreiro. Carreiro antigo sem atividade. Buraco aberto. Formigas presentes no ninho com atividade moderada quando estimuladas.				
4°	02/12	08:26	57	27,9	S			X	Temperatura interna do ninho: 20,6° C Formigas presentes no ninho com atividade moderada quando estimuladas. Buraco aberto. Muita atividade a 1,35 m do ninho, com transporte de material seco, sem forrageamento. Sem atividades no antigo carreiro de forrageamento.				
	02/12	16:12	52	28,7	N/S/C	X			Temperatura interna do ninho: 26,8° C Formigas presentes no ninho com atividade moderada quando estimuladas. Buraco aberto. Bem pouca atividade a 1,35 m do ninho, com poucas formigas nos dois sentidos, sem transporte de material. Sem atividades no antigo carreiro de forrageamento.				

5°	03/12	08:10	80	24,4	S			X	Temperatura interna do ninho: 23,9° C Buraco aberto. Muita atividade sobre o ninho e nos arredores, sem transporte de material, alguns alados. Muita atividade nos dois sentidos do novo carreiro, com algum transporte de material seco, sem forrageamento. Antigo carreiro de forrageamento abandonado. Nenhuma resposta ao estimular o ninho.
7°	05/12	16:02	53	33,1	N			X	Temperatura interna do ninho: 28,0° C Buraco aberto. Formigas presentes no novo local (carreiro) sem forrageamento e sem transporte de material. Antigo carreiro de forrageamento abandonado. Algumas formigas presentes no ninho, com pouca resposta ao estímulo. Ameaçando trovoada.
8°	06/12	08:10	76	24,1	N			X	Temperatura interna do ninho: 22,9° C Buraco aberto. Formigas presentes no novo local (carreiro) sem forrageamento e sem transporte de material. Antigo carreiro de forrageamento abandonado. Formigas presentes no ninho, com boa resposta ao estímulo. Choveu na tarde anterior e noite.
10°	08/12	13:22	52	34,3	S/N			X	Temperatura interna do ninho: 26,7° C Buraco aberto. Algumas formigas presentes no novo local. Antigo carreiro de forrageamento abandonado. Poucas formigas respondem a estímulos no ninho. Choveu bastante no dia anterior ou neste dia de manhã.
11°	09/12	08:19	71	24,6	S			X	Temperatura interna do ninho: 23,5° C Buraco aberto. Antigo carreiro de forrageamento abandonado. Formigas ausentes no novo local. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Algumas formigas na base do lado externo do ninho. Choveu no final do dia anterior.
	09/12	16:15	36	35,1	S			X	Temperatura interna do ninho: 26,4° C Buraco aberto. Antigo carreiro de forrageamento abandonado. Formigas ausentes no novo local. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Algumas formigas na base do lado externo do ninho.
12°	10/12	08:07	71	23,9	S			X	Temperatura interna do ninho: 20° C Buraco aberto. Antigo carreiro de forrageamento abandonado. Formigas ausentes no novo local. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Algumas formigas na base do lado externo do ninho.
30°	28/12	10:51	80	23,1	C/N			X	Temperatura interna do ninho: 18,1° C Buraco aberto. Ninho inundado. Inundação próxima ao ninho (tem foto). Ausência de formigas no ninho e no novo local. Antigo carreiro de forrageamento perdido por inundação, com sumiço da marcação.
45°	12/01	13:12	42	32,0	S			X	Temperatura interna do ninho: 17,8° C Buraco aberto. Sem formigas. Sem fungo.

COLÔNIA Nº: F13 ESPÉCIE: *Acromyrmex crassispinus* LOCALIZAÇÃO: 26° 52' 48,7" S | 51° 46' 04,3" O

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.056 m SNM
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)			Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)					Tratamento III Controle				Monitoramento do forrageamento: 1,00 m
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Tamanho do ninho: 66 x 73 cm

Dia	Data 2012/2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES	
						NÃO	SIM			
							FORRAGEANDO			
Sim	Não									
1°	29/11	09:42	43	25,5	S			X	Temperatura interna do ninho: 21,8° C Forrageamento 5 min antes: 10 Forrageamento 5 min após: 6 15h00: Sem atividade no carreiro. Ninho aparentemente abandonado.	
	29/11	17:23	25	33,3	S/N				X	Temperatura interna do ninho: 23,9° C Formigas ausentes no ninho. Atividade moderada no carreiro nos dois sentidos, sem carga, somente formigas bem pequenas, alguns alados. Buraco aberto.
2°	30/11	09:57	59	23,1	N				X	Temperatura interna do ninho: 20,8° C Formigas ausentes no ninho. Atividade intensa nos dois sentidos, sem carregamento, muitas formigas grandes e pequenas, alguns alados. Buraco aberto.
	30/11	14:59	37	30,1	N	X				Temperatura interna do ninho: 22,9° C Sem atividades no carreiro, formigas ausentes no ninho, buraco aberto.
3°	01/12	08:40	48	28,9	S				X	Temperatura interna do ninho: 20,5° C Pouca atividade no carreiro, sem carregamento. Formigas ausentes no ninho. Buraco aberto.
	01/12	15:52	23	39,7	S/N	X				Temperatura interna do ninho: 23,9° C Sem atividade no carreiro. Formigas ausentes no ninho. Buraco no topo aberto, com desmoronamento de 20 x 24 cm. Variação de sol e nuvens.
4°	02/12	08:45	46	32,8	N/S	X				Temperatura interna do ninho: 21,3° C Ausência de formigas no ninho e no carreiro. Buraco no topo com desmoronamento aberto, foto 1148.
	02/12	16:31	61	26,1	N/C	X				Temperatura interna do ninho: 23,1° C Ausência de formigas no ninho e no carreiro. Buraco no topo com desmoronamento aberto. Início de chuva fraca, trovoadas chegando.
5°	03/12	08:27	66	27,6	S	X				Temperatura interna do ninho: 21,0° C Buraco no topo com desmoronamento aberto. Formigas ausentes. Sem atividade no carreiro.
7°	05/12	16:14	46	30,9	N	X				Temperatura interna do ninho: 25,8° C Buraco no topo com desmoronamento aberto. Formigas ausentes. Sem atividade no carreiro.
8°	06/12	08:24	70	25,2	N	X				Temperatura interna do ninho: 22,2° C Buraco no topo com desmoronamento aberto. Formigas ausentes. Sem atividade no carreiro. Choveu na tarde anterior e noite.
10°	08/12	13:57	42	39,3	N/S	X				Temperatura interna do ninho: 23,8° C Buraco no topo com desmoronamento aberto. Formigas ausentes. Sem atividade no carreiro. Choveu bastante no dia anterior ou neste dia de manhã.

11°	09/12	08:59	63	34,0	S	X			Temperatura interna do ninho: 28,7° C Buraco no topo com desmoronamento aberto. Formigas ausentes. Sem atividade no carreiro. Choveu no final do dia anterior.
	09/12	16:48	25	36,5	S	X			Temperatura interna do ninho: 25,8° C Buraco no topo com desmoronamento aberto. Formigas ausentes. Sem atividade no carreiro.
12°	10/12	08:37	49	31,7	S	X			Temperatura interna do ninho: 28,8° C Buraco no topo com desmoronamento aberto. Formigas ausentes. Sem atividade no carreiro.
30°	28/12	11:28	86	22,8	N/C	X			Temperatura interna do ninho: 20,7° C Buraco no topo com desmoronamento aberto. Formigas ausentes. Sem atividade no carreiro.
45°	12/01	13:45	-	44,2	S	X			Temperatura interna do ninho: 20,0° C Buraco aberto. Sem formigas. Sem fungo. Presença de <i>Camponotus sp.</i> iniciando colônia.

COLÔNIA Nº: F02 ESPÉCIE: *Acromyrmex crassispinus* LOCALIZAÇÃO: 26° 52' 44,0" S | 51° 46' 17,8" O

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.019 m SNM
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)			Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)					Tratamento III Controle				Monitoramento do forrageamento: 1,20 m
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Tamanho do ninho: 40 x 43 cm

Dia	Data 2012/2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES
						NÃO	SIM		
							FORRAGEANDO		
Sim	Não								
1°	29/11	17:57	37	30,4	N		X		Temperatura interna do ninho: 21,5° C Forrageamento 5 min antes: 47 Forrageamento 5 min após: 13
2°	30/11	10:36	61	26,2	N			X	Temperatura interna do ninho: 21,3° C Atividade moderada nos dois sentidos do carreiro, apenas formigas grandes. Algum transporte de material seco para o ninho, uma formiga saindo com ovo. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Buraco de aplicação no topo do ninho aberto.
	30/11	14:43	38	32,4	N			X	Temperatura interna do ninho: 21,7° C Poucas formigas, menos de 10, respondem a estímulos no ninho. Pouca atividade no carreiro, nos dois sentidos, sem transporte de material. Buraco aberto.
3°	01/12	08:51	60	31,9	S			X	Temperatura interna do ninho: 19,4° C Pouca atividade no carreiro nos dois sentidos, formigas letárgicas, sem transporte de material. Buraco aberto. Formigas não respondem a estímulos no ninho, provável ausência.
	01/12	16:14	27	38,9	S			X	Temperatura interna do ninho: 22,5° C Atividade moderada no carreiro nos dois sentidos, formigas ativas, sem transporte de material. Buraco no topo aberto. Formigas não respondem a estímulos no ninho.
4°	02/12	09:09	59	29,2	N/S			X	Temperatura interna do ninho: 21,4° C Formigas não respondem a estímulos no ninho. Pouca atividade no carreiro nos dois sentidos, sem transporte de material. Uma formiga retirando ovo. Evidências de que houve forrageamento (1 folha cortada no carreiro). Carreiro coberto com material seco. Buraco no topo aberto.
	02/12	16:48	84	24,4	C/N			X	Temperatura interna do ninho: 23,1° C Formigas não respondem a estímulos no ninho. Pouca atividade no carreiro, nos dois sentidos, sem transporte de material. Formigas lentas. Buraco no topo aberto.
5°	03/12	08:47	53	34,8	S	X			Temperatura interna do ninho: 22,5° C Buraco no topo aberto. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Carreiro sem movimentação, coberto com material seco.
7°	05/12	16:28	58	28,5	N	X			Temperatura interna do ninho: 25,5° C Buraco no topo aberto. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Carreiro abandonado, coberto com material seco. Algumas formigas presentes perto do carreiro, entre o carreiro e o ninho. Trovoada iminente, caindo nas proximidades.

8°	06/12	08:38	74	27,2	S/N	X			Temperatura interna do ninho: 23,1° C Buraco no topo aberto. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Carreiro abandonado. Bem poucas formigas presentes perto do carreiro. Choveu na tarde anterior e noite.
10°	08/12	14:31	49	36,6	S/N	X			Temperatura interna do ninho: 25,2° C Buraco no topo aberto. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Carreiro abandonado. Bem poucas formigas presentes perto do carreiro. Choveu bastante no dia anterior ou neste dia de manhã.
11°	09/12	09:37	56	33,3	S	X			Temperatura interna do ninho: 24,4° C Buraco no topo aberto. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Carreiro abandonado. Bem poucas formigas presentes perto do carreiro. Choveu no final do dia anterior.
	09/12	17:21	39	31,7	S	X			Temperatura interna do ninho: 25,8° C Buraco no topo aberto. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Carreiro abandonado. Bem poucas formigas presentes perto do carreiro.
12°	10/12	09:05	56	31,5	S	X			Temperatura interna do ninho: 22,5° C Buraco no topo aberto. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Carreiro abandonado. Ausência de formigas perto do carreiro.
30°	28/12	12:01	80	25,1	N	X			Temperatura interna do ninho: 18,8° C Buraco no topo aberto. Formigas não respondem a estímulos no ninho. Carreiro abandonado. Ausência de formigas perto do carreiro.
45°	12/01	14:18	-	47,6	S	X			Temperatura interna do ninho: 18,4° C Buraco aberto. Sem formigas. Sem fungo. Interior molhado. Ninho mexido por algum animal.

COLÔNIA Nº: F30 ESPÉCIE: *Acromyrmex crassispinus* LOCALIZAÇÃO: 26° 52' 50,7" S | 51° 46' 18,9" O

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.068 m SNM
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)				Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)				Tratamento III Controle				Monitoramento do forrageamento: 1,60 m
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Tamanho do ninho: 50 x 60 cm

Dia	Data 2012/2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES
						NÃO	SIM		
							FORRAGEANDO		
Sim	Não								
1*	01/12	11:45	42	31,5	N		X		Temperatura interna do ninho: 26,9° C Forrageamento 5 min antes: 121 Forrageamento 5 min após: 46 14h00: Algum forrageamento. Atividade intensa nos dois sentidos do carreiro. Resposta moderada quando o ninho é estimulado. Buraco de aplicação no topo do ninho aberto, sem sinais de reconstrução.
	01/12	16:57	32	35,0	N/S		X		Temperatura interna do ninho: 28,9° C Forrageamento 5 min: 32 Forrageamento e atividade intensa nos dois sentidos do carreiro. Boa resposta quando o ninho é estimulado. Buraco no topo aberto, sem sinais de reconstrução. Alguma atividade externa no topo do ninho, com retirada de material seco. Muita atividade no lado externo do ninho (próximo à estrada) com muitas formigas após estimulação, sem transporte de material, provável extensão do ninho. Foto 1147 e filme MOV01146.
2*	02/12	09:26	50	29,2	S		X		Temperatura interna do ninho: 29,0° C Forrageamento 5 min: 92 Buraco no topo aberto. Sem atividade sobre o ninho. Boa resposta de formigas após algum tempo de estímulo no ninho. Muitas formigas ao lado do ninho próximo à estrada, sem transporte de material. Atividade nos dois sentidos do carreiro, com forrageamento e muito transporte de material seco. Formigas com comportamento frenético, disputando material de forrageamento com outras formigas.
	02/12	17:19	81	24,6	C/N/C		X		Temperatura interna do ninho: 28,9° C Forrageamento 5 min: 27 Buraco no topo aberto. Sem atividade sobre o ninho. Ausência de resposta de formigas após estímulo no ninho. Algumas formigas ao lado do ninho, sem transporte de material. Pouca atividade nos dois sentidos do carreiro, com pouco transporte de material seco e algum forrageamento.

3°	03/12	09:03	50	32,3	S			X	Temperatura interna do ninho: 28° C Buraco no topo aberto. Boa resposta de formigas ao estimular o ninho. Muitas formigas próximas ao lado do ninho, sem transporte de material, que aparecem após estímulo. Algumas formigas sobre o ninho, sem transporte de material. Pouca atividade nos dois sentidos do carreiro, sem forrageamento e sem transporte de material seco. O carreiro foi coberto com barro, formando um túnel. Presença de alguns alados isolados externamente ao ninho com comportamento errático, asas em desalinho.
5°	05/12	16:40	63	24,7	N/C/N			X	Temperatura interna do ninho: 29,2° C Buraco no topo aberto. Atividade nos dois sentidos do carreiro, sem forrageamento e sem transporte de material. Formigas presentes ao lado do ninho. Não respondem a estímulos no ninho.
6°	06/12	08:57	67	29,7	N/S			X	Temperatura interna do ninho: 28,8° C Forrageamento 5 min: 03 Buraco no topo aberto. Não respondem a estímulos no ninho. Formigas presentes ao lado do ninho. Atividade intensa nos dois sentidos do carreiro, com algum transporte de material seco, ovos, fungos e forrageamento, no sentido contrário ao do ninho . Choveu na tarde anterior e noite.
8°	08/12	15:12	62	30,4	N			X	Temperatura interna do ninho: 28,5° C Forrageamento 5 min: 05 Buraco no topo aberto. Não respondem a estímulos no ninho. Formigas presentes ao lado do ninho em pequeno número. Muitas formigas no carreiro, com algum forrageamento, sem transporte de material, com algum transporte de ovos. Choveu bastante no dia anterior ou neste dia de manhã.
9°	09/12	10:32	62	29,2	S			X	Temperatura interna do ninho: 28,8° C Forrageamento 5 min: 07 Buraco no topo aberto. Não respondem a estímulos no ninho. Formigas presentes ao lado do ninho em pequeno número. Formigas no carreiro, com algum transporte de material. Choveu no final do dia anterior.
	09/12	18:00	42	27,7	S			X	Temperatura interna do ninho: 28,5° C Forrageamento 5 min: 09 Buraco no topo aberto. Não respondem a estímulos no ninho. Formigas presentes ao lado do ninho em pequeno número. Formigas no carreiro, com algum transporte de material, fungo e ovos, no sentido contrário ao do ninho.
10°	10/12	09:41	57	29,9	S			X	Temperatura interna do ninho: 28,6° C Forrageamento 5 min: 18 Buraco no topo aberto. Não respondem a estímulos no ninho. Formigas presentes ao lado do ninho em pequeno número. Formigas no carreiro, com algum transporte de material e ovos, no sentido contrário ao do ninho.

28°	28/12	12:39	65	30,4	N/S/N	X			Temperatura interna do ninho: 26,3° C Buraco no topo semi-tampado, com desmoronamento. Formigas ao lado do ninho ausentes. Formigas ausentes, não respondendo a estímulos no ninho. Sem atividades no carreiro de forrageamento.
43°	12/01	14:53	-	51,0	S	X			Temperatura interna do ninho: 25,1° C Buraco no topo semi-tampado, com desmoronamento. Sem formigas. Sem fungo. Interior seco.

COLÔNIA Nº: F27 ESPÉCIE: *Acromyrmex hispidus* LOCALIZAÇÃO: 26° 53' 04,4" S | 51° 45' 54,3" O

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.064 m SNM
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)				Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)				Tratamento III Controle				Monitoramento do forrageamento:
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Tamanho do ninho: 52 x 54 cm

Dia	Data 2012/2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES
						NÃO	SIM		
							FORRAGEANDO		
Sim	Não								
1°	08/12	13:39	56	32,6	S/N	X			Temperatura interna do ninho: 28,5° C Formigas presentes
2°	09/12	08:35	63	28,5	S	X			Temperatura interna do ninho: 25,5° C Formigas presentes. Aplicação
	09/12	16:29	27	38,0	S	X			Temperatura interna do ninho: 25,5° C Formigas ausentes. Buraco aberto
3°	10/12	08:21	63	28,5	S	X			Temperatura interna do ninho: 24,1° C Formigas ausentes. Buraco aberto
21°	28/12	11:07	83	25,1	C/S	X			Temperatura interna do ninho: 20,7° C Formigas ausentes. Buraco aberto
36°	12/01	13:27	22	37,5	S/N/S	X			Temperatura interna do ninho: 22,0° C Formigas ausentes. Buraco aberto. Sem formigas mortas. Indício de fungo morto esporulado. Interior molhado no local da panela de fungo. Presença de ninfas de cupim.

Carlos Meneghetti | Eng. Ambiental – FURB

COLÔNIA Nº: F14 ESPÉCIE: *Acromyrmex hispidus* LOCALIZAÇÃO: 26° 52' 51,7" S | 51° 46' 03,8" O

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.065 m SNM
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)				Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)				Tratamento III Controle				Monitoramento do forrageamento:
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Tamanho do ninho: 15 x 20 cm

Dia	Data 2012/2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES
						NÃO	SIM		
							FORRAGEANDO		
Sim	Não								
1°	08/12	14:12	40	40,2	S/N/S	X			Temperatura interna do ninho: 29,9° C Formigas presentes
2°	09/12	09:13	53	38,8	S	X			Temperatura interna do ninho: 25,3° C Formigas presentes. Aplicação
	09/12	17:03	34	35,1	S	X			Temperatura interna do ninho: 25,9° C Formigas presentes. Buraco aberto.
3°	10/12	08:49	45	33,6	S	X			Temperatura interna do ninho: 26,0° C Formigas presentes. Buraco aberto.
21°	28/12	11:43	74	27,5	N	X			Temperatura interna do ninho: 22,4° C Formigas ausentes. Buraco fechado.
36°	12/01	14:01	-	43,8	S	X			Temperatura interna do ninho: 23,2° C Formigas ausentes. Buraco aberto. Sem formigas mortas. Sem fungo. Interior molhado.

Carlos Meneghetti | Eng. Ambiental – FURB

COLÔNIA Nº: F21 ESPÉCIE: *Acromyrmex crassispinus* LOCALIZAÇÃO: 26° 52' 43,7" S | 51° 46' 17,8" O

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.020 m SNM	
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)				Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)				Tratamento III Controle				Monitoramento do forrageamento:	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Tamanho do ninho: 35 x 40 cm	
Dia	Data 2012/2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES				
						NÃO	SIM						
							FORRAGEANDO						
		Sim	Não										
1°	08/12	14:43	44	36,3	N	X						Temperatura interna do ninho: 25,1° C Formigas presentes.	
2°	09/12	09:48	47	36,4	S/N	X						Temperatura interna do ninho: 23,3° C Formigas presentes. Aplicação	
	09/12	17:33	27	31,6	S	X						Temperatura interna do ninho: 25,6° C Formigas presentes. Buraco aberto.	
3°	10/12	09:16	34	41,3	S	X						Temperatura interna do ninho: 21,6° C Formigas presentes. Buraco aberto.	
21°	28/12	12:12	82	22,0	N	X						Temperatura interna do ninho: 19,2° C Formigas presentes ao lado do ninho. Buraco aberto. Local de aplicação (ni- nho) sem formigas.	
36°	12/01	14:28	-	48,0	S	X						Temperatura interna do ninho: 19,8° C Formigas ausentes. Buraco aberto. Sem formigas mortas. Sem fungo. Interior seco. Presença de <i>Camponotus</i> sp.	

Carlos Meneghetti | Eng. Ambiental – FURB

COLÔNIA Nº: F22 ESPÉCIE: *Acromyrmex crassispinus* LOCALIZAÇÃO: 26° 52' 43,7" S | 51° 46' 18,0" O

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.020 m SNM	
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)				Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)				Tratamento III Controle				Monitoramento do forrageamento:	
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Tamanho do ninho: 15 x 20 cm	
Dia	Data 2012/2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES				
						NÃO	SIM						
							FORRAGEANDO						
		Sim	Não										
1°	08/12	14:54	46	35,7	S/N/C	X						Temperatura interna do ninho: 22,9° C Formigas presentes.	
2°	09/12	10:02	63	36,1	S/N/S	X						Temperatura interna do ninho: 22,4° C Formigas presentes. Aplicação	
	09/12	17:44	41	29,5	S	X						Temperatura interna do ninho: 25,6° C Formigas ausentes. Buraco aberto.	
3°	10/12	09:27	34	42,5	S	X						Temperatura interna do ninho: 21,9° C Formigas ausentes. Buraco aberto.	
21°	28/12	12:23	85	22,9	N	X						Temperatura interna do ninho: 19,3° C Formigas ausentes. Buraco aberto.	
36°	12/01	14:38	24	40,5	N/S	X						Temperatura interna do ninho: 19,0° C Formigas ausentes. Buraco aberto. Sem formigas mortas. Sem fungo. Interior seco.	

Carlos Meneghetti | Eng. Ambiental – FURB

COLÔNIA Nº: F31 ESPÉCIE: *Acromyrmex crassispinus* LOCALIZAÇÃO: 26° 52' 52,9" S | 51° 46' 34,8" O

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.053 m SNM
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)				Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)				Tratamento III Controle				Monitoramento do forrageamento:
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Tamanho do ninho: 34 x 51 cm

Dia	Data 2012/2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES
						NÃO	SIM		
							FORRAGEANDO		
Sim	Não								
1°	09/12	10:53	24	41,8	S	X			Temperatura interna do ninho: 25,9° C Formigas presentes.
	09/12	18:17	27	29,7	S	X			Temperatura interna do ninho: 27,3° C Formigas presentes. Buraco aberto.
2°	10/12	09:59	40	35,1	S/N	X			Temperatura interna do ninho: 24,4° C Formigas presentes. Buraco fechado.
20°	28/12	12:57	75	25,4	S/N/C	X			Temperatura interna do ninho: 23,9° C Formigas presentes com boa resposta ao estímulo, com muitas formigas. Buraco fechado.
35°	12/01	15:10	-	39,3	S/N	X			Temperatura interna do ninho: 24,1° C Formigas presentes no ninho. Buraco fechado. Fungo presente. Formigueiro ativo.

Carlos Meneghetti | Eng. Ambiental – FURB

COLÔNIA Nº: F32 ESPÉCIE: *Acromyrmex hispidus* LOCALIZAÇÃO: 26° 52' 52,0" S | 51° 46' 42,6" O

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.041 m SNM
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)				Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)				Tratamento III Controle				Monitoramento do forrageamento:
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Tamanho do ninho: 38 x 48 cm

Dia	Data 2012/2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES
						NÃO	SIM		
							FORRAGEANDO		
Sim	Não								
1°	09/12	11:15	60	32,8	S	X			Temperatura interna do ninho: 21,8° C Formigas presentes.
	09/12	18:34	26	31,6	S	X			Temperatura interna do ninho: 25,6° C Formigas presentes. Buraco fechado.
2°	10/12	10:16	42	34,3	S/N	X			Temperatura interna do ninho: 22,6° C Formigas presentes. Buraco fechado.
20°	28/12	13:19	72	27,3	N/S	X			Temperatura interna do ninho: 20,3° C Formigas presentes. Buraco fechado. Ninho bem profundo e em excelente estado de conservação. Poucas formigas respondem aos estímulos no ninho.
35°	12/01	15:28	22	37,2	S	X			Temperatura interna do ninho: 20,9° C Formigas ausentes. Buraco aberto. Sem fungo. Interior seco, profundo e com muitas pedras.

Carlos Meneghetti | Eng. Ambiental – FURB

COLÔNIA Nº: F09 ESPÉCIE: *Acromyrmex crassispinus* LOCALIZAÇÃO: 26° 52' 47,3" S | 51° 46' 15,3" O

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.041 m SNM _____ Monitoramento do forrageamento: _____ Tamanho do ninho: 17 x 24 cm _____
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)				Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)				Tratamento III Controle				
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Dia	Data 2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES			
						NÃO	SIM					
							FORRAGEANDO					
		Sim	Não									
1*	12/01	16:24	-	40,3	S	X			Temperatura interna do ninho: 24,8° C Formigas presentes.			

Carlos Meneghetti | Eng. Ambiental – FURB

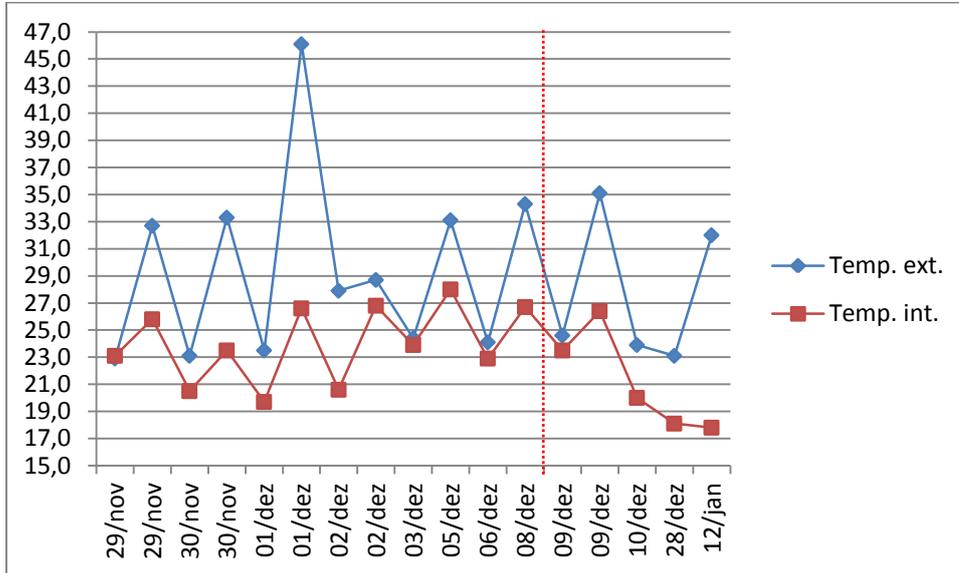
COLÔNIA Nº: F11 ESPÉCIE: *Acromyrmex crassispinus* LOCALIZAÇÃO: 26° 52' 47,9" S | 51° 46' 09,1" O

TRATAMENTOS – ÓLEO ESSENCIAL <i>Drimys angustifolia</i>												Informações gerais: 1.067 m SNM _____ Monitoramento do forrageamento: _____ Tamanho do ninho: 12 x 15 cm _____
Tratamento I (100%) Óleo puro (200 mL)				Tratamento II (10%) (20 mL óleo + 180 mL H ₂ O)				Tratamento III Controle				
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Dia	Data 2013	Hora	% UR ar	Temp. ° C	Sol Nuvens Chuva	ATIVIDADE			OBSERVAÇÕES			
						NÃO	SIM					
							FORRAGEANDO					
		Sim	Não									
1*	12/01	16:52	17	32,6	S/N	X			Temperatura interna do ninho: 22,1° C Formigas presentes.			

Carlos Meneghetti | Eng. Ambiental – FURB

APÊNDICE D – Gráficos de temperaturas internas e externas dos formigueiros

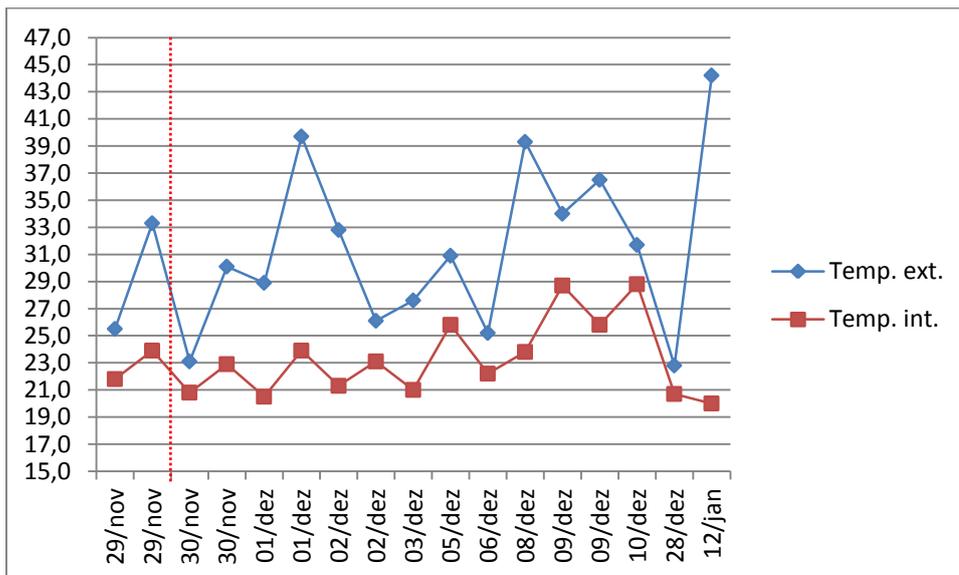
Formigueiro F23 (T I – 100%), temperaturas interna e externa



Fonte: Autor

Linha pontilhada vermelha: à esquerda, com formigas; à direita, sem formigas

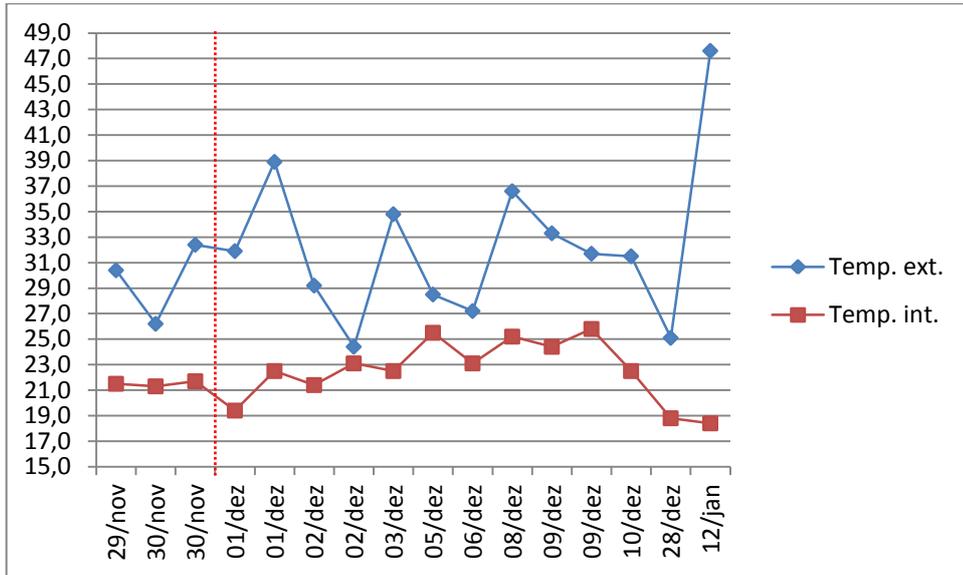
Formigueiro F13 (T I – 100%), temperaturas interna e externa



Fonte: Autor

Linha pontilhada vermelha: à esquerda, com formigas; à direita, sem formigas

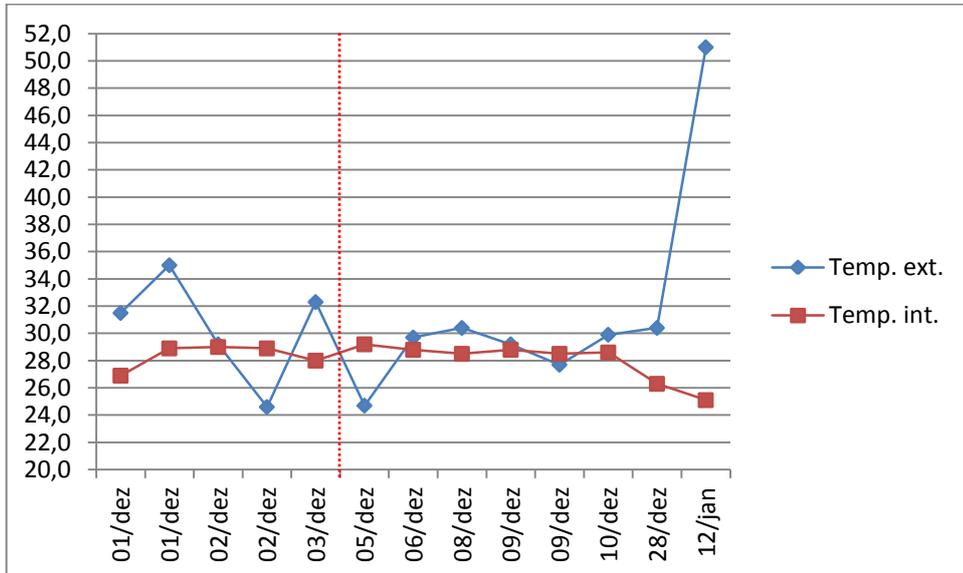
Formigueiro F02 (T I – 100%), temperaturas interna e externa



Fonte: Autor

Linha pontilhada vermelha: à esquerda, com formigas; à direita, sem formigas

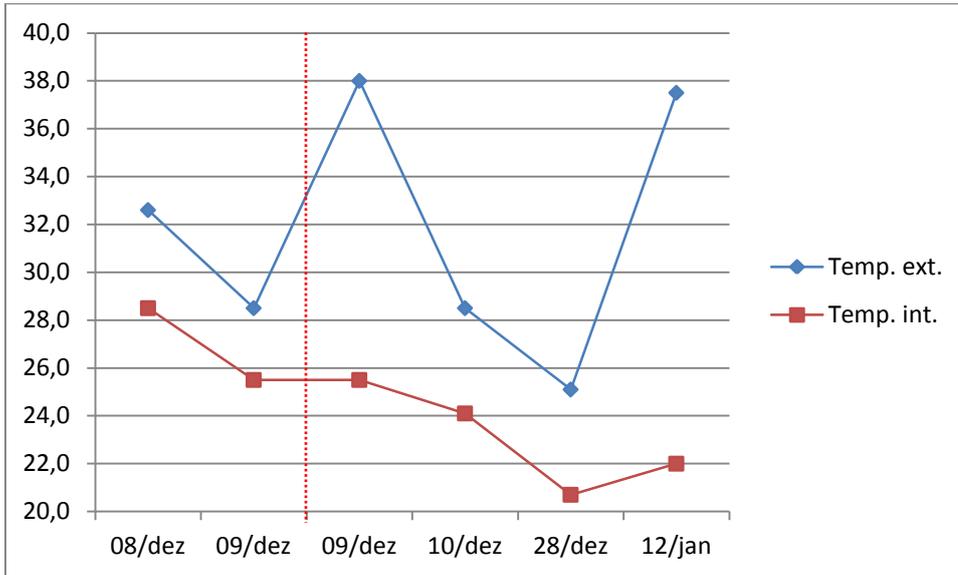
Formigueiro F30 (T I – 100%), temperaturas interna e externa



Fonte: Autor

Linha pontilhada vermelha: à esquerda, com formigas; à direita, sem formigas

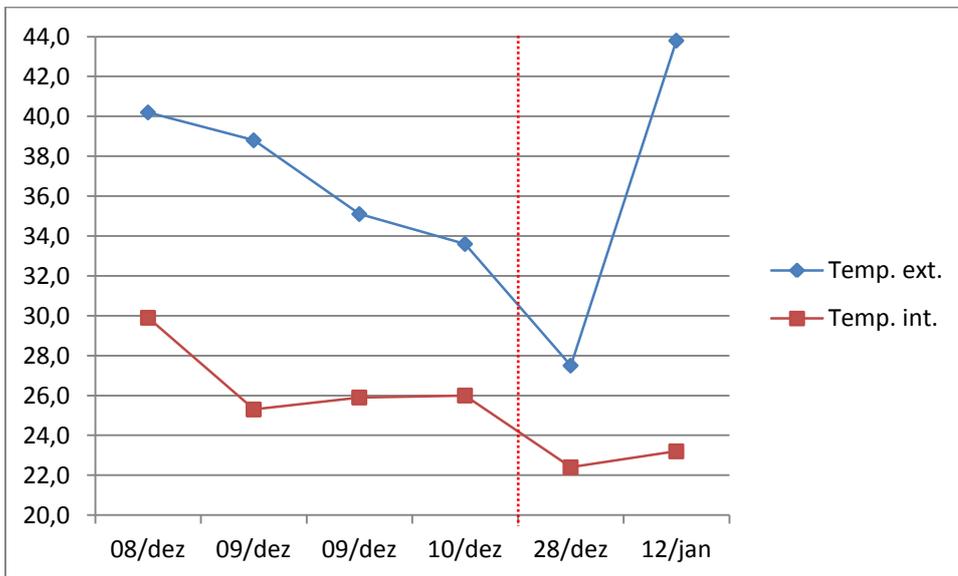
Formigueiro F27 (T II – 10%), temperaturas interna e externa



Fonte: Autor

Linha pontilhada vermelha: à esquerda, com formigas; à direita, sem formigas

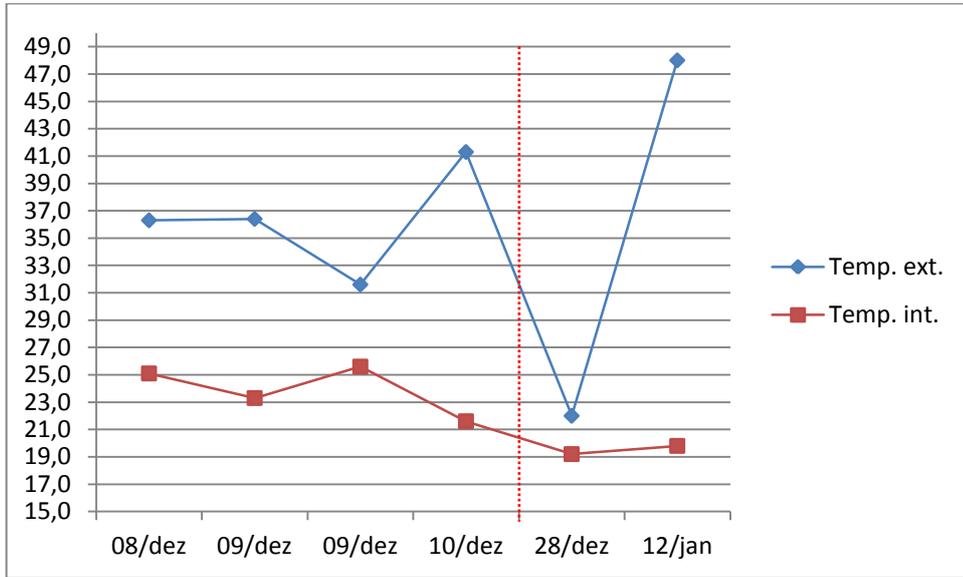
Formigueiro F14 (T II – 10%), temperaturas interna e externa



Fonte: Autor

Linha pontilhada vermelha: à esquerda, com formigas; à direita, sem formigas

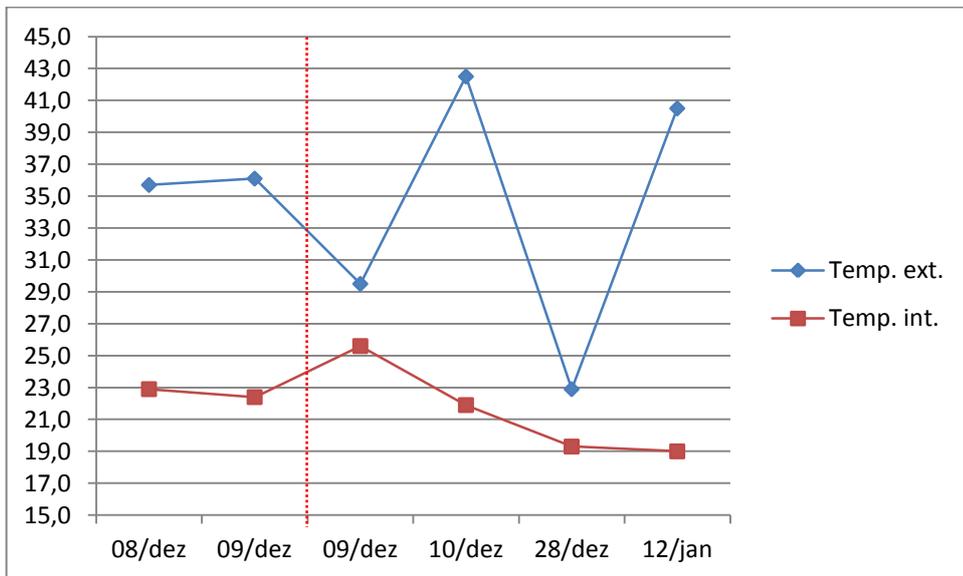
Formigueiro F21 (T II – 10%), temperaturas interna e externa



Fonte: Autor

Linha pontilhada vermelha: à esquerda, com formigas; à direita, sem formigas

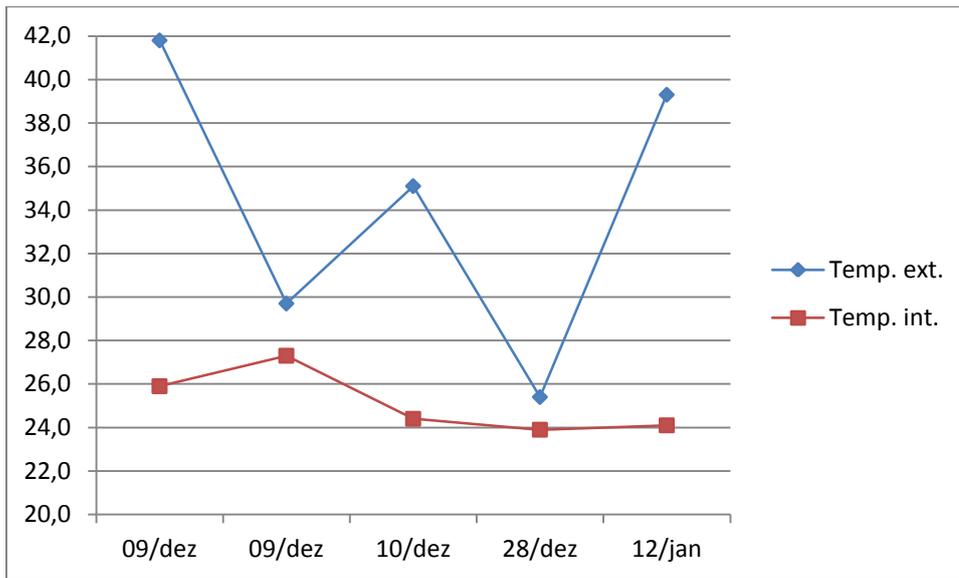
Formigueiro F22 (T II – 10%), temperaturas interna e externa



Fonte: Autor

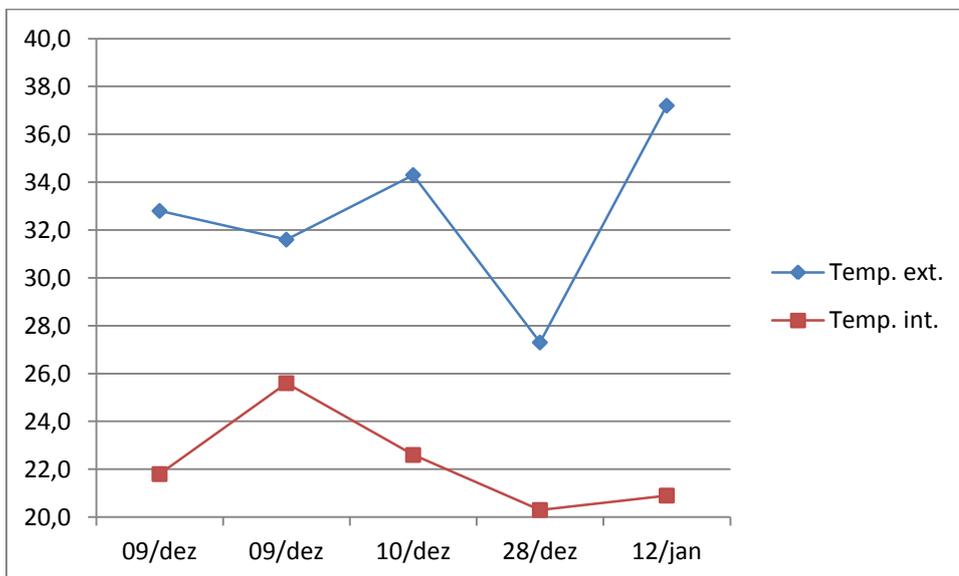
Linha pontilhada vermelha: à esquerda, com formigas; à direita, sem formigas

Formigueiro F31 (T III – Controle), temperaturas interna e externa



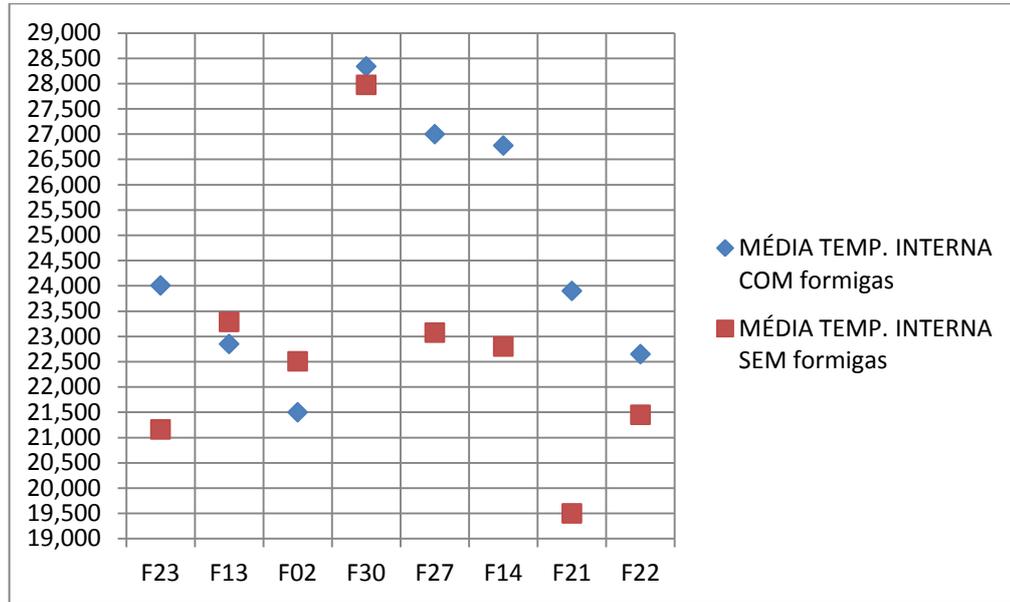
Fonte: Autor

Formigueiro F32 (T III – Controle), temperaturas interna e externa



Fonte: Autor

Médias da temperatura interna COM e SEM formigas (T I e T II)



Fonte: Autor