



UFSM

**SILVICULTURA DE PRECISÃO NO
MONITORAMENTO E CONTROLE DE FORMIGAS
CORTADEIRAS EM PLANTIOS DE *Pinus***

TESE DE DOUTORADO

Edison Bisognin Cantarelli

Santa Maria, RS – Brasil

2005

**SILVICULTURA DE PRECISÃO NO MONITORAMENTO E
CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS EM PLANTIOS
DE *Pinus***

por

Edison Bisognin Cantarelli

Tese apresentada ao curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal – Área de concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Engenharia Florestal**.

Orientador: Prof. Ervandil Corrêa Costa

Santa Maria, RS – Brasil

2005

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**SILVICULTURA DE PRECISÃO NO MONITORAMENTO E
CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS EM PLANTIOS
DE *Pinus***

elaborada por
Edison Bisognin Cantarelli

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

**Ervandil Corrêa Costa
(Presidente/orientador)**

Alci Enimar Loeck

Luiz Carlos Forti

Vicente Rodrigues Simas

Alessandro Dal'Col Lúcio

Santa Maria, 04 de Março de 2005

C229s Cantarelli, Edison Bisognin

Silvicultura de precisão no monitoramento e controle de formigas cortadeiras em plantios de *Pinus*. / por Edison Bisognin Cantarelli; Ervandil Corrêa Costa, orientador – Santa Maria, 2005.
xix, 108f. : il., tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria.

1. Engenharia Florestal 2. Reflorestamento 3. Proteção Florestal
4. formicida 5. *Atta* 6. *Acromyrmex* I. Costa, Ervandil Corrêa,
orient. II. Título

CDU: T630.2: 595.7

Ficha Catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes CRB 10-1160
Biblioteca Setorial do CCR - UFSM

© 2005

Todos os direitos autorais reservados à Edison Bisognin Cantarelli. A reprodução parcial ou total deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Av. Rodolfo Behr, 1617, Bairro Camobi, Santa Maria, RS. CEP: 97105-440

Fone(0xx) 55 9994 2329 E-mail: engedison@yahoo.com

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar minha gratidão a todas as pessoas que estiveram ao meu lado durante a execução deste trabalho e principalmente:

- a minha família, que esteve sempre presente durante esses dez anos seguidos de graduação, mestrado e doutorado;
- aos integrantes do Ferro Carril, clube de amigos que além do futebol também apoiaram e acompanharam todos os passos;
- a todos os colegas que participaram e contribuíram para a tomada de decisões no decorrer da jornada, principalmente ao Leonardo Oliveira e Edison Perrando que muitas vezes acompanharam a coleta de dados.
- a todos funcionários da empresa Bosques del Plata S.A., em especial, ao Eng. Florestal Raul V. Pezzutti, que acreditaram na Universidade Federal de Santa Maria e na minha pessoa para desenvolver uma pesquisa de grande importância para a empresa e para o contexto florestal da Argentina;
- aos amigos Eng. Florestais Arturo Hernandez, Aldo Alvarez e Roberto Rojas e toda sua equipe de trabalho, pelo suporte técnico e traslado dos plantios florestais até a fronteira de Brasil-Argentina, também as Eng^a. Florestais Graciela Valle e Marcela Cresto pelas informações e dados coletados junto a suas empresas prestadoras de serviço;
- ao Prof. Dr. Ronald Zanetti pela colaboração e sugestões no decorrer do trabalho.
- ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFSM e a Capes, pela oportunidade e suporte financeiro, possibilitando a realização deste estudo;
- aos mestres, que deram sua contribuição e seu apoio ao trabalho;
- ao meu orientador Prof. Dr. Ervandil Corrêa Costa, que além de orientar a pesquisa foi um idealizador e amigo como poucos, merecendo minha eterna gratidão;
- a Deus, por me fazer uma pessoa feliz e realizada na minha profissão e no que faço.

MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA

EDISON BISOGNIN CANTARELLI, filho de Alberi Vitor Cantarelli e Odila Adolfina Bisognin Cantarelli, nasceu na cidade de Formigueiro, Rio Grande do Sul, em 06 de Dezembro de 1976.

Iniciou os estudos na Escola Estadual de 1º Grau São Vicente de Paula no interior da cidade de Formigueiro, RS. Mudando-se para a cidade de Santa Maria, RS cursou ainda o 1º grau na Escola Municipal Vicente Farenzena e completando o 1º e o 2º grau na Escola Estadual Prof. Margarida Lopes.

Em 1995, ingressou no curso de graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), concluindo-o em 28 de janeiro de 2000.

Em março de 2000 iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Santa Maria, submetendo-se à defesa de dissertação em 28 de Fevereiro de 2002.

Em março de 2002 iniciou o curso de Doutorado em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Santa Maria, submetendo-se à defesa de tese em 04 de março de 2005.

PREFÁCIO

A pesquisa por si só é fascinante, realizadora de sonhos e objetivos, mas para isso, muitos são os momentos de incertezas e dúvidas. Foram dez anos numa seqüência sem intervalos dentro da universidade, dedicados a busca de conhecimento na graduação seguidos do aperfeiçoando no mestrado e doutorado. Somente nesses últimos três anos do doutorado foram mais de 80.000 quilômetros rodados pelo Brasil e Argentina entre experimentos, avaliações, apresentações e participações de simpósios e congressos. As dificuldades de se realizar uma pesquisa em outro país são muitas, mas acredito que a ciência não tem fronteiras e os resultados nos fazem crer que os esforços foram válidos.

Hoje, sinto-me com o dever cumprido, dever de um pesquisador que teve todo o apoio de uma instituição que muito me orgulha fazer parte que é a Universidade Federal de Santa Maria, e que levarei sempre junto comigo.

Aprendi que o mundo das formigas não oferecem instrução moral, mas mostram como partes simples compõem sistemas vivos complexos, e como esses sistemas se conectam com o mundo externo.

Por fim, apresento aqui um material que servirá de base para novos trabalhos que poderão ser realizados em qualquer lugar onde haja formigas cortadeiras, pois nosso trabalho sempre teve o objetivo de ser claro, útil e aplicativo para todos, seja empresas florestais ou pequenos silvicultores.

RESUMO

Tese de Doutorado

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Universidade Federal de Santa Maria

SILVICULTURA DE PRECISÃO NO MONITORAMENTO E CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS EM PLANTIOS DE *Pinus*.

AUTOR : Edison Bisognin Cantarelli

ORIENTADOR: Ervandil Corrêa Costa

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 04 de março de 2004.

Realizou-se um estudo de monitoramento e controle de formigas cortadeiras em áreas de plantio de *Pinus* spp. da empresa Bosques del Plata na Argentina. A pesquisa foi dividida em cinco capítulos: Capítulo I - Espécies de formigas cortadeiras em plantio de *Pinus* spp. em Corrientes -Argentina: Identificar as espécies de formigas cortadeiras que ocorrem no campo de plantio 2004; verificar quais as espécies predominantes, mais abundantes, dominantes e dispersão conforme características associadas; definir estratégias de monitoramento. Foram encontradas seis espécies de formigas cortadeiras, com predominância de *Acromyrmex heyeri* (97,75%). Capítulo II – Plano de Amostragem de *Acromyrmex* spp. em áreas de pré-plantio: Estudar a distribuição espacial dos formigueiros; determinar o tamanho ótimo de parcelas para amostragem; determinar a intensidade amostral. Os resultados permitem concluir que a distribuição espacial dos ninhos é casual, o tamanho ótimo de parcela para a densidade de formigueiros do gênero *Acromyrmex* ($n.ha^{-1}$) é de 700m² e a intensidade amostral ótima das parcelas é de 10,5% para um erro esperado de 24%. Capítulo III - Resistência de *Pinus taeda* e *Pinus patula* a formigas cortadeiras: Conhecer compostos secundários associados a preferência ao corte; verificar a diferença de compostos químicos das acículas jovens quando comparada com acículas mais velhas da árvore. Os resultados permitem concluir que as acículas jovens apresentam maior preferência ao corte; os monoterpenos α -pineno, β -pineno, α -tujeno, mirceno e limoneno, estão presentes somente nas acículas maduras (não atacadas) de *Pinus taeda* com 27 meses de idade;

o eudesmol, apresenta uma diminuição mais significativa de concentração na amostra de acículas de mudas de *Pinus taeda*, atacada por formigas cortadeiras. Capítulo IV - Avaliação do desenvolvimento de *Pinus taeda* após ataque de formigas cortadeiras: Avaliar o dano que o ataque de formigas cortadeiras estaria causando em mudas de *Pinus taeda*; avaliar perdas de desenvolvimento em altura, diâmetro e índice de produtividade nas plantas de *Pinus taeda* nos estágios Ano 0, Ano 1 e Ano 2. Os resultados levaram a concluir que *A. lobicornis* e *A. heyeri* atacaram 20,8% das mudas recém plantadas de *Pinus taeda* aos 65 dias. Existe diferença significativa no desenvolvimento das plantas de *Pinus taeda* Ano 0 e Ano 1 em relação ao Ano 2. Capítulo V - Controle de formigas cortadeiras: Avaliar a eficiência de diferentes dosagens do formicida Citromax no controle de *Acromyrmex heyeri* e *Acromyrmex lundii*; avaliar a eficiência de diferentes iscas formicidas no controle de *Atta sexdens piriventris*. Pode-se concluir que não houve influência do tamanho do formigueiro em relação ao percentual de controle de *Acromyrmex heyeri* e *Acromyrmex lundii*. O Citromax a partir de 10g/ninho controla 100% dos formigueiros de *Acromyrmex heyeri* e *Acromyrmex lundii*. No controle de *Atta sexdens piriventris* após 90 dias, os formicidas Citromax, Atta Mex-s e Landrex Plus apresentaram um percentual de 83,3%, 83,3% e 100%, respectivamente.

ABSTRACT

Doctor's Thesis in Forest Engineering
Post-Graduation Program in Forest Engineering
Federal University of Santa Maria, UFSM

PRECISION SILVICULTURE IN MONITORING AND CONTROL OF LEAF CUTTING ANTS IN *Pinus* PLANTATIONS

AUTHOR: Edison Bisognin Cantarelli

ADVISER : Ervandil Corrêa Costa

Date and place of the defense: Santa Maria, March, 04, 2005.

A control and monitoring study of leaf-cutting ants was done in *Pinus* plantation areas from Bosques del Plata company, Argentina. The research was divided into five chapters: Chapter I – Species of leaf cutting ants in the *Pinus* spp. plantation, Corrientes-Argentina: to identify the species in the field plantation 2004; to verify what are the prevailing species, more abundant, dominant and dispersion according to associated characteristics; to define the monitoring strategies. Six species of leaf cutting ants were found, mainly *Acromyrmex heyeri* (97,75%). Chapter II – The genus *Acromyrmex* sampling plan in pre-planting areas; to study the nests spatial distribution; to determine the adequate size of sampling plot and the sampling intensity. The results allow to conclude that the nests spatial distribution is randomized and the adequate size of sampling plot for the *Acromyrmex* ($n \cdot ha^{-1}$) is 700 m² and the adequate sampling intensity for the plots is 10,5% for a predicted error of 24%. Chapter III - *Pinus taeda* and *Pinus patula* resistance to leaf cutting ants: to know the secondary compounds associated to cut preference; to verify the young needles chemical compounds difference when contrasted with older needles from the tree. The results show that the young needles are more prone to cut; the monoterpenes α -pinene, β -pinene, α -tujene, myrcene and limonene, are only in the *Pinus taeda* (27 months) older needles (non attacked); the eudesmol show a more significant concentration decrease in the sample of needles from *Pinus taeda* seedlings, attacked by leaf cutting ants. Chapter IV –

Evaluation of *Pinus taeda* development after leaf-cutting ants attack: to evaluate the damage that leaf-cutting ants could be causing in *Pinus taeda* seedlings; to evaluate deficiency in height and diameter development and productivity index in *Pinus taeda* plants in the following stages: Year 0, Year 1 and Year 2. The results allow to conclude that *A. lobicornis* and *A. heyeri* attacked 20,8% of the new planted (65 days) *Pinus taeda* seedlings. There is a significant difference in the development of *Pinus taeda* plants in the Year 0 and Year 1 when compared with Year 2. Chapter V – Leaf-cutting ants control: to evaluate the efficiency of different doses from Citromax formicide in *Acromyrmex heyeri* and *Acromyrmex lundii* control; to evaluate the efficiency of different formicides in *Atta sexdens piriventris* control. It was possible to conclude that there wasn't influence of the nest size when related to the control percentage of *Acromyrmex heyeri* and *Acromyrmex lundii*. The Citromax, at least 10g/nest controls 100% of the *Acromyrmex heyeri* and *Acromyrmex lundii* nests. In *Atta sexdens piriventris* control after 90 days, the formicides Citromax, Atta Mex-s and Landrex Plus showed a percentage of 83,3%, 83,3% e 100%, respectively.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 4

- FIGURA 4.1 – Número acumulado de mudas de *Pinus taeda* atacadas por formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* nos primeiros dias a campo no levantamento em Corrientes-Argentina. Santa Maria - RS, 2005..... 45
- FIGURA 4.2 – Incremento do diâmetro do colo (cm) de plantas de *Pinus taeda* durante 18 meses, após os tratamentos. Santa Maria - RS, 2005..... 52
- FIGURA 4.3 - Desenvolvimento em altura (cm) de plantas de *Pinus taeda* durante 18 meses, após os tratamentos. Santa Maria - RS, 2005..... 53
- FIGURA 4.4 - Índice de produtividade (cm³) de plantas de *Pinus taeda* durante 18 meses, após os tratamentos. Santa Maria - RS, 2005..... 54

CAPITULO 5

- FIGURA 5.1 - Percentual de controle de *Acromyrmex heyeri* com diferentes dosagens da isca granulada Citromax. Santa Maria - RS, 2005..... 62
- FIGURA 5.2 - Efeito de diferentes dosagens de Citromax no controle de *Acromyrmex lundí* aos 5, 10, 15 e 20 dias após aplicação, entre fevereiro e março de 2004. Santa Maria - RS, 2005..... 65

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

TABELA 1.1 - Espécies de formigas cortadeiras do gênero <i>Atta</i> e <i>Acromyrmex</i> encontradas nas províncias de Corrientes e Misiones, Argentina (Quiran, 1996).....	04
TABELA 1.2 - Espécies de formigas cortadeiras encontradas no campo “San Javier”, Corrientes - Argentina, com respectivos índices faunísticos. Santa Maria – RS, 2005.....	08
TABELA 1.3 - Complexo de espécies de formigas cortadeiras, conforme suas características visuais a campo. Santa Maria - RS, 2005.....	10

CAPITULO 2

TABELA 2.1 - Comparação entre as freqüências observada e esperada, através da aplicação do teste Qui-quadrado. Santa Maria – RS, 2005.....	18
TABELA 2.2 - Coeficiente de variação da densidade de formigueiros em função do número de subparcelas, obtidas no levantamento em Corrientes - Argentina. Santa Maria – RS, 2005.....	19
TABELA 2.3 - Número de parcelas de 700m ² por hectare para amostragem da densidade de formigueiros (n.ha ⁻¹) em função da margem de erro esperada no levantamento em Corrientes - Argentina. Santa Maria - RS, 2005.....	20

CAPITULO 3

TABELA 3.1 - Composição química dos óleos essenciais obtidos de acículas de <i>Pinus taeda</i> com 26 e 27 meses de idade. Santa Maria – RS, 2005.....	30
TABELA 3.2 - Composição química dos óleos essenciais obtidos de acículas de mudas de <i>Pinus taeda</i> . Santa Maria - RS, 2005.....	34
TABELA 3.3 - Composição química dos óleos essenciais obtidos de acículas de <i>Pinus patula</i> com quatro anos de idade. Santa Maria - RS, 2005.....	37

CAPITULO 4

TABELA 4.1 - Identificação, diâmetro e localização de cada formigueiro no levantamento em Corrientes - Argentina. Santa Maria - RS, 2005.....	43
TABELA 4.2 - Numero de avaliações (N), média e desvio padrão (DP) do número de mudas de <i>Pinus taeda</i> após 65 dias de avaliação. Corrientes, Argentina. 2005.....	46
TABELA 4.3 - Local, características do solo e idade do plantio de mudas de <i>Pinus taeda</i> nas áreas de estudo. Santa Maria - RS, 2005.....	49
TABELA 4.4 - Comparação de médias pelo teste “t” dos tratamentos para a variável diâmetro do colo (DC), altura (H) e índice de produtividade (IP) de mudas de <i>Pinus taeda</i> no Ano 0, Ano 1 e Ano 2. Santa Maria - RS 2005.....	51

CAPITULO 5

TABELA 5.1 - Efeito dos formicidas Citromax e Mirex-S no tempo de controle de <i>Acromyrmex lundii</i> , após 20 dias de avaliação. Santa Maria - RS, 2005.....	66
TABELA 5.2 - Percentual de carregamento de formicida, após 24 horas de aplicação, em formigueiros de <i>Atta sexdens piriventris</i> . Santa Maria - RS, 2005.....	70
TABELA 5.3 - Eficiência dos tratamentos no controle de <i>Atta sexdens piriventris</i> , ao ser avaliada a atividade da sede aparente (SA) e do olheiro de forrageamento (O). Santa Maria - RS, 2005.....	72

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS OU SÍMBOLOS

Km ²	quilômetro quadrado
ha	hectare
m ³	metro cúbico
m ²	metro quadrado
m	metro
cm ³	centímetro cúbico
cm	centímetro
mm	milímetro
ml	mililitro
mg	miligrama
DC	diâmetro do colo
DAP	diâmetro altura do peito
h	altura
n	ninhos
var.	variedade
°C	graus celsius
RS	Rio Grande do Sul
Mercosul	Mercado comum do sul
US\$	dolar americano
ha ⁻¹	por hectare
GPS	global position system
Kfa	kilograma força
SIG	Sistema de informação geográfica

SUMÁRIO

Resumo	vii
Abstract	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xii
Lista de siglas, abreviaturas ou símbolos	xiv
Introdução geral	xvii
Capítulo I - Espécies de formigas cortadeiras em plantio de <i>Pinus</i> spp. em Corrientes - Argentina	
1.1 Introdução.....	01
1.2 Revisão de literatura.....	03
1.3 Material e métodos.....	06
1.4 Resultados e discussão.....	07
1.5 Conclusões.....	11
Capítulo II - Plano de amostragem de <i>Acromyrmex</i> spp. em áreas de pré-plantio	
2.1 Introdução.....	12
2.2 Material e métodos.....	14
2.3 Resultados e discussão.....	17
2.4 Conclusões.....	21
Capítulo III - Resistência de <i>Pinus taeda</i> e <i>Pinus patula</i> a formigas cortadeiras	
3.1 Introdução.....	22
3.2 Revisão de literatura.....	23
3.3 Avaliação de óleos essenciais de acículas de <i>Pinus taeda</i> quanto à preferência no corte por formigas.....	27
3.4 Avaliação de óleos essenciais de acículas em mudas de <i>Pinus taeda</i>	32
3.5 Avaliação de óleos essenciais de acículas de <i>Pinus patula</i>	36
3.6 Conclusões.....	39

Capítulo IV - Avaliação do desenvolvimento de *Pinus taeda* após ataque de formigas cortadeiras

4.1 Introdução.....	40
4.2. Quantificação de dano causado por <i>Acromyrmex lobicornis</i> e <i>Acromyrmex heyeri</i> em mudas de <i>Pinus taeda</i>	42
4.3 Quantificação das perdas no desenvolvimento de <i>Pinus taeda</i> após o ataque de formigas cortadeiras.....	49
4.4 Conclusões.....	56

Capítulo V - Controle de formigas cortadeiras

5.1 Introdução.....	57
5.2 EXPERIMENTO 1 - Efeito de diferentes dosagens do formicida ecológico Citromax no controle de <i>Acromyrmex heyeri</i> (Hymenoptera: Formicidae)	59
5.3 EXPERIMENTO 2 - Efeito de diferentes dosagens do formicida ecológico Citromax no controle de <i>Acromyrmex lundii</i> (Hymenoptera: Formicidae)	64
5.4 EXPERIMENTO 3 - Efeito da aplicação de diferentes iscas formicidas no controle de <i>Atta sexdens piriventris</i> (Hymenoptera: Formicidae)	68
5.5 Conclusões.....	74
6. Considerações finais.....	75
7. Referências Bibliográficas.....	76
8. Anexos.....	95

INTRODUÇÃO GERAL

As formigas aparecem em diversas regiões do planeta associadas a mitos criacionistas, tradicionalmente populares por sua onipresença e seu convívio com a espécie humana. Conforme Delabie (2003), o homem transfere com frequência seus medos às coisas que tem dificuldades a compreender. As formigas fazem parte assim do seu imaginário porque são naturalmente conhecidas como sociais e de organização complexa. No entanto, essa organização social gera certas apreensões e temores, já que para o homem falta sensibilidade de entendimento das sociedades não humanas, sobretudo quando altamente sofisticadas como é o caso das formigas. Esses sentimentos, mais ou menos inconscientes, são transcritos numa abundante literatura moderna.

Assim as formigas são conhecidas há muito tempo pela humanidade, seja por fábulas e estórias infantis, ou por problemas que causam. Sempre associadas a aptidão ao trabalho, força física, inteligência, organização social, senso da hierarquia, capacidade de transporte, agressividade, rapidez, prudência, habilidade de economia doméstica, limpeza, identificação de alimentos de boa qualidade, e mais raramente: charme, divisão do trabalho, teimosia ou humor.

Nesse amplo mundo das formigas vamos retratar uma tese vista de uma pequena fração onde está o convívio e os danos causados em árvores pelas formigas cortadeiras, destacadas nos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*.

Os primeiros colonizadores portugueses no Brasil já ficaram impressionados com os danos causados pela saúva, pois são numerosas as citações bibliográficas de naturalistas, cronistas e jesuítas que fizeram alusão à praga.

As cartas de José de Anchieta, datadas de 1560, que diziam....”das formigas só parecem dignas de comemoração as que estragam as árvores...”

Durante os cinco anos em que percorreu o Brasil, o naturalista francês, Saint’Hilaire ficou impressionado com os danos das saúvas e foi-lhe atribuído o dito, hoje popular, “ou o Brasil acaba com a saúva ou a saúva acaba com o Brasil”.

De longa data, estão referidas medidas legislativas editadas com a finalidade de combate às formigas cortadeiras. Lançou-se mão de Decretos, criaram-se Leis e até

mesmo Serviços Especializados no combate a estas pragas (Mariconi, 1970; Juruena e Cachapuz, 1980).

A importância e a preocupação com as formigas cortadeiras são uma constante na história política, econômica e cultural do Brasil e dos países do Mercosul.

Poucas são as informações quantitativas dos danos das formigas em cultivos agrícolas e florestais no Brasil, dificultando em parte, as campanhas de educação e de controle destas pragas (Amante, 1967; Pacheco, 1991; Arigoni & Rodrigues Filho, 1992).

No atual contexto econômico, o setor florestal-industrial argentino vem crescendo muito. As empresas passam por uma fase de incrementar ao máximo a produtividade de seus cultivos e melhorar a qualidade de seus produtos para manter e aumentar sua competitividade aos mercados nacionais e internacionais cada vez mais exigentes no cumprimento de normas de qualidade e sanidade.

Os problemas fitossanitários são um dos principais limitantes destes cultivos, dentre eles as formigas cortadeiras alcançaram o nível de praga causando grandes danos e prejuízos aos plantios florestais. Dessa forma torna-se evidente um interesse no tema de proteção sanitária dos bosques visto que se evidencia sua vulnerabilidade.

Existem na região, fatores de tipo técnico, econômico e social que criam as condições necessárias para incrementar rapidamente as populações de formigas. As políticas de manejo desta praga estão deficientemente implementadas, com uma base de conhecimento parcial da bioecologia e os métodos de controle evidencia isto.

Frente a esta situação, as empresas realizaram ações tais como a lei provincial 454 (para Misiones) ou o programa de luta contra a formiga mineira (saúva), porém ambos os esforços não tiveram aplicação no plano prático. O maior avanço em busca de soluções, protagonizam as empresas com centros especializados do Brasil. Os esforços que realizam a empresa Bosques del Plata para controlá-las, alcança um custo anual de controle em aproximadamente R\$1.220.000,00.

Sendo assim as empresas argentinas definiram, o que se pode fazer: revisar e avaliar os programas de controle de formigas, atualmente vigentes em países como Brasil, Venezuela, Colômbia e sugerir propostas dos ajustes para buscar as adaptações para aquela região; propor o desenvolvimento de investigações que tenham objetivos

de conhecer mais próximo a bioecologia de formigas e seus inimigos naturais; buscar outras formas de controle (tais como o uso de fungos entomopatógenos, feromônios, plantas tóxicas ou repelentes, etc.); desenvolver metodologias que visem melhorar a eficiência, eficácia e qualidade das atividades de monitoramento e controle de formigas; e intercâmbio de experiências e idéias sobre o manejo de formigas cortadeiras entre empresas e instituições, tanto nacional como internacional.

Neste sentido a empresa Bosques del Plata S.A., firmou um convênio com a Universidade Federal de Santa Maria. A empresa possui um patrimônio de 94.283ha, divididos em 63.000ha plantados até o ano de 2004 com *Pinus* spp., com uma taxa anual de 6.000ha de plantio em duas províncias do nordeste argentino, Misiones e Corrientes. Um investimento de US\$130 milhões, objetivando a produção de polpa para celulose.

De acordo com Pezzutti (2004), silvicultura de precisão se resume em um cultivo de plantações florestais com aplicações de tratamentos sítio- específico resultantes de estudos silviculturais, medidas ambientais e de administração predial, utilizando tecnologia SIG-GPS.

Para que seja implantado com sucesso uma silvicultura de precisão é necessário uma prescrição técnica de sítios-específicos, tecnologia (SIG-GPS) para todas as partes envolvidas, pessoas capacitadas para executar as tarefas de levantamento e planificação operativa.

Dessa forma o presente estudo foi dividido em cinco capítulos, que possuem objetivos bastante específicos no intuito de ter informações suficientes para definir um monitoramento e controle, são eles: Capítulo I - Espécies de formigas cortadeiras em plantio de *Pinus* spp. em Corrientes-Argentina; Capítulo II - Plano de amostragem de formigas cortadeiras em áreas de pré-plantio; Capítulo III - Resistência de *Pinus taeda* e *Pinus patula* a formigas cortadeiras; Capítulo IV - Avaliação do desenvolvimento de *Pinus taeda* após ataque de formigas cortadeiras e Capítulo V - Controle de formigas cortadeiras.

CAPÍTULO I

ESPÉCIES DE FORMIGAS CORTADEIRAS EM PLANTIO DE *Pinus* spp. EM CORRIENTES – ARGENTINA

1.1 Introdução

Cada espécie de formiga cortadeira apresenta hábito de corte diferente e nidificação própria, o que exige métodos de controle diferenciados, fato este observado por Gonçalves (1945). O mesmo autor entende que, apesar de fazerem parte de poucos gêneros, as diversas espécies comportam-se de forma diferenciada, tanto nos seus hábitos alimentares como nas formas de defesa e distribuição espacial.

Em vista disso, com relação às medidas de controle, há necessidade de ampliar e aprofundar os estudos, especialmente os voltados à identificação correta das espécies, sua distribuição geográfica e as melhores épocas para adoção de técnicas de controle (Link, 1999).

No Estado do Rio Grande do Sul, o gênero *Acromyrmex* é distribuído irregularmente. Em face disso, faltam dados confiáveis sobre sua ocorrência, ou seja, em qual município tais formigas aparecem (Costa, 1958, 1964; De Gasperi, 1975; Link & Costa, 1993; Mayhé-Nunes & Diehl-Fleig, 1994). A falta de pesquisas em etologia e em associação dessas espécies com a agricultura e a silvicultura, tem levado ao insucesso a grande maioria dos programas desenvolvidos para combater as formigas-cortadeiras.

O conhecimento da distribuição geográfica das formigas do gênero *Acromyrmex*, no Estado de São Paulo, trouxe grandes benefícios para os programas de manejo de culturas e de controle integrado de formigas cortadeiras (Andrade, 1991). Da mesma forma, benefícios foram obtidos, atualmente, pelos estudos de Gusmão & Loeck (1999) para a região sul do Estado do Rio Grande do Sul e, também, para a região da depressão central do Estado (Grürzmacher *et al.*, 2002), que permitiram tratamentos específicos e utilização de tecnologias adequadas para cada situação.

De acordo com Farji Brener & Ruggiero (1994), a Argentina oferece uma boa oportunidade para estudar os padrões de diversidade geográfica de formigas

cortadeiras, porque o país apresenta uma grande extensão territorial longitudinal, onde existe uma ampla variedade de biomas, climas e relevo, já que o conhecimento da distribuição de espécies é importante para o propósito de cada estudo.

Nesse mesmo sentido, Quiran (1996) relata que, na Argentina, muito pouco se sabe sobre as numerosas espécies de formigas existente no país, em relação à incidência e à atividade humana. Apesar de o conhecimento, para tal identificação, tem sido desenvolvido amplamente, ainda há dúvidas da abrangência dos danos provocados pelos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*. Os estudos realizados, até o presente momento, sobre sistemática, biologia, nidificação, ecologia geral, comportamento e, ainda, sobre a avaliação econômica dos danos ocasionados pelas formigas cortadeiras, resultam totalmente insuficientes, se observar a magnitude do problema que elas causam.

Nos plantios florestais, realizados com espécies exóticas, esse problema se agrava, pois são desconhecidas as conseqüências da alteração do ecossistema (passam de campo para floresta) e as diferentes intensidades de herbivoria que ocorrerem. A partir desses desconhecimentos, este trabalho objetiva: identificar as espécies de formigas cortadeiras que ocorrem na área de plantio de *Pinus* spp. da empresa Bosques del Plata, no ano de 2004; verificar quais as espécies predominantes, mais abundantes e dominantes e a dispersão delas conforme índices faunísticos e, também definir estratégias de monitoramento e controle conforme as características das espécies de formigas cortadeiras.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 Posição sistemática das formigas cortadeiras

As formigas cortadeiras estão situadas no reino animal, no Filo Arthópoda e pertencem à classe Insecta. São, portanto, insetos e estão classificadas dessa maneira (Thomas, 1990):

- * Ordem: Hymenoptera
- * Subordem: Apocrita
- * Superfamília: Formicoidea
- * Família: Formicidae
- * Subfamília: Myrmicinae
- * Tribo: Attini
- * Gênero:

Atta

Acromyrmex

Sericomyrmex

Trachymyrmex

Micocephurus

Em função da importância econômica para o Brasil, as principais pesquisas e publicações sobre formigas cortadeiras estão concentradas nos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, conhecidas vulgarmente como saúvas e quenquéns.

Os gêneros *Atta* e *Acromyrmex* são de ampla distribuição geográfica, parecem desde o sul dos EUA (latitude 33° N) até o centro da Argentina (latitude 33° S), mas inexistem no Chile e em algumas ilhas das Antilhas (Mariconi, 1970).

1.2.2 Espécies de formigas cortadeiras na Argentina

De acordo com o levantamento realizado por Farji Brener & Ruggiero (1994), existem, na Argentina, catorze espécies de formigas cortadeiras. Na região nordeste da Argentina, também denominada como litoral, as províncias de Corrientes e Misiones apresentam registros de ocorrência de duas espécies do gênero *Atta* e nove espécies do gênero *Acromyrmex*, conforme Tabela 1.1.

TABELA 1.1 - Espécies de formigas cortadeiras do gênero *Atta* e *Acromyrmex* encontradas nas províncias de Corrientes e Misiones, Argentina. (Quiran, 1996).

Espécie	Local de ocorrência
<i>Atta sexdens</i>	Misiones e parte de Corrientes
<i>Atta vollenweideri</i>	Noroeste do país, exceto Misiones
<i>Acromyrmex ambiguus</i>	Corrientes e Misiones
<i>Acromyrmex aspersus</i>	Noroeste do país
<i>Acromyrmex coronatus</i>	Misiones
<i>Acromyrmex heyeri</i>	Litoral do país, exceto Misiones
<i>Acromyrmex hispidus</i>	Corrientes e Misiones
<i>Acromyrmex landolti</i>	Corrientes e Misiones
<i>Acromyrmex laticeps</i>	Misiones
<i>Acromyrmex rugosus</i>	Misiones
<i>Acromyrmex striatus</i>	Corrientes e Misiones

Quiran (1996) descreve que a região que compreende as províncias de Corrientes apresenta a maior área de diferenciação de espécies do gênero *Acromyrmex* na Argentina. Porém surpreende a descrição de que *A. lundii* e *A. lobicornis* são espécies que não são encontradas nessas províncias. O autor ressalta ainda que as espécies *A. balzani*, *A. crassispinus*, *A. subterraneus*, *A. fracticornis*, *A. gallardoi*, *A. mesopotamicus*, *A. pulverus*, *A. sylvetrii* merecem estudos de distribuição geográfica ainda desconhecida na Argentina.

No Brasil, o gênero *Atta* possui nove espécies e três subespécies; já o gênero *Acromyrmex* está formado por numerosas espécies, entre as quais se encontram

muitas subespécies, já foi identificada a ocorrência de vinte e oito espécies e subespécies diferentes (Anjos *et al.* 1998).

Della Lucia (1993) relata que, no Brasil, aparecem vinte espécies e nove subespécies de *Acromyrmex* e dez espécies e três subespécies de *Atta*. Todavia nem todas têm importância econômica definida, pois ocorrem em áreas pouco exploradas tanto pela agricultura como pela silvicultura, ou causam pequeno impacto nos diferentes agroecossistemas. Dentre as formigas cortadeiras encontradas no Brasil, somente cinco espécies de saúva e nove de quenquém são importantes sob o ponto de vista econômico. (Zanetti, 2002).

No Estado do Rio Grande do Sul, aparecem somente duas espécies de saúvas: *Atta sexdens piriventris* e *Atta vollenweideri*. A primeira, com vasta distribuição, no entanto não ocorrem no litoral nem em alguns municípios do interior, onde o subsolo é desfavorável para a construção de seus ninhos; a segunda, presente apenas no município de Uruguaiana, junto a Barra do Quaraí (Costa, 1958, 1964; De Gasperi, 1975; Carvalho & Tarragó, 1982).

Para Juruena & Cachapuz (1980) há ocorrência de onze espécies em todo o Estado: *A. ambiguus*, *A. striatus*, *A. lobicornis*, *A. heyeri*, *A. lundi lundi*, *A. crassispinus*, *A. landolti balzani*, *A. laticeps laticeps*, *A. hispidus fallax*, *A. rugosus rugosus* e *A. subterraneus subterraneus*. Della Lucia (1993), em sua listagem das espécies de *Acromyrmex* ocorrentes no Rio Grande do Sul, não cita *A. landolti balzani*, mas inclui *A. aspersus*; já Mayhé-Nunes & Diehl-Fleig (1994) acrescentam *A. niger*. Referindo-se apenas à região Sul do Estado do Rio Grande do Sul, Gusmão & Loeck (1999) encontraram sete espécies de formigas cortadeiras pertencentes apenas ao gênero *Acromyrmex*.

1.3 Material e métodos

A área deste estudo compreende um campo de plantio de *Pinus* spp. da empresa Bosques del Plata, realizado no ano de 2004, denominado “San Javier”, cujas coordenadas UTM (fuso 21) estão entre 6877500N e 6867500N, e entre 6547500E e 6555000E (mapas em Anexos 1, 2, 3 e 4) no departamento de Santo Tomé, província de Corrientes, nordeste da Argentina.

Do ponto de vista fitossanitário, interessa conhecer variáveis climáticas que são consideradas críticas para a incidência, distribuição e desenvolvimento de populações de formigas. As temperaturas relativamente elevadas (27°C, média no mês mais quente), com escassa variação anual, definem o clima da região como subtropical ou mesotermal, com secas e granizos esporádicos que causam estresse na vegetação, predispondo-as ao ataque de pragas. Por outro lado, os ventos, que na região alcançam uma velocidade média de 40 Km.h⁻¹, podem incrementar a área de dispersão de insetos, tais como as formigas sexuadas em época de enxame.

O levantamento foi realizado no primeiro semestre de 2004, em aproximadamente 5.500ha. A coleta das formigas foi realizada pela empresa prestadora de serviço TEC-MIP, que também foi responsável pelo preenchimento de um questionário sobre a forma de tal coleta e sobre a anotação dos pontos dos formigueiros com GPS Garmin (Global Position System).

Foram definidas 3.030 parcelas circulares de 1000m², eqüidistantemente distribuídas a cada 1,6ha, onde coletaram-se amostras de operárias que foram separadas em frascos com 70% de álcool, contendo cada um, no mínimo, cinco exemplares. Na ocasião da coleta, os coletores descreveram a “cor das operárias”, conforme o conhecimento prático deles na região. Segundo a descrição, era cor vermelha (algumas espécies do gênero *Acromyrmex* de coloração avermelhada), cor preta (outras espécies do gênero *Acromyrmex* de coloração preta), cor marrom (*Acromyrmex subterraneus*) e cor azul (gênero *Atta*) conforme mapas em anexos 2, 3 e 4.

As amostras, com a respectiva identificação, foram encaminhadas ao Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, da Universidade Federal de Pelotas, onde os exemplares foram identificados.

A identificação foi realizada fundamentada no maior exemplar existente em cada frasco, com auxílio tanto da chave sistemática proposta por Mayhé-Nunes (1991) quanto de suas descrições e das descrições originais de Gonçalves (1961).

De posse dos dados, foram calculadas a freqüência, a dominância, a abundância e a constância para cada espécie, sendo a freqüência determinada por meio do intervalo de confiança (IC) da média. Conforme Rodrigues (1986), adotou-se a seguinte classificação: Muito freqüente (MF), Freqüente (F) e Pouco Freqüente (PF). Para o cálculo da dominância, adotou-se o método desenvolvido por Wilcken (1991), com a seguinte classificação: Dominante (D) e Não Dominante (ND). Para o cálculo da abundância, empregou-se uma medida da dispersão, de acordo com Silveira Neto *et al.* (1976), por intermédio do desvio padrão da média e do intervalo de confiança, estabelecendo-se as seguintes classes: Muito Abundante (MA); Abundante (A); Comum (C); Dispersa (D) e Rara (R). A constância foi determinada pela porcentagem de coletas que continham o táxon em questão e pelo cálculo de confiança, com as seguintes classes: Constantes (W); Acessórias (Y) e Acidentais (Z). Considerou-se como espécies predominantes aquelas que assumiram uma, ou mais das seguintes classes: muito freqüente, dominante, muito abundante ou constante, conforme Silveira Neto *et al.* (1976). Para as análises admitiu-se uma significância de 5% de probabilidade de erro.

1.4 Resultados e discussão

Na área de implantação de *Pinus* spp., denominada campo “San Javier”, no ano de 2004, foram encontradas seis espécies de formigas cortadeiras, com alta predominância de *Acromyrmex heyeri* (97,75%), sendo está a única espécie considerada muito freqüente, dominante e abundante.

As demais espécies, *Acromyrmex lobicornis* (1,50%), *Acromyrmex hystrix* (0,30%), *Acromyrmex aspersus* (0,15%), *Acromyrmex lundii lundii* (0,15%) e *Acromyrmex landolti balzani* (0,15%), foram consideradas pouco freqüente (Tabela 1.2).

TABELA 1.2 - Espécies de formigas cortadeiras encontradas no campo “San Javier”, Corrientes - Argentina, com respectivos índices faunísticos. Santa Maria – RS, 2005.

Espécies	Nº de amostras	Percentual	Frequência	Dominância	Abundância	Constância
<i>Acromyrmex heyeri</i>	651	97,75	MF	D	MA	W
<i>Acromyrmex lobicornis</i>	10	1,50	PF	ND	R	Z
<i>Acromyrmex hystrix</i>	02	0,30	PF	ND	R	Z
<i>Acromyrmex aspersus</i>	01	0,15	PF	ND	R	Z
<i>Acromyrmex lundii lundii</i>	01	0,15	PF	ND	R	Z
<i>Acromyrmex landolti balzani</i>	01	0,15	PF	ND	R	Z
Total	666	100,0				

MF: muito freqüente; PF: pouco freqüente; D: dominante; ND: não dominante; MA: muito abundante; R: rara; W: constante; Z: acidental.

O litoral argentino (províncias de Santa Fé, Corrientes e Misiones) que forma fronteira com o Brasil, é descrito por Kusnezov (1963) como a região que oferece oportunidade para que as espécies possam sobreviver; ao passar para o ambiente semiárido, *Acromyrmex heyeri* e *Acromyrmex hispidus* desaparecem, porque seus ninhos não oferecem uma eficiente proteção contra a seca. Logo, no deserto, *Acromyrmex lundii* desaparece também e ficam somente *Acromyrmex lobicornis* e *Acromyrmex striatus*, cada uma com seu modo particular de assegurar a existência da colônia.

Ao analisar-se a área do presente estudo, é possível afirmar que ela possui características diferenciadas próprias e isso se repete a cada ano de plantio. Uma empresa florestal que necessita de uma grande quantidade de área implantada, apresentará sempre diversidade tanto na região como no tipo de solo, vegetação, histórico da área, entre outros fatores e isso irá influenciar diretamente na diversidade e

na densidade das espécies de formigas. Por isso, há necessidade de fazer-se um levantamento prévio para posterior tomada de decisão, porém a atividade de identificar espécies, às vezes, pode ser um tanto onerosa para empresa e, também, requer pessoas especializadas para realizar tal tarefa.

De acordo com o censo realizado na área, baseado no conhecimento do pessoal de campo, 97,6% das espécies foram consideradas “quenquém vermelha”; 2,2% “quenquém preta” e 0,23% saúvas. Apesar de as amostras utilizadas neste estudo não conterem indivíduos do gênero *Atta*, os resultados para o gênero *Acromyrmex* foram muito semelhantes ao estudo de identificação. Assim, entende-se que o pessoal de campo, nativo da região, que realiza o levantamento de dados do monitoramento, poderá fazer esse trabalho de uma forma mais genérica; pois, de acordo com a descrição realizada nas planilhas, os resultados foram considerados satisfatórios.

Na Argentina, o efeito prejudicial das formigas cortadeiras levou o Poder Executivo a declarar, em 1909, praga a formiga “negra” e a “colorada” (Bonetto, 1959), sem determinar a que espécie se referia, talvez considerando a *Acromyrmex lundii* como “negra” e a *Atta sexdens* como “colorada” (Quiran, 1996). Isso demonstra que, há muito tempo, utiliza-se a cor das operárias para definir um agrupamento de espécie.

Valle *et al.* (2002) apresentam, pela primeira vez, a determinação de índices faunísticos para o gênero *Acromyrmex*, nos campos de plantio de *Pinus* e concluem que a dominância é marcada por ninhos de “colorada” comparada com “negras”, tanto antes do plantio como do pós-plantio.

Esses fatos demonstram ser uma prática usual na Argentina esse tipo de classificação das espécies, no entanto deve-se definir quais espécies serão consideradas em cada complexo. Para facilitar o entendimento e a uniformidade a campo, sugere-se utilizar um agrupamento de acordo com as definições, conforme Tabela 1.3.

TABELA 1.3 – Complexo de espécies de formigas cortadeiras, conforme suas características visuais a campo. Santa Maria - RS, 2005.

Agrupamento	Espécie
Quenquém vermelha	<i>A. heyeri</i> , <i>A. hystrix</i> , <i>A. landolti</i> , <i>A. ambiguus</i>
Quenquém preta	<i>A. lundii</i> , <i>A. lobicornis</i> , <i>A. aspersus</i> , <i>A. coronatus</i>
Subterrânea	<i>Acromyrmex subterraneus</i>
Saúvas	Todas espécies do gênero <i>Atta</i>

Esse complexo foi ranqueado e classificado na tomada de decisões, embasado na voracidade e na dificuldade de combate das formigas cortadeiras, pela seguinte forma decrescente:

1º Gênero *Atta*: possui maior herbivoria, causa danos mais severos ao plantio florestal.

2º *Acromyrmex subterraneus*: grande voracidade na herbivoria de *Pinus*, há dificuldade de localização dos formigueiros.

3º Quenquém preta (gênero *Acromyrmex*): grande voracidade de plantas de *Pinus*. É caracterizada por apresentar uma coloração preta ou castanho escura. Ex: *A. lundii*, *A. lobicornis*.

4º Quenquém vermelha (gênero *Acromyrmex*): menor voracidade entre as espécies que cortam *Pinus*, geralmente, possui hábito de forragear gramíneas. É caracterizada por apresentar uma coloração avermelhada ou castanho claro. Ex. *A. heyeri*, *A. hystrix*.

Essa variável seria incluída no programa de monitoramento, a fim de ajustar e aprimorar as tomadas de decisão, e priorizar não só a densidade de ninhos.ha⁻¹, mas também o complexo ao qual as espécies pertencem, criando uma mapa de tomadas de decisão, para realizar as intervenções de combate conforme a associação dessas variáveis.

1.5 Conclusões

- Para a área de plantio de *Pinus* spp., no ano de 2004, em Corrientes-Argentina, identificaram-se as espécies de formigas cortadeiras: *Acromyrmex heyeri*, *Acromyrmex lobicornis*, *Acromyrmex hystrix*, *Acromyrmex aspersus*, *Acromyrmex lundi lundi* e *Acromyrmex landolti balzani*.

- *Acromyrmex heyeri* (97,75%) é a única espécie de ocorrência muito freqüente, dominante, muito abundante e constante.

CAPITULO II

PLANO DE AMOSTRAGEM DE *Acromyrmex* spp. EM ÁREAS DE PRÉ-PLANTIO

2.1 Introdução

Algumas empresas do setor florestal brasileiro passaram a adotar sistemas de monitoramento de formigas cortadeiras, com o intuito de aumentar a eficiência e diminuir os custos de combate e, também, reduzir o impacto ambiental decorrente de aplicações sucessivas de inseticidas.

O sistema de monitoramento adotado na Bahia Sul Celulose S/A, por exemplo permitiu dispensar a operação de combate em 30% de área monitorada, enquanto nos 70% restantes foi necessário apenas um combate. É um resultado significativo se comparado com a prática convencional da empresa, que combatia as formigas em toda área a cada seis meses, após o sexto mês de idade da floresta. Tal monitoramento possibilitou um combate a cada 14,3 meses, ou seja, uma redução de 58% na quantidade de combates, diminuindo os custos e a contaminação tanto do meio ambiente quanto dos trabalhadores responsáveis pela operação (Mageste & Anjos, 1995).

Outro exemplo é realizado na empresa Mannesmann Florestal Ltda, que utiliza o programa SIMFOR (Sistema monitorado de Combate a formigas cortadeiras) que fornece um interessante diagnóstico das populações de formigas cortadeiras em cada talhão reflorestado (Oliveira *et al.*, 1993).

Assim, o monitoramento de formigas cortadeiras é necessário para tornar possível a convivência das formigas na fase de implantação da floresta, e a escolha das estratégias que deverão ser utilizadas caso haja necessidade de combatê-las.

O monitoramento operacional de formigas cortadeiras surgiu em florestas na fase de “combate de manutenção”, isto é, no período compreendido entre um a dois anos pós-plantio e a colheita, visando otimizar os métodos de combate empregados, principalmente, o de distribuição sistemática de iscas. Este não poderia ser atingido apenas com testes em locais restritos (Laranjeiro, 1994); posteriormente, essa estratégia de monitoramento estendeu-se para a fase de implantação, reforma e regeneração em florestas.

A amostragem de formigas cortadeiras inclui vários métodos e a escolha adequada de cada um deles depende, fundamentalmente, de uma definição clara dos seus objetivos, entre os principais estão: indicação do momento ótimo para a intervenção contra as formigas; seleção do método ou métodos a serem adotados; otimização dos recursos em cada método; formação de uma base de dados para geração de uma programação de controle e, por último, avaliação da eficiência da operação (Laranjeiro, 1994). Os principais métodos de amostragem de formigas cortadeiras incluem a técnica do pior foco, o uso de transectos em linha e em faixas e o uso de parcelas aleatórias.

Na primeira técnica, faz-se a avaliação visual da ocorrência de colônias de formigas cortadeiras e de seus danos em área já pré-marcada da floresta, procurando caracterizar os focos de forma a perceber aquele em que a situação é mais grave. Por meio de um parâmetro considerado em nível de dano econômico, determina-se ou não a intervenção na área (Anjos *et al.*, 1993).

O transecto em faixas é uma das formas de amostragem que consiste na contagem do número de formigueiros em faixas de plantio com distâncias variáveis entre elas, começando em uma das bordas do talhão reflorestado e terminando na outra (Zanuncio *et al.*, 2002). Normalmente, acompanha as linhas de plantio e limita-se ao espaçamento delas. Já, na utilização de parcelas ao acaso, estas são lançadas com área fixa, normalmente retangulares e acompanham a linha de plantio de acordo com um mapa detalhado do talhão, no qual são feitas as escolhas dos pontos, de forma que mostre corretamente toda a área.

Existe ainda o transecto em linhas ou quadrantes, que consiste no lançamento de linhas de comprimento determinado e largura fixa de 15 metros de cada lado. São medidas a distância de cada formigueiro encontrado até a árvore mais próxima e calculada a densidade pelo método Cottan & Curtis ou Pollard.

Outro método existente, mas pouquíssimo aplicado, é o monitoramento aéreo que pode ser eficiente, quando ocorrer a presença de uma topografia que dificulte a realização do monitoramento terrestre, ele é baseado na quantificação de danos visuais (Laranjeiro, 1994).

O padrão de distribuição espacial dos indivíduos de uma população (ninhas de formigas) é importante no estudo do seu comportamento e na elaboração de plano de amostragem. Em populações de insetos nos ecossistemas naturais e agroecossistemas, muitos indivíduos estão espacialmente relacionados um com o

outro de maneira recíproca e dois indivíduos podem estar mais próximos entre si que dos demais. Qualquer mecanismo que promova a formação de pares ou de grupos relativamente pequenos, tende a aumentar a reciprocidade e a proporção de indivíduos que servem de vizinhos mais próximos de um ou mais indivíduos (Clark & Evans, 1955).

A colonização do habitat e a distribuição dos ninhos de *Acromyrmex landolti fracticornis*, no Paraguai, variam com a declividade, umidade do solo e cobertura vegetal. Além disso, outros fatores, como a alta densidade de outros invertebrados herbívoros, podem limitar a colonização do habitat, após o vôo nupcial das rainhas recém-fecundadas (Fowler & Robinson, 1977). Essa mesma relação verificou-se no presente estudo localizado no departamento de Santo Tomé, província de Corrientes-Argentina.

Dessa forma, os objetivos do presente trabalho foram:

(i) Estudar a distribuição espacial de formigueiros do gênero *Acromyrmex* em área de pré-plantio. A hipótese testada foi:

a) H₀: a distribuição dos formigueiros é casual.

(ii) Determinar o tamanho ótimo de parcelas para amostragem de formigas cortadeiras em áreas de pré-plantio de *Pinus* spp.. A hipótese testada foi:

a) H₀: O tamanho adotado da parcela de 1000m² adotado pela empresa apresenta confiabilidade satisfatória.

(iii) Determinar a intensidade amostral. A hipótese testada foi:

a) H₀: a intensidade amostral de 6,25% adotada pela empresa Bosques del Plata, apresenta uma confiabilidade satisfatória.

2.2 Material e métodos

Este trabalho foi realizado no campo denominado San Javier da empresa Bosques del Plata S. A., localizada na província de Corrientes-Argentina nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2003. Todos os formigueiros visíveis em uma área de 2.750ha, foram localizados, identificados e georreferenciados com um aparelho de GPS (Global Position System), modelo Garmin, antes da implantação da floresta com *Pinus* sp. no ano de 2004.

Após a coleta dos dados de latitude e longitude de todos os formigueiros, na área de plantio e nas áreas adjacentes, foi gerado um mapa com a localização de cada formigueiro na área. O mapa foi subdividido em unidades de 10m X 10m, totalizando 288.547 parcelas de 100m², sendo caracterizado como unidade básica (UB).

Foram selecionados dez talhões representativos na área, quanto a densidade de ninhos, totalizando 250ha, ou 25.106 parcelas. Os dados foram tabulados em planilha eletrônica para análise da distribuição espacial, da determinação do tamanho ótimo das parcelas e da definição da intensidade amostral do monitoramento.

Ressalta-se que, na área de estudo, contabilizaram-se somente os formigueiros do gênero *Acromyrmex*, que representam 98% da densidade nas áreas de plantio da empresa Bosques del Plata, pois é realizado um combate diferenciado para esse gênero. As demais espécies de formigas cortadeiras foram desconsideradas, a fim de gerar um plano de monitoramento específico para representar a grande maioria da região.

2.2.1 Determinação da distribuição espacial

Determinou-se o tipo de distribuição espacial dos ninhos de *Acromyrmex*, pelo ajuste do modelo de distribuição de Poisson. Inicialmente, foi calculada a frequência observada dos formigueiros (F_{obs}), pela fórmula:

$$F_{obs} = \sum n_i ,$$

Em que: n_i = número de formigueiros em cada parcela.

Em seguida, calculou-se a frequência esperada (F_{esp}) pelas fórmulas:

$$F_{esp} = P(x) \times F_{obs} ,$$

$$P(x) = e^{-\mu} \left(\frac{\mu^x}{x!} \right) ,$$

Em que: $P(x)$ = probabilidade de encontrar x formigueiros; x = número inteiro (0, 1, 2 ...); μ = média observada de formigueiros (Krebs, 1989).

Obteve-se o padrão de distribuição espacial das formigas cortadeiras, pela comparação entre as frequências observada e esperada, com a aplicação do teste de Qui-quadrado (χ^2):

$$\chi^2 = \frac{(F_{obs} - F_{esp})^2}{F_{esp}} \times 100,$$

Foram testadas as seguintes hipóteses:

H₀: F_{obs} = F_{esp} , então a distribuição é ao acaso ou aleatória;

H₁: F_{obs} ≠ F_{esp} , então a distribuição é uniforme ou agregada.

2.2.2 Determinação do tamanho ótimo de parcelas

Calculou-se o tamanho ótimo de parcelas, pelo método da curvatura máxima de Lessman & Atkins (1963), inicialmente, as médias e as variâncias da densidade de formigueiros (n.ha⁻¹), considerando-se o número total de parcelas amostradas de toda a área de estudo.

Posteriormente, dividiu-se o total de parcelas ao meio consecutivamente, até restarem conjuntos de número mínimo de duas parcelas por bloco. A cada divisão, determinaram-se as médias e as variâncias da densidade de formigueiros de cada conjunto de parcelas resultante. Com esses dados, determinou-se o coeficiente de variação de cada conjunto de parcelas pela fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{s^2}}{\bar{X}},$$

Em que:

CV = coeficiente de variação;

s² = variância dos conjuntos de parcelas;

X = média dos conjuntos de parcelas.

Em seguida, calculou-se a área (ha) de cada conjunto de parcelas, multiplicando-se o número de parcelas de cada um pela área da parcela (100 m²). Com esses dados, gerou-se a equação de regressão do coeficiente de variação (CV) em função do tamanho da amostra (ha) para a densidade de formigueiros (n.ha⁻¹), por meio da fórmula:

$$CV = \frac{a}{y^b},$$

Em que:

CV = Coeficiente de variação;

a e b = coeficientes da regressão;

Y = tamanho da amostra.

Com os coeficientes da regressão obtidos, calculou-se tamanho ótimo da amostra pelo método de Lessman & Atkins (1963), utilizando a expressão apresentada por Chaves (1985):

$$N = [a^2 b^2 (2b-1) / (b-2)]^{1/(2-2b)}$$

Em que:

N = tamanho ótimo da amostra;

a e b = coeficientes da regressão.

Determinou-se a intensidade amostral para a densidade de formigueiros em níveis percentuais de erro esperado de 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30%, dentro de um intervalo de confiança de 95%. Para este cálculo, utilizou-se a fórmula:

$$N = \left(\frac{t_{(\alpha/2)} \times s}{\varepsilon \times X} \right)^2,$$

Em que:

t $\alpha/2$ = valor tabelado pela distribuição t em função do nível α de erro e n - 1 graus de liberdade;

s = desvio padrão dos ninhos do conjunto de parcelas de tamanho ótimo;

X = média da amostra total dos ninhos do conjunto de parcelas de tamanho ótimo;

ε = erro esperado.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Determinação da distribuição espacial

Um total de 10.490 formigueiros foram localizados na área de 2.750ha de campo pré-plantio de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* utilizados neste estudo, sendo 9.521 formigueiros em áreas de plantio e 969 em áreas adjacentes ao plantio (aceiros, estradas, floresta nativa, etc.). Obteve-se, assim uma média de 3,63 ninhos.ha⁻¹.

Os dez talhões selecionados representativos, contabilizaram 250,1ha com um total de 914 formigueiros, ou seja, uma densidade representativa ao censo de 3,62 ninhos.ha⁻¹.

Definiu-se a distribuição espacial dos formigueiros do gênero *Acromyrmex* como casual, pois a freqüência observada foi igual a freqüência esperada, conforme Tabela 2.1.

TABELA 2.1 - Comparação entre as freqüências observada e esperada, através da aplicação do teste Qui-quadrado. Santa Maria - RS, 2005.

X	Fobs	Px	Fesp
0	24262	0,9642	23394,6
1	779	0,9994	778,5
2	61	1,0000	61,0
3	3	1,0000	3,0
4	1	1,0000	1,0

Qui-quadrado = 0,0000001 p>0,05 (não-significativo)

Por outro lado, Coll *et al.* (2004), em estudos de distribuição espacial de ninhos de *Atta* e *Acromyrmex*, em plantios de *Pinus taeda* e erva mate, na província de Misiones, Argentina, entenderam a distribuição como do tipo regular. Apesar da região não ser tão próxima ao presente estudo, apresenta características semelhantes, dessa forma acredita-se que a distribuição espacial não seja regular, ao menos para os ninhos do gênero *Acromyrmex*.

Nicholas & Vilela (1995) mostraram que as colônias de *Atta laevigata* tendem a distribuir-se uniformemente em locais de alta densidade de saueiros, apresentando-se ajustadas a um modelo regular de distribuição espacial, mas em áreas menos densas, possuem distribuição casual, como verificado nesse estudo.

No mesmo sentido, Caldeira (2002) concluiu que, em talhões de eucalipto em Minas Gerais, a distribuição dos saueiros também foi casual. A distribuição casual ocorre quando as condições ambientais são semelhantes em qualquer ponto no espaço e a presença de um organismo não interfere na de outro (Begon *et al.*, 1996). Isso parece ocorrer em reflorestamentos equiâneos, que se caracterizam pela homogeneidade em tipo de solo, temperatura, tratamentos culturais, etc. Como as iças caem aleatoriamente nessas áreas e recebem combates periódicos do mesmo tipo e intensidade, a tendência é manter essa distribuição casual ao longo do tempo.

Ramos *et al.* (2003) em estudos com colônias de *Atta sexdens rubropilosa* e *Atta laevigata* em plantios de *Eucalyptus* spp., concluiu que a distribuição espacial mostrou-se agregada. Outros trabalhos foram realizados estudando a distribuição espacial de colônias de *Atta* (Forti & Pereira, 1979; Gomides & Zanuncio, 1995; Zanuncio *et al.*, 2002; Zanetti, 2003) e colônias de *Acromyrmex* (Bucher & Montenegro, 1974; Farji-Brener, 1995; Quiran & Pilati, 1997; Lapointe *et al.*, 1998), e

é notada a relação existente entre as espécies de formigas cortadeiras e as características do local de estudo.

2.3.2 Determinação do tamanho ótimo de parcelas

Verificou-se um aumento progressivo dos valores do coeficiente de variação observado, ao reduzir-se o tamanho da área amostrada, para o parâmetro densidade de formigueiros ($n \cdot ha^{-1}$) (Tabela 2.2).

Isso ocorreu pela redução da área das subparcelas e por um conseqüente aumento do seu número, o que implicou diretamente no acréscimo da sua variância.

TABELA 2.2 - Coeficiente de variação da densidade de formigueiros em função do número de subparcelas, obtidas no levantamento em Corrientes - Argentina. Santa Maria - RS, 2005

Número de subparcelas	Área das subparcelas (ha)	Coeficiente de Variação (%)
8.192	81,92	0,65
4.096	40,96	0,47
2.048	20,48	0,41
1.024	10,24	0,45
512	5,12	0,49
256	2,56	0,58
128	1,28	0,70
64	0,64	0,89
32	0,32	1,16
16	0,16	1,62
8	0,08	2,23
4	0,04	3,02
2	0,02	4,10

Estimou-se o tamanho ótimo da parcela pelo método da curvatura máxima, utilizando a equação: $N = [5,259367^2 * 0,398697^2 * (2 * 0,398697 - 1) / (0,398697 - 2)]^{1/(2 - 2 * 0,398697)}$, assim se obteve o tamanho ótimo de 614m² para amostrar a densidade de formigueiros ($n \cdot ha^{-1}$). Como usou-se parcelas de tamanho mínimo de

100m², então sugere-se utilizar múltiplos inteiros dessa parcela, ou seja, retangulares 10x70m totalizando uma área de 700m².

O cálculo da intensidade amostral do parâmetro densidade de formigueiros (n.ha⁻¹) mostrou ser necessário o lançamento de 844,11 parcelas/ha para 1% de erro esperado (Tabela 2.3), o que é praticamente inviável economicamente, tendo em vista o tamanho amostral muito alto. A simulação de um erro esperado de 25% mostrou ser necessário o lançamento de 1,35 parcelas.ha⁻¹ para representar a densidade de formigueiro.

Apesar de não se ter conhecimento de estudos, no Brasil, com planos de amostragem para o gênero *Acromyrmex*, em estudos realizados por Oliveira *et al.* (1993) com o gênero *Atta*, utilizaram parcelas de 720m² a cada cinco hectares, para o parâmetro densidade de saueiros (n.ha⁻¹), em áreas de manutenção da empresa V&M Florestal Ltda, o que representa uma intensidade amostral de 1,44% da área.

Caldeira (2002) relata que, em plantios de eucalipto em Minas Gerais, o tamanho ótimo de parcela, considerando somente a amostra da densidade de saueiros, foi de 430m², e intensidade amostral de 1,72 ou 0,86% para um erro esperado de 5 ou 10%, respectivamente.

TABELA 2.3 - Número de parcelas de 700m² por hectare para amostragem da densidade de formigueiros (n.ha⁻¹) em função da margem de erro esperada no levantamento realizados em Corrientes - Argentina. Santa Maria - RS, 2005.

Erro esperado (%)	Número de parcelas por hectare	Intensidade Amostral (%)
1	844,10	5.908,78
5	33,76	236,37
10	8,44	59,09
15	3,75	26,26
20	2,11	14,77
24	1,50	10,50
25	1,35	9,45
30	0,94	6,57

A empresa Bosque del Plata trabalha com um custo médio de combate de formigas, no ano de implantação, de \$80,00 (pesos argentino) por hectare, sendo desses, \$4,75 o custo médio com o monitoramento. Partindo de que o custo de monitoramento não deva ser superior a 10% do valor total de combate, sugere-se uma intensidade amostral de 10,5% para atingir tal definição.

Atualmente a empresa trabalha com parcelas de 1000m² e uma intensidade amostral de 6,25%, ou seja, se trabalha com menos intensidade amostral e gastando menos consecutivamente, mas sem conhecer o erro que cometem. Supondo então o uso de 1,5 parcelas de 700m², temos uma intensidade de 10,5% o que dará um custo de 7,98\$/ha, valor próximo a 10% do custo de combate, representando um erro esperado de 24%. Desse modo, conclui-se que é necessário uma intensidade amostral maior do que está sendo praticado atualmente, para se trabalhar com um erro conhecido.

Sobre a necessidade de se calcular o tamanho e a intensidade amostral de parcelas, cabe ressaltar a importância de fazer-se um levantamento prévio (censo) em cada região, com algum tipo de variação edafofisioclimática mais acentuada, pois isso influencia tanto a distribuição e a ecologia desses insetos que podem originar fontes potenciais de erro ao se aplicar um plano de amostragem desenvolvido para outras condições. Portanto, é necessário o desenvolvimento de planos regionalizados.

2.4 Conclusões

- A distribuição espacial dos ninhos de *Acromyrmex* spp. em Corrientes-Argentina, se ajusta ao modelo casual;
- O tamanho ótimo de amostra para a densidade de formigueiros do gênero *Acromyrmex* (n.ha⁻¹), é de 700m² na forma de 10x70m;
- A intensidade amostral ótima das parcelas ao acaso é de 10,5% para um erro esperado de 24%.

CAPÍTULO III

RESISTÊNCIA DE *Pinus taeda* E *Pinus patula* A FORMIGAS CORTADEIRAS

3.1 Introdução

Embora tenha sido comprovada a eficiência dos métodos químicos, ocorre uma busca incessante dos pesquisadores por outros métodos de controle de formigas cortadeiras, que sejam menos agressivos ao meio ambiente. Dentre as estratégias de manejo integrado dessas formigas, a resistência de plantas ao corte é uma das que menos oneram o custo de produção e menos causam impacto ambiental. Assim, diversos trabalhos têm sido realizados visando à seleção de espécies de *Eucalyptus* resistentes às formigas cortadeiras. Dentre eles, destacam-se os de Santana & Couto (1990), Della Lucia *et al.* (1995), Vendramin *et al.* (1995) e Marsaro Junior (2000).

Nesses trabalhos, os autores observam as possíveis causas responsáveis pela resistência indicando mecanismos, e levantam hipóteses tanto referentes aos fatores físicos: presença de tricomas, espessura da cutícula ou dureza das folhas; quanto a fatores químicos: presença de compostos químicos secundários, substâncias presentes no óleo essencial, fenóis e taninos.

Para as espécies do gênero *Pinus*, pouco se sabe ainda, no Brasil, sobre possíveis características de resistência. Destacam-se, no entanto, trabalhos realizados na Venezuela, por Barnola *et al.* (1994) e Barnola & Cedeño (2000).

Nesse sentido surgiu o interesse de conhecer a composição química de acículas de *Pinus* que poderiam influenciar na herbivoria das formigas cortadeiras e verificar como seria a seleção das acículas cortadas de uma mesma planta.

3.2 Revisão de literatura

As plantas são muito ricas em substâncias químicas que, aparentemente, não estão diretamente relacionadas aos processos metabólicos normais da fotossíntese, respiração e crescimento. Essas substâncias químicas secundárias, como são denominadas, também ocorrem em animais, porém mais de 80% de todos os produtos naturais nos quais aparecem, são de origem vegetal (Edwards & Wratten, 1981).

De acordo com Harborne (1977), são conhecidos, aproximadamente, 30.000 compostos de metabólitos secundários dos 400.000 que podem existir. Harborne & Baxter (1993) têm recopilado uma cifra com cerca de 3.000 compostos naturais de origem vegetal que apresentam atividade biológica.

Desde a antigüidade, o uso de extratos de plantas, por sua ação medicamentosa ou por sua ação praguicida, tem sido aplicado. Os extratos vegetais aparecem no primeiro manuscrito verdadeiro pertencente à farmácia e à medicina, o «papiro de Ebers», que data do século XVI antes de Cristo. Há também antecedentes desses extratos que datam da época do Império Romano (200 anos antes de Cristo).

Existem referências, já no século XVII, ao uso de inseticidas como extratos de folhas de tabaco, cujo princípio ativo é a nicotina; e depois, no século XIX, ao emprego de piretrinas extraídas do crisântemo (*Piretrum*). Somente a partir dos anos 30, ocorreram os avanços mais importantes na descoberta de praguicidas sintéticos que se compunham de substâncias tais como: piretrinas, cuasina, rotenona e nicotina, seguida pela criação de orgânicos sintéticos: clorados, fosforados e carbamatos. Alguns dos quais já foram retirados do mercado por ser de alta toxicidade ou, simplesmente, inconvenientes para a manutenção da harmonia ambiental.

A bioquímica e a origem dos compostos secundários das plantas diferem em relação aos dos animais. Mediante o processo de fotossíntese, as plantas são capazes de elaborar matéria orgânica expostas à luz solar, utilizando como matéria prima gas carbônico (CO₂) e água (H₂O).

Ciudad Banda (2000) entende que essa matéria orgânica rica em energia, principalmente em carboidratos, é a base de sustentação de todos os processos bioquímicos que ocorrem nas células. O processo de utilização e transferência de massa e energia, que permite a vida na célula de alguns seres vivos, ou seja, de

animais ou vegetais, é o que se denomina genericamente metabolismo. O metabolismo de compostos primários é responsável por sintetizar compostos essenciais cuja presença é universal em todas as espécies, como sacarídeos, aminoácidos, ácidos graxos, ácidos orgânicos, ácidos nucléicos e bases nitrogenadas, os quais, por sua vez, dão lugar a moléculas maiores poliméricas (proteínas, glicídeos e ácidos nucléicos). De acordo com o mesmo autor, é possível assegurar, em geral, que os compostos primários nas plantas se produzem em grandes quantidades, em vista disso são utilizados comercialmente, pois têm um baixo valor agregado, tal é o caso de óleos de oleaginosas, ácidos orgânicos de frutas e hortaliças, proteínas de leguminosas e hidratos de carbono provenientes de gramíneas e tubérculos, que são a base da alimentação de todos os animais e constituem a razão de ser da agricultura e sua tecnificação.

Por outro lado, os produtos finais do metabolismo de natureza anabólica, nas plantas, são os compostos secundários próprios de cada espécie, não são essenciais de presença universal, porém cumprem funções estratégicas diversas, como:

1. Defesa ante potenciais predadores e patógenos. Todo o ecossistema contém defesas a uma grande variedade de bactérias, fungos, nematóides, insetos e animais herbívoros, inclusive a outras plantas. Por sua natureza, as plantas não podem evitar o ataque por mobilização ou traslado, então, utilizam barreiras de proteção, como cutícula e periderme, cascas duras, espinhos, pêlos, folhas duras, e, também, empregam substâncias químicas tóxicas, que repelem a herbívoros, insetos e microorganismos.
2. Adaptação ao estresse ambiental, as substâncias alelopáticas que impedem o crescimento de outras plantas, em uma competição por subsistência; aos pigmentos protetores implicados no desenvolvimento e na fotossíntese; às substâncias aromáticas nas flores, envolvidas na polinização que são atraentes ou repelentes de insetos.

3.2.1 Caminhos metabólitos dos compostos secundários

No estudo dos compostos secundários, em sua possível obtenção e/ou utilização, é condição essencial, examinar e conhecer o metabolismo dessas substâncias com suas funções fisiológicas e ecológicas.

Os compostos secundários que se originam na célula localizam-se, especificamente, nos diferentes tipos de tecido vegetal dos órgãos, seja nas folhas, flores, sementes, talos, raízes seja na planta inteira, derivam dos produtos ou estão relacionados com eles e com os metabólicos primários da glicólise. Existem, genericamente, três caminhos bioquímicos que os sintetizam e três famílias organicamente identificáveis, a saber:

- Caminho ácido siquímico, por meio do fosfoenolpiruvato e da eritrosa 4 fosfato que interage com o ciclo dos ácidos tricarboxílicos ou com o ciclo de Krebs para dar aminoácidos aromáticos e aminoácidos alifáticos, que definitivamente geram duas famílias de compostos secundários: Alcalóides e Fenólicos.
- Caminho ácido mevalônico, outra rota conseqüente da conjugação do acetil CoA para dar uma família de compostos secundários: Terpenicos.
- Caminho dos policétidos (acetogeninas), também por conjugação do acetil CoA via acetato para dar Fenólicos.

3.2.2 Compostos secundários

Como foi mencionado, somam quase três mil as espécies vegetais conhecidas com utilização na área agrícola, cuja potencialidade para gerar os compostos secundários já foram estudadas; portanto eles, podem ser extraídos com fins agro-industriais para obtenção de terpenos, fenóis e compostos nitrogenados (alcalóides, glucosídeos cianogênicos, glucosinolatos e aminoácidos não proteicos).

Como se pode supor, o estabelecimento com êxito de cultivos com potencialidade para gerar compostos secundários de qualidade relativa, implica, necessariamente, levar a cabo, inicialmente, uma sólida planificação estratégica integral que inclua experimentos de campo, com apoio logístico de investigação como: introdução de variedades, melhoramento genético, avaliação de condições agro-ecológicas adequadas, processos e técnicas extrativas e avaliação analítica de princípios ativos.

Em geral, desses estudos nas plantas, é possível concluir:

- 1 - Tipos de substâncias que se podem obter mediante uma extração adequada e, também, identificar as variedades que apresentam os maiores níveis do princípio ativo.
- 2 - Identificação de características agro-ecológicas, fertilização, irrigação, práticas culturais, etc., que influem sobre os rendimentos do princípio ativo e, assim,

selecionar por meio desses elementos, aquelas que reúnam características ótimas de cultivo e produção.

3.2.3 Interação formigas-planta

Conforme Hubbel & Wiemer (1983), embora as formigas cortadeiras do gênero *Atta* sejam insetos altamente polípagos, algumas plantas escapam de seu ataque quase que completamente, pois essas formigas são capazes de fazer distinções muito sutis sobre a qualidade das folhas não só entre as espécies (Vendramin *et al.* 1995), mas também entre as diferentes procedências de uma mesma espécie (Santana & Couto, 1990).

Segundo os mesmos autores, existem cinco hipóteses para explicar a seletividade de plantas pelas formigas cortadeiras. A primeira se refere à presença de compostos secundários tóxicos para as formigas ou para o fungo que cultivam; a segunda hipótese é referente à presença de compostos secundários que, possivelmente, reduzem a digestibilidade do material vegetal, como por exemplo os taninos. Estes são, em geral, considerados potentes compostos anti-herbivoria, porque formam complexos indigestos com as proteínas (Feeny, 1970); a terceira hipótese está relacionada ao valor e às necessidades nutricionais do fungo e das formigas, incluindo proteínas, carboidratos, lipídeos e substâncias-traço essenciais, como os esteróides, aspectos esses discutidos por Lewis *et al.* (1974). Estes autores relataram que as operárias forrageadoras de *Atta cephalotes* coletam substratos que contém um balanço diferente de nutrientes, dependendo da quantidade de prole na esponja de fungo; a quarta hipótese, para explicar a seletividade das formigas cortadeiras, associa-se às propriedades mecânicas ou físicas das plantas, tais como dureza das folhas, densidade de tricomas e presença de látex (Fowler & Robinson, 1979; Bowers & Porter, 1981); a quinta e última hipótese de Hubbel & Wiemer (1983) diz respeito ao teor de umidade das folhas. Segundo Feeny (1970), a quantidade de água nas folhas é reduzida, de acordo com a concentração de taninos, idade das folhas e período do ano. O teor de umidade foi citado por Rockwood (1976) como o fator mais importante na seleção de plantas pelas formigas cortadeiras.

Evolutivamente, a produção de substâncias químicas que, normalmente não estão diretamente relacionadas aos processos metabólicos normais da fotossíntese, da respiração e do crescimento é uma das estratégias utilizadas pelas plantas para defender-se dos herbívoros (Edwards & Wrantten, 1981).

3.3 Avaliação de óleos essenciais de acículas de *Pinus taeda* quanto à preferência no corte por formigas

3.3.1 Introdução

As respostas ao ataque de pragas podem estar relacionadas apenas às características locais ou a determinados nichos na planta, não afetando, portanto, toda a árvore. Vale dizer, do ponto de vista evolutivo, que as árvores são um caso interessante, pois são de arquitetura complexa, organismos modularmente compartimentabilizados, nos quais as respostas induzidas são locais. Esse tipo de comportamento individualizado das diversas partes da árvore depende do controle hormonal descentralizado da árvore, ativando meristemas dormentes no intuito de recuperar os danos (Marschalek, 2000).

Ao percorrer plantios de *Pinus* sp. na região de Corrientes, Argentina, verificou-se um corte seletivo das acículas de árvores de *Pinus taeda*, com um, dois e três anos de idade, demonstrando, com isso, que as formigas apresentam preferência por acículas jovens.

Nesse sentido, definiu-se como objetivo, determinar os compostos químicos que influenciam na escolha do corte das formigas e verificar a diferença de compostos químicos das acículas jovens quando comparada com as acículas maduras da árvore.

3.3.2 Material e métodos

As acículas de *Pinus taeda*, utilizadas para extração dos componentes químicos, foram coletadas na parte mediana da copa de uma única árvore por campo de amostragem, nos dias 16 e 17 de outubro de 2002, conforme descrição a seguir:

Amostra 1: campo Mesopotâmica, altitude 148m; (latitude S 27°57'36" longitude W 55°56'13"); idade das plantas: 27 meses; solo de "tendido bajo" (várzea); acículas jovens atacadas por *Acromyrmex* sp.

Amostra 2: campo Mesopotâmica, altitude 148m; (latitude S 27°57'36" longitude W 55°56'13"); idade das plantas: 27 meses; solo de "tendido bajo"; acículas maduras não atacadas por formigas.

Amostra 3: campo Don Hilário, altitude 91,8m; (latitude S 28°25'28" longitude W 55°59'23"); idade das plantas: 26 meses; solo de "tendido bajo"; acículas jovens atacadas por *Acromyrmex* sp.

Amostra 4: campo Don Hilário, altitude 112,0m; (latitude S 28°25'28" longitude W 55°59'23"); idade das plantas: 26 meses; solo de "tendido bajo"; acículas maduras não atacadas por formigas.

Amostra 5: campo Don Hilário, altitude 112,0m; (latitude S 28°25'28" longitude W 55°59'23"); idade das plantas: 27 meses; solo de "loma parda" (solos mais altos); acículas jovens cortadas por *Acromyrmex* sp.

Amostra 6: campo Don Hilário, altitude 112,0m; (latitude S 28°25'28" longitude W 55°59'23"); idade das plantas: 27 meses; solo de "loma parda" (solos mais altos); acículas maduras não atacadas por formigas.

Após a coleta, as amostras foram levadas ao Laboratório de Química da Universidade Federal de Santa Maria. As amostras das três árvores, contendo acículas jovens, foram misturadas, ocorrendo o mesmo com as amostras das acículas maduras. Conforme Penfold & Wills (1961), Southwell (1973) e Morrow & Fox (1980), a quantidade de óleo essencial pode variar de árvore para árvore.

Os óleos essenciais foram obtidos por meio de arraste de vapor de água, utilizando-se, para isso, um aparelho de Clevenger modificado. Após a extração, o óleo essencial de cada amostra foi analisado em um cromatógrafo gasoso, equipado com detector de ionização de chamas, injetor "Split-Splitless", operando com temperaturas do injetor e detector a 220°C e 280°C, respectivamente. Como gás de arraste, foi utilizado H₂ a 50 Kpa de pressão (1ml.min.⁻¹).

Foram também coletadas amostras de operárias de formigas cortadeiras que estavam desaciculando as plantas, para posterior identificação das espécies. O material foi enviado ao Laboratório de mirmecologia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) sob orientação do Prof. Alci Enimar Loeck.

3.3.3 Resultados e discussão

A identificação das formigas, revelou *Acromyrmex heyeri* como a espécie que estava danificando as plantas de *Pinus taeda*. Após as análises das acículas, verificou-se que houve diferença na presença de compostos secundários entre as amostras estudadas. Os monoterpenos α -pineno, β -pineno, α -tujeno, mirceno e

limoneno estão presentes somente nas acículas maduras de *Pinus taeda*, ou seja, acículas não atacadas, conforme Tabela 3.1.

De acordo com Cedeño (1989), as operárias de *Atta laevigata* não são prejudicadas pelo beta-pineno, proveniente de acículas de *Pinus caribaea*, desde que essas acículas sejam mantidas em locais isolados, até que o seu efeito tóxico desapareça. Este resultado tem relação com o presente estudo, que destaca, ainda, a alta concentração de alfa-pineno encontrado nas acículas não atacadas de *Pinus taeda*.

Quanto aos sesquiterpenos, as amostras apresentaram diferença na concentração de alguns óleos essenciais; por outro, lado destaca-se a presença de alta concentração de sesquilavondulol e alfa-murulol somente nas acículas atacadas. Esse resultado permite deduzir que certos terpenos não influenciam na herbivoria, podendo até servir como atrativo.

A variação na preferência de folhas dentro de uma mesma espécie de planta, ao longo das estações do ano, foi demonstrada por Hubbel & Wiemer (1983). Estes autores constataram, ainda, que muitas vezes as folhas maduras são menos cortadas que as jovens de um mesmo vegetal, porque aquelas podem conter substâncias repelentes ou tóxicas às formigas ou ao fungo. O mesmo resultado foi verificado no presente estudo, no qual se comprovou o corte apenas de acículas jovens. Lima *et al.* (2002), em estudos referentes à preferência das saúvas por plantas, concluíram que tal preferência das espécies estudadas, são influenciadas pela idade das plantas das quais as folhas foram retiradas.

TABELA 3.1 - Composição química dos óleos essenciais obtidos de acículas de *Pinus taeda* com 26 e 27 meses de idade. Santa Maria - RS, 2005.

Óleo essencial	Percentual (%)	
	Acículas maduras (Não atacadas)	Acículas jovens (Atacadas)
Monoterpenos		
Alfa-pineno	7,8	--
Beta-pineno	2,6	--
Alfa-tujeno	0,4	--
Mirceno	0,5	--
Limoneno	6,2	--
Terpineol	--	2,5
Sesquiterpenos		
Alfa-gurguneno	9,5	4,8
Gama-gurguneno	6,4	6,5
Beta-bourbuneno	--	0,8
Beta-farniseno	--	2,5
Selineno	8,6	--
(EPI alfa) Selineno	7,9	2,6
Espatulenol	4,2	7,0
Cadinol	5,8	4,8
Famesol	11,4	3,8
Sesquilavondulol	--	12,3
Alfa-Murulol	--	21,0
Santalol	3,8	--
TOTAL	75,12	68,53

Estudos de Sadof & Grant (1997) e, também, de Cates & Redak (1998) relatam que árvores de *Pinus sylvestris*, de variedades resistentes e suscetíveis, foram expostas à herbivoria pelo *Dioryctria zimmermani* e foram medidas as repostas de monoterpenos. A presença de ferimento mecânico não mudou a proporção ou a relação de monoterpenos de cada variedade. Este resultado consistente com muitos estudos prévios que demonstram que o ferimento não muda a composição de monoterpenos. Cabe dizer que a composição de monoterpenos

variou significativamente entre as variedades. Limoneno foi o único monoterpeneo com teores mais elevados em ambas as variedades resistentes. O limoneno em herbívoros age como um fator impeditivo de oviposição e é tóxico para muitas espécies de herbívoros. Entendem os autores que o limoneno possa conferir resistência contra outras espécies herbívoras.

Fundamentados em evidências de que monoterpenos afetam a sobrevivência de herbívoros, estudos começaram a ser desenvolvidos para verificar se os herbívoros apresentam uma força seletiva na evolução de concentrações de monoterpenos. Esturgeon (1979), apud Costello (2004), declara que o besouro do *Pinus ponderosa* (*Dendroctonus brevicomis*), após a depredação da planta, causa variação na resina do xilema. Por exemplo, o limoneno que é tóxico ao besouro do *Pinus* e a seus fungos simbiotes, foi encontrado em concentrações mais altas em áreas onde a depredação do besouro era contínua. Adicionalmente, proporções mais altas de mirceno (utilizadas para produção de feromônio do besouro) e de beta-pineno (o terpeno menos tóxico) foram encontradas em populações que apresentavam danos mais elevados em relação ao ataque de *Dendroctonus brevicomis*. Já Latta & Linhart (1997) descrevem que herbívoros não constituem uma força seletiva na evolução de concentrações de monoterpenos. Examinando a produção de cones, as taxas de fluxo de resina, a composição de monoterpenos e herbivorias com análise de regressão múltipla, os mesmos autores concluíram que as características de resina não apresentavam correlação com ataque de fitófagos. O padrão entre características de resina e componentes de aptidão sugere que outros fatores além da herbivoria estão causando a associação.

Não só as plantas contêm e produzem monoterpenos para a própria defesa, mas também os monoterpenos podem variar sua composição para suportar tensões como seca ou fogo. Estudos sobre *Pinus taeda* com três anos de idade demonstraram um aumento de monoterpenos com relação ao estresse causado por deficiência hídrica (Hodges & Lorio 1975). Parece ser mais conclusivo que a umidade do solo causa um maior efeito em concentração de monoterpenos em *Pinus taeda* do que em processos fenológicos (Gilmore, 1977).

Em relação aos resultados obtidos, vale ressaltar que, embora seja nítida a diferença entre as duas amostras de acículas, não se pode afirmar que estes monoterpenos sejam os únicos, ou que possuam maior influência na não preferência do material vegetal a ser cortado e carregado pelas formigas.

3.4 Avaliação de óleos essenciais de acículas em mudas de *Pinus taeda*.

3.4.1 Introdução

Em árvores de *Pinus taeda*, a partir de dois anos de idade, começam a surgir, de forma progressiva, maior quantidade de acículas maduras em relação ao surgimento de acículas jovens, indicando que, quanto mais velha a árvore, menor será o percentual de material vegetal disponível ao forrageamento das formigas; desse modo, menores serão os danos no desenvolvimento da planta (Cantarelli *et al.*, 2003). Já, no estágio inicial, ou seja, na fase de muda, as espécies do gênero *Pinus* têm somente acículas jovens, fato esse que leva, muitas vezes, ao desaciculamento total quando elas sofrem ataques de formigas cortadeiras.

Outro fator verificado a campo, foi a escolha de mudas feita pelas formigas cortadeiras. Algumas mudas estavam sendo atacadas enquanto que outras vizinhas não sofriam dano algum; muitas vezes, ocorria uma busca distante de acículas de *Pinus taeda*, enquanto mudas próximas ao formigueiro de *Acromyrmex* sp. não eram atacadas.

Considerando os aspectos anteriores assinalados, procedeu-se à repetição da coleta de acículas em plantio de *Pinus taeda*, contudo em mudas que não possuíam ainda acículas maduras. O objetivo foi verificar possíveis diferenças de concentração de óleos essenciais que pudessem causar a preferência por determinada muda de *Pinus taeda* a campo.

3.4.2 Material e métodos

A procedência das plantas deste estudo foi o campo denominado “Rios Cue”, localizado no departamento de Santo Tomé, província de Corrientes, Argentina. A altitude média do local de coleta é de 108,6m e posição georreferenciada com latitude S 28°14'51” e longitude W 56°11'21”.

Cada amostra era composta por acículas de uma mesma planta, que foram cortada com tesoura e embalada em saco plástico fechado sendo levado até o Laboratório de Química da Universidade Federal de Santa Maria para posterior análise.

A metodologia de extração dos óleos essenciais, no laboratório, ocorreu conforme já descrito no estudo anterior, item 3.3.2.

Dividiu-se a análise das acículas de mudas de *Pinus taeda*, coletadas em 22 de novembro de 2004, em três amostras:

Amostra 1: muda de *Pinus taeda* com 15 meses de idade e acículas não atacadas por formigas cortadeiras;

Amostra 2: muda de *Pinus taeda* com 15 meses de idade, próximo ao ninho de *Acromyrmex* e acículas não atacadas por formigas cortadeiras;

Amostra 3: muda de *Pinus taeda* com 15 meses de idade e acículas atacadas por formigas cortadeiras.

3.4.3 Resultados e Discussão

Ao se comparar resultados obtidos para óleos essenciais das acículas não atacadas (amostra 1 e amostra 2) com os das acículas atacadas (amostra 3) de *Pinus taeda*, observou-se não só que todas as amostras possuem monoterpenos em sua composição, mas também que há uma maior concentração em alguns deles, na amostra atacada, conforme é demonstrado na Tabela 3.2.

Esse fato, implica na hipótese de que a planta atacada tenha produzido uma alta quantidade de monoterpenos após o ataque, se considerar que o material coletado era de acículas cortadas parcialmente por *Acromyrmex* sp..

Segundo Barnola *et al.* (1994), foi constatada uma mudança no conteúdo dos monoterpenos em acículas de *Pinus caribaea* após o ataque de *Atta laevigata*. Notadamente, o *Pinus* desaciculado, diferiu dos não desaciculados, com acréscimos e decréscimos para alguns monoterpenos. Além disso, quatro meses após o desaciculamento, os aumentos e as diminuições de concentrações de monoterpenos foram mais elevadas em relação ao desaciculamento inicial. Em face disso, é possível afirmar que a mudança, nos terpenos, é um mecanismo de defesa direto da árvore contra a herbivoria de formigas cortadeiras.

TABELA 3.2 - Composição química dos óleos essenciais obtidos de acículas de mudas de *Pinus taeda*. Santa Maria - RS, 2005.

Óleo essencial	Percentual (%)		
	Amostra 1 (não atacada)	Amostra 2 (não atacada)	Amostra 3 (atacada)
Monoterpenos			
Alfa-pineno	22,0	0,77	60,1
Beta-pineno	1,0	--	3,0
Limoneno	6,0	4,6	8,87
Gama-terpineno	0,54	--	2,21
Terpineol	0,7	28,0	4,33
Fenilpropanóides			
Anetol	1,13	--	0,57
Eugemol	0,67	0,74	--
Sesquiterpenos			
Alfa-copaeno	8,0	13,82	2,70
Alfa-gurjuneno	2,0	3,7	0,81
Alfa-guaieno	10,5	4,1	0,70
Beta-guaieno	3,6	5,74	0,48
Alfa-humuleno	4,6	3,13	0,30
Cedrol	9,3	6,87	1,70
Humuleno epóxido II	2,12	1,40	0,43
Eudesmol	15,5	9,25	3,17
TOTAL	87,66	82,12	89,37

Convém notar que o eudesmol seguido do alfa-copaeno, do alfa-guaieno e do cedrol, são os sesquiterpenos que apresentaram maior redução no percentual de concentração, quando comparadas as amostras não atacadas em relação a atacada.

Marsaro Junior (2000), ao avaliar as alterações de comportamento das operárias de *Atta sexdens rubropilosa* sob a ação de componentes químicos das folhas de *Eucalyptus maculata*, notou que os sesquiterpenos elemol e β -eudesmol foram os mais ativos do bioensaio, sendo o último o que apresentou o maior valor absoluto quanto ao número de grupos e número de formigas mutiladas. O β -

eudesmol, na concentração de 1mg/ml, apresentou número de formigas mutiladas 13,2 vezes maior, quando comparadas com o extrato de hexano. Conforme o autor, foi observado que os sesquiterpenos provenientes de folhas de *Eucalyptus maculata*, interferiram no mecanismo de reconhecimento entre as operárias de *Atta sexdens rubrilosa*. Yatagai *et al.* (1991) verificaram que tanto esse composto quanto o cedrol apresentaram atividade cupinícida.

Conforme mencionado anteriormente, a capacidade que as formigas apresentam de reconhecer suas companheiras é de suma importância para a organização e integridade social da colônia. Os sesquiterpenos descritos por esses pesquisadores, interferem exatamente nessa capacidade, uma vez que altera o comportamento normal dos indivíduos da colônia e cria uma momentânea desorganização social, e ainda, culmina em mutilamentos e morte das operárias. Assim, os sesquiterpenos, conforme o resultado do presente estudo, podem estar influenciando na não escolha de algumas mudas de *Pinus taeda* por formigas cortadeiras.

Trabalhos nesse sentido poderiam ser realizados para viabilizar a aplicação de β -eudesmol, quer por meio de iscas granuladas, quer por termonebulização, mesmo por outra via qualquer em formigueiros no campo, para avaliar a capacidade de utilização prática do sesquiterpeno no combate às formigas cortadeiras.

Nessa mesma direção, estudos poderão ser realizados a fim de buscar, por meio de um melhoramento genético, o aumento desses compostos nas plantas de *Pinus*, viabilizando a resistência ao ataque de formigas cortadeiras.

3.5 Avaliação de óleos essenciais de acículas de *Pinus patula*.

3.5.1 Introdução

Formigas cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae) selecionam plantas que são usadas como substrato pelo fungo delas que é cultivado (Rockwood & Hubbell, 1987; Howard, 1988). O processo de seleção de planta poderia ser mediado por repelente, combinações não polares nas folhas de planta (Howard, 1987, 1988). Vários terpenos compõe, inclusive monoterpenos, sesquiterpenos e triprenos, geralmente isolados de plantas evitadas por formigas cortadeiras, foram identificados como repelentes a estas formigas (Hubert & Wiermer, 1985; Hammond *et al.*, 1990). Barnola *et al.* (1994) relata que algumas árvores são desaciculadas severamente, enquanto que outras parecem ser evitadas por formigas cortadeiras.

Em um plantio de *Pinus taeda* e de *Pinus patula* da empresa Bosques del Plata, na província de Corrientes, Argentina, verificou-se certa preferência no corte por formigas. Espécies de *Acromyrmex* somente cortavam as acículas jovens de *Pinus taeda* e não cortavam acículas de *Pinus patula*. A partir dessa constatação, surgiu o interesse de verificar se havia ou não diferença na concentração de óleos essenciais tanto nas acículas jovens quanto nas maduras de *Pinus patula*, como já se havia evidenciado em *Pinus taeda*. A coleta foi realizada no mês de novembro de 2004, de 12 árvores oriundas de plantios do ano de 2000. As acículas foram cortadas com tesoura e embalada em saco plástico fechado sendo levado até o Laboratório de Química da Universidade Federal de Santa Maria para posterior análise. Logo após este procedimento, as acículas das 12 árvores foram misturadas e preparadas duas amostras: acículas jovens e acículas maduras. Os óleos essenciais das amostras foram obtidos conforme descrito no item 3.3.2.

3.5.2 Resultados e Discussão

Ao comparar os óleos essenciais obtidos das acículas jovens e maduras de *Pinus patula*, observou-se que o monoterpeno limoneno é encontrado em concentração significativa somente nas acículas jovens. Já o mirceno foi encontrado somente em acículas maduras. Gollob (1980) relata que os indivíduos de *Pinus taeda*, resistentes ao coleóptero *Dendroctonus frontalis*, apresentavam maior quantidade de mirceno do que os de árvores suscetíveis. A concentração de mirceno

pode ser um importante fator na seleção de *Pinus* por formigas cortadeiras (Barnola *et al.*, 1994).

Os sesquiterpenos alfa-copaeno, alfa-guaieno e eudesmol foram encontrados, em quantidade significativa, somente na amostra oriunda das acículas jovens. Já o Alfa-humuleno foi o único sesquiterpeno presente em acículas maduras, conforme Tabela 3.3.

TABELA 3.3 - Composição química dos óleos essenciais obtidos de acículas de *Pinus patula* com quatro anos de idade. Santa Maria - RS, 2005.

Óleo essencial	Percentual (%)	
	Amostra 1 Acículas jovens	Amostra 2 Acículas maduras
Monoterpenos		
Alfa-pineno	20,6	40,10
Beta-pineno	1,34	4,62
Mirceno	--	4,94
Limoneno	11,7	--
Gama-terpineno	5,08	11,7
Terpineol	0,66	--
Sesquiterpenos		
Alfa-copaeno	13,60	--
Alfa-gurjuneno	3,40	--
Alfa-guaieno	8,90	--
Alfa-humuleno	--	6,10
Beta-guaieno	1,58	--
Cedrol	3,54	--
Humuleno epóxido II	1,10	--
Eudesmol	5,5	--
TOTAL	77,41	67,46

Encontraram-se diferenças nas respectivas concentrações das amostras avaliadas, que indicam que monoterpenos e sesquiterpenos variam significativamente em função tanto da época do ano quanto de fatores ambientais.

A variação na preferência por folhas de uma mesma espécie de planta, ao longo das estações do ano, foi demonstrada por Hubbel & Wiemer (1983). Estes

autores constataram, ainda, que folhas maduras de um mesmo vegetal são menos cortadas que as jovens, porque elas podem conter substâncias repelentes ou tóxicas às formigas ou ao fungo. Geralmente, sesquiterpenos (Wiemer & Ales, 1981) e tripernóides (Chen *et al.*, 1984) causam esse efeito em *Atta cephalotes*.

Para Cedeño (2004), as operárias de *Atta laevigata* selecionam, para desacicular, os exemplares de *Pinus* que apresentam menores teores de determinados terpenos, assim, a química destes compostos permite diferenciar os *Pinus* que são desaciculáveis dos que não são. O conteúdo de terpenos das acículas apresenta, ainda, variações diurnas, ou seja, ele é menor durante a noite do que durante a tarde ou a manhã. Também é menor na copa das árvores do que na base, e é menor durante a estação de chuvas do que durante a seca. Estas variações podem explicar o comportamento das formigas quanto ao forrageamento, que é, predominantemente, noturno. O desaciculamento começa pela parte apical da copa e segue para baixo, sendo mais acentuado durante a estação de chuvas.

Variabilidade intraespecífica relacionada às características da planta, como dureza da folha (Waller, 1982; Nichols-Orians e Schultz, 1990), qualidade nutricional, umidade e conteúdo de tanino em folhas (Howard, 1990; Nichols-Orians, 1991), pode influenciar na seleção das plantas por formigas cortadeiras. O resultado deste estudo indica que a variação da composição de terpenos pode ser outro fator importante na seleção das plantas de *Pinus* por formigas cortadeiras.

3.6 Conclusões

De acordo com o estabelecido na condução e na avaliação desta pesquisa, os resultados permitem concluir que:

- Numa mesma árvore de *Pinus taeda*, *Acromyrmex heyeri* prefere cortar acículas jovens;
- os monoterpenos α -pineno, β -pineno, α -tujeno, mirceno e limoneno estão presentes somente nas acículas maduras (não atacadas) de *Pinus taeda* com 26 e 27 meses de idade;
- as amostras de acículas das mudas (15 meses de idade) de *Pinus taeda* não atacadas e atacada, apresentam monoterpenos em sua composição;
- o eudesmol apresenta uma diminuição na concentração da amostra de acículas de mudas de *Pinus taeda*, atacada pelas formigas cortadeiras, em relação às amostras não atacadas.
- *Pinus patula* apresenta menor preferência a herbivoria por formigas cortadeiras.

CAPÍTULO IV

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE *Pinus taeda* APÓS ATAQUE DE FORMIGAS CORTADEIRAS

4.1 Introdução

Na maioria dos casos, os insetos fitófagos nada mais fazem do que reduzir a área total foliar, reduzindo, assim, a capacidade fotossintética da planta. Em condições de infestação de maior magnitude, o substancial desfolhamento torna-se fator comprometedor do pleno crescimento da planta.

Os efeitos oriundos do ataque de insetos sobre as plantas podem ser muito mais complexos do que apenas a redução da área foliar e, conseqüentemente, da capacidade fotossintética. Como exemplo, citam-se os afídeos que, ao alimentarem-se, injetam saliva contendo aminoácidos, enzimas e hormônios de crescimento das plantas, podendo, algumas dessas substâncias, alterar consideravelmente o metabolismo do hospedeiro (Marschalek, 2000).

De acordo com Edwards & Wratten (1981), as folhas aciculares de coníferas atacadas por afídeos apresentam taxa respiratória aumentada e atividade fotossintética permanentemente diminuída.

Tem sido argumentado, também, que as conseqüências ecológicas do pastoreio pelos insetos não são necessariamente prejudiciais, e que os insetos podem agir como reguladores do crescimento da floresta (Hernandez & Jaffe, 1995; Zanetti *et al.* 2003). Por outro lado, Vilela (1986) observou que as formigas cortadeiras representam 75% dos custos e do tempo gasto no controle de pragas. Alípio (1989) relatou que as formigas representam 30% dos gastos com a floresta até o terceiro ciclo, o que, segundo Rezende *et al.* (1983), corresponde a 7,41% do preço da madeira em pé.

Alguns estudos têm sido realizados na tentativa de relacionar níveis de desfolhamento das árvores ou densidades de formigueiros com perdas em volume de madeira (Naccarata, 1983; Hernandez & Jaffe, 1995; Silva *et al.* 1995; Zanetti *et al.* 2003).

O grande interesse das empresas de base florestal reside na possibilidade de se estimar as perdas inerentes ao produto final da floresta, ou seja, a perda em volume de madeira no final da rotação causada pelo ataque de formigas cortadeiras. Porém, a quantificação destas perdas necessita de um acompanhamento do crescimento das plantas por um período efetivamente mais longo, com resultados mais consistentes e de maior precisão quanto às perdas em volume de madeira.

Uma séria dificuldade dos silvicultores é definir a perda de mudas recém plantadas após o ataque de formigas cortadeiras, pois inúmeras variáveis podem influenciar, dentre elas a espécie de formiga, número e tamanho de formigueiros, disponibilidade de outros materiais vegetais, etc. O conhecimento dessas variáveis torna-se fundamental para se que estabeleçam procedimentos de monitoramento e combate.

Para Antunes e Della Lucia (1999), estimativas de danos provocados por formigas cortadeiras são relativamente complexas em virtude de poucos estudos terem um direcionamento específico a bioecologia das espécies desse gênero, os quais fornecem subsídios para essa quantificação de prejuízos.

Nesse sentido, este trabalho teve por objetivos:

- (i) Verificar a herbivoria no tempo, de *Acromyrmex heyeri* e *Acromyrmex lobicornis* em mudas de *Pinus taeda*. As hipóteses testadas foram:
 - a) H0: As formigas do gênero *Acromyrmex* não danificam as mudas de *Pinus taeda*;
 - b) H0: O dano causado as mudas pelas duas espécies de formigas é de igual intensidade;
 - c) H0: a intensidade do dano não varia no tempo.

- (ii) Avaliar perdas no crescimento em altura (cm), diâmetro (cm) e índice de produtividade (cm³) nas plantas de *Pinus taeda* nos estágios iniciais de desenvolvimento. As hipóteses testadas foram:
 - a) H0: O ataque de formigas cortadeiras causa perdas em diferentes intensidades de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta;
 - b) H0: O incremento da planta em diâmetro do colo, altura e índice de produtividade são influenciadas pelo ataque de formigas cortadeiras.

4.2 Quantificação de dano causado por *Acromyrmex lobicornis* e *Acromyrmex heyeri* em mudas de *Pinus taeda*.

4.2.1 Material e Métodos

Utilizou-se uma área de 2,8ha dentro do campo denominado “Jesus Cue” altitude 107,5m (coordenadas geográficas latitude S 27°54’58” e longitude W 56°07’22”), província de Corrientes, Argentina, com características da maioria dos locais de plantio da empresa, ou seja, “tendido bajo”, área plana com vegetação predominante de gramíneas (90%) identificadas como *Paspalum* spp. (Poaceae) e algumas dicotiledôneas.

Nesta área foram encontrados inicialmente 20 formigueiros, três meses antes do plantio, sendo todos do gênero *Acromyrmex*. Priorizou-se o estudo com o gênero *Acromyrmex*, pois de acordo com o diagnóstico de amostragem nos anos de 2003 e 2004, espécies deste gênero compreendem 98% dos formigueiros existentes nas áreas de plantio da empresa. Posteriormente, preparou-se o solo com subsolagem somente na linha do plantio (1,0m de largura), mantendo-se, assim, a vegetação original na maior parte da área. Em nova vistoria aos formigueiros, notou-se que o preparo do solo influenciou no abandono de oito formigueiros de *Acromyrmex* sp. que existiam inicialmente na área. Apenas 12 formigueiros remanescentes, do gênero *Acromyrmex*, foram georeferenciados com GPS, dimensionados e coletadas amostras para posterior identificação (Tabela 4.1).

Após o preparo do solo, foram plantadas em 15 de agosto de 2004, 3812 mudas de *Pinus taeda* que mediam entre 3 a 4mm de diâmetro do colo e média de 30cm de altura, em espaçamento de 1,75m entre mudas e 4,0m entre linhas, totalizando 1428 mudas/ha. As avaliações foram realizadas aos 7; 14; 21; 36; 50 e 65 dias após o replantio das mudas (27 de outubro de 2004), ocasião na qual quantificou-se o número de mudas vivas, mudas atacadas por formigas cortadeiras; mudas desaciculadas por formigas cortadeiras e mudas mortas, conforme anexos 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

TABELA 4.1 - Identificação, diâmetro e localização de cada formigueiro no levantamento em Corrientes - Argentina. Santa Maria - RS, 2005.

Espécie	Diâmetro (cm)	Localização – GPS	
	formigueiro	S / W	
1- <i>Acromyrmex heyeri</i>	80,0	27°54'32,2"	56°11'06,3"
2- <i>Acromyrmex heyeri</i> .	60,0	27°54'32,9"	56°11'07,0"
3- <i>Acromyrmex heyeri</i>	60,0	27°54'32,6"	56°11'07,9"
4- <i>Acromyrmex lobicornis</i>	90,0	27°54'33,2"	56°11'09,4"
5- <i>Acromyrmex lobicornis</i>	70,0	27°54'34,5"	56°11'10,8"
6- <i>Acromyrmex lobicornis</i>	60,0	27°54'32,4"	56°11'09,3"
7- <i>Acromyrmex lobicornis</i>	50,0	27°54'34,2"	56°11'08,3"
8- <i>Acromyrmex heyeri</i>	60,0	27°54'31,1"	56°11'07,3"
9- <i>Acromyrmex heyeri</i>	80,0	27°54'32,0"	56°11'12,9"
10- <i>Acromyrmex heyeri</i>	70,0	27°54'29,5"	56°11'08,7"
11- <i>Acromyrmex heyeri</i>	50,0	27°54'29,3"	56°11'07,9"
12- <i>Acromyrmex heyeri</i>	30,0	27°54'28,2"	56°11'07,3"

Para análise de herbivoria, foi considerada muda atacada quando a mesma apresentava qualquer dano, seja desaciculada parcialmente ou totalmente. Em outra análise, separou-se as mudas de *Pinus taeda* que haviam sido atacadas e desaciculadas. Foi considerada muda desaciculada quando verificado o desaciculação sem haver o corte do talo da muda; e atacada quando verificado o corte do talo da muda na altura do colo ou acima dele.

Em função dos formigueiros estarem aleatoriamente distribuídos na área, o procedimento adotado para avaliação foi a contagem de todas as mudas em cada linha do plantio.

Os dados coletados foram analisados estatisticamente através do programa SAS (Statistical Analysis System) e submetidos ao Teste "t" de comparação de médias, em nível de 5% de probabilidade de erro.

4.2.2 Resultados e Discussão

Após 65 dias de avaliação, foram contabilizadas um total de 2987 mudas de *Pinus taeda* remanescentes na área experimental, sadias ou sem ataque de formigas. Tendo ainda 30 mudas mortas devido a fatores diversos do ataque de formigas, contabilizando, desta forma 795 mudas atacadas por operárias de 12 formigueiros, ou seja, 20,8% do total de mudas plantadas foram atacadas. Isso representa uma média de 66,25 mudas atacadas por formigueiro.

Mendes Filho (1981) verificou que 200 formigueiros/ha de *Acromyrmex*, causam perdas de 30% das cepas de eucalipto. Simas *et al.* (2003), em estudos de herbivoria de *Atta vollenweideri*, descrevem uma redução média de 23% da massa vegetal de vegetação herbácea, quando forrageada por esta espécie. Sem considerar o fator de tempo, nota-se que o dano inicial pode variar de acordo com o gênero e espécies, porém sempre causando perdas significativas.

Analisando a herbivoria por espécies, verificou-se que 82% das mudas foram atacadas por operárias de quatro formigueiros de *A. lobicornis*, enquanto que 18% foram atacadas por operárias de oito formigueiros de *A. heyeri*.

Nos quatro formigueiros de *A. lobicornis*, obteve-se uma média de 163 mudas atacadas por formigueiro aos 65 dias, o que representou 2,50 mudas por dia. Por outro lado, os oito formigueiros de *A. heyeri* apresentaram uma média de 18 mudas atacadas por formigueiro, ou seja, 0,28 mudas por dia. Essa diferença corresponde a nove vezes mais voracidade de *A. lobicornis* comparada a *A. heyeri* (Figura 1). Hernandez & Jaffé (1995) relatam que *Acromyrmex* spp. representam uma das principais pragas que afeta o estabelecimento e desenvolvimento de plantações comerciais de *Pinus caribaea*.

Iadiza (1995) descreve que *A. lobicornis* na Argentina consome dicotiledôneas preferencialmente, mas também consome gramíneas. O forrageamento é maior no outono e quase nulo no inverno, totalizando um consumo de biomassa vegetal estimado em 28,66Kg.ha⁻¹ em campo nativo.

Antunes & Della Lucia (1999) relatam que o consumo de folhas de eucalipto por *Acromyrmex laticeps nigrosetosus* foi de 3,53g.dia⁻¹, com variação significativa entre formigueiros. Ainda sobre *A. laticeps nigrosetosus*, foi estimado o carregamento de vegetal em 1,08Kg.colônia.ano⁻¹ ou equivalente a 2,9g.colônia.dia⁻¹, incluindo diversas

outras espécies de vegetais do sub-bosque no reflorestamento, além do eucalipto (Araújo,1996). Esse fato reforça o que foi apresentado no Capítulo I, que o conhecimento das espécies que ocorrem na mesma área é importante, pois existe diferença de voracidade entre as espécies.

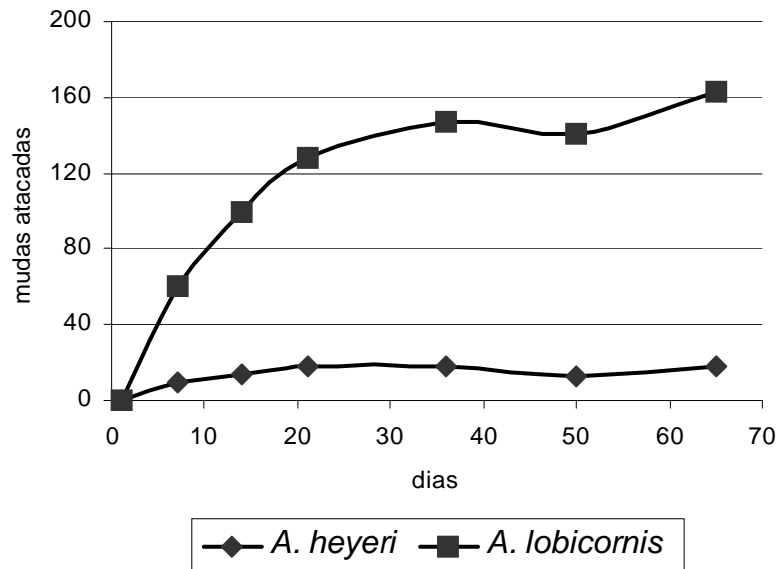


FIGURA 4.1 – Número acumulado de mudas de *Pinus taeda* atacadas por formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* nos primeiros dias a campo no levantamento em Corrientes-Argentina. Santa Maria - RS, 2005.

Verificou-se que entre 45 e 55 dias de avaliação, houve uma redução de herbivoria em ambas as espécies. Em parte, este fato pode ser atribuído às mudas que sofreram ataque nos primeiros dias. Nesse estágio, as mudas encontravam-se recuperadas com brotação, pois nos resultados foram contabilizados somente os danos causados em cada intervalo das avaliações. Outro aspecto poderia estar associado a fatores ambientais que estariam causando uma diminuição no trabalho das formigas cortadeiras, mas de acordo aos dados de precipitação e temperatura da região, não observou-se diferença na média mensal.

O teste de médias mostrou haver diferença significativa entre as espécies de formigas quanto ataque, ou seja, *A. lobicornis* apresenta um dano total superior que a

A. heyeri. Quanto ao desaciculação, não houve diferença significativa das espécies. Isso demonstra que *A. heyeri* além de apresentar uma menor herbivoria, também causa dano total menor (Tabela 4.2). As avaliações no tempo não apresentaram interação significativa com as variáveis estudadas.

TABELA 4.2 - Número de Avaliações (N), média e desvio padrão (DP) do número de mudas de *Pinus taeda* atacadas e desaciculadas, após 65 dias de avaliação. Santa Maria - RS, 2005.

Atacada			
Espécie	N	Média	DP
<i>A. lobicornis</i>	06	248,16 a	128,09
<i>A. heyeri</i>	06	13,33 b	14,26
Desaciculada			
	N	Média	DP
<i>A. lobicornis</i>	06	226,83 a	146,57
<i>A. heyeri</i>	06	103,83 a	29,3

* médias não seguidas por mesma letra deferem pelo teste t em nível de 5% de probabilidade de erro.

O fato atribuído às formigas cortadeiras de somente desacicular a planta poderia ser considerado menos drástico a primeira vista, em relação às plantas que foram totalmente atacadas, por terem causado menor dano. Porém, há um contraponto com relação a este aspecto, pois uma planta com dano parcial, desde seus primeiros meses de existência no campo, torna-se alvo fácil de futuros ataques de outras pragas como pulgão e vespa-da-madeira (*Sirex noctilio*) e ainda mais susceptível a competição com plantas daninhas, por retardar seu desenvolvimento, em relação as demais mudas, causando assim uma desuniformidade no desenvolvimento da floresta. Mas talvez o fato mais importante desse desaciculação, é gerar uma muda totalmente desconfigurada da sua forma inicial, com muitas ramificações e assim uma árvore futura com baixo valor comercial. Zanetti *et al.* (2000) relatam que as formigas podem ser responsáveis pela bifurcação das árvores de eucalipto mais jovens, em razão dos

desfolhamentos. Dessa maneira, sugere-se que o replantio deva ser realizado tanto em mudas totalmente atacadas como nas mudas que se encontram apenas desaciculadas.

Dois fatos observados a campo merecem uma discussão mais detalhada. O primeiro diz respeito a distância das mudas forrageadas até o ninho, conforme mapas em anexos 6 ao 11. Essa distância chegava a 100 metros dificultando assim a avaliação, por confundir se aquele dano fora causado por um ou outro formigueiro. Essas longas distâncias de forrageamento se explicariam facilmente se não houvesse disponibilidade de material vegetal nas proximidades do ninho. Porém, o fato mais intrigante é que as mudas próximas ao ninho, muitas vezes eram pouco atacadas.

Uma hipótese é que as operárias tenham definido uma área de forrageamento com as plantas nativas (gramíneas e dicotiledôneas) e assim que se esgotou esse material, as mudas de *Pinus taeda* que estavam mais próximas foram cortadas. Outra hipótese é que as operárias devido a competição com os vizinhos busquem definir áreas amplas para o forrageamento a fim de assegurar material vegetal para seu desenvolvimento.

De acordo com Gordon (2002), como uma rainha pesa cerca de 10 vezes mais do que uma operária, na época de revoada a colônia tem que usar mais alimento para produzir aladas do que para produzir operárias. Colônias com mais operárias podem ter reservas de alimento maiores, porque têm forrageadoras para obtê-las e mais indivíduos dentro do formigueiro para processá-la e distribuí-la, transformando alimento em formigas cada vez mais eficiente à medida que a colônia cresce. Assim, uma colônia que enfrenta uma competição severa de suas vizinhas pode nunca crescer o suficiente para reproduzir. Pode-se imaginar que pressões seletivas poderiam operar o sistema. As colônias que de uma maneira ou de outra encontram meios de crescer em face da competição talvez contribuam com mais colônias para a próxima geração. Ao longo do tempo evolucionário, se o comportamento da colônia for hereditário, e não se sabe se é, tal comportamento poderia crescer em freqüência.

Um segundo aspecto observado a campo, é que em várias oportunidades verificou-se uma série de quatro a dez mudas atacadas na mesma linha de plantio e uma planta entre elas sem sofrer ataque, conforme registram os mapas em anexos. Foi visualizado o carreiro ativo atacando, na seqüência, mudas da linha. Assim, o que

levaria essas operárias a não cortar uma planta que está definida como de seu interesse? A hipótese mais provável é a característica genética dessa muda de *Pinus taeda* que poderia ter compostos secundários tóxicos ao fungo, (já abordado no capítulo III). Outros fatores como características físicas da planta são pouco prováveis porque trata-se de mudas com fenótipo muito semelhante. Outra hipótese seria barreiras físicas, como algum desnível mais brusco do solo nas proximidades da base da muda, o que parece ser pouco provável. A hipótese da não percepção da muda por parte da operária também deveria ser considerada. Contudo esses fatos deveriam ser estudados mais detalhadamente a fim de se buscar uma forma de manejo que poderia reduzir significativamente o ataque de formigas em mudas de *Pinus taeda*.

A possibilidade de existência de áreas mais valiosas para o forrageamento é pouco provável, uma vez que o tipo de vegetação e as condições topográficas da área de estudo são homogêneas.

Outra observação é que a seqüência de ataque deu-se na linha de plantio, seja pela facilidade de deslocamento devido ao caminho estar limpo, ou pelo fato das mudas estarem mais próximas na linha do que na entre-linha.

4.3 Quantificação das perdas no desenvolvimento de *Pinus taeda* após o ataque de formigas cortadeiras

4.3.1 Material e métodos

Com o intuito de conhecer o dano de corte de formigas, localizou-se no campo plantas que haviam sido atacadas por formigas cortadeiras recentemente. Posteriormente a etapa de georreferenciamento das plantas com GPS, procedeu-se a medição do diâmetro do colo (cm) e altura (cm). Trinta metros distante de cada planta, foi realizada o mesmo procedimento de identificação e medição, porém com plantas sem ataque, sendo consideradas assim testemunha. Aplicou-se ainda um terceiro tratamento, o desaciculamento artificial com tesoura, das acículas jovens a cada seis meses, conforme características dos danos visto a campo do ataque de formigas. Porém esse tratamento de desaciculamento não foi possível realizar em plantas no Ano 2, devido ao tamanho que se encontravam. Assim tem-se três situações: testemunha sem ataque, atacada por formigas cortadeiras e desaciculada artificialmente (Tabela 4.3).

TABELA 4.3 - Local, características do solo e idade do plantio de mudas de *Pinus taeda* nas áreas de estudo. Santa Maria - RS, 2005.

Local	Solo	Idade	Numero de amostras		
			T1	T2	T3
Timbaúva	Loma	Ano 0 – plantio 2002	61	31	06
Sangrador	Tendido				
Mesopotâmica	Loma	Ano 1 – plantio 2001	59	37	06
Don Hilário	Tendido				
Don Hilário	Loma	Ano 2 – plantio 2000	60	31	--
Don Hilário	Tendido				

T1 – testemunha; T2 – atacada por formigas; T3 – desaciculada artificialmente

É notada a diferença de crescimento em cada área, provavelmente por características edáficas e de região com mais ou menos umidade de solo. Assim esse

estudo foi repetido em dois tipos distintos de solo, “tendido” e “loma”. Esses termos são muito conhecidos na região e é uma forma prática de classificar o solo. Entende-se como “loma”, solos bem drenados, com pequenas declividades e bastante argiloso. Por outro lado, o “tendido”, são áreas mal drenadas, solos menos argilosos e muito planos, locais característicos de várzeas e que necessita da construção de taipas para realizar o plantio de mudas (Tabela 4.3).

Seguindo na mesma temática de estudo, é sabido que a resposta da planta ao ataque de formigas está diretamente relacionado com a idade da planta. Zanetti *et al.* (2000) descrevem que a idade da floresta de eucalipto é a variável que melhor expressou o crescimento em volume de madeira. Assim foram tomadas as mesmas medições em três situações:

- Ano 0 – até onze meses de idade;
- Ano 1 – doze a vinte e três meses de idade;
- Ano 2 – vinte e quatro a trinta e cinco meses de idade.

A localização e primeira medição das plantas de *Pinus taeda*, foi realizada entre 28 e 30 de julho de 2003, e as avaliações foram realizadas após seis, doze e dezoito meses, ou seja, janeiro de 2004, julho de 2004 e janeiro de 2005.

Para a altura, as plantas foram medidas com régua métrica desde a base da planta no solo até a gema apical e para o diâmetro foi medido com paquímetro junto ao colo da planta. O Índice de produtividade foi determinado pela fórmula, conforme Cantarelli *et al.* (2004):

$$IP \text{ (cm}^3\text{)} = \frac{(H_f - H_i) * (DC_f - DC_i)^2}{1000}$$

Onde:

- H_i = altura inicial da planta (cm)
- H_f = altura final da planta (cm)
- DC_i = diâmetro do colo inicial (cm)
- DC_f = diâmetro do colo final (cm)

4.3.2 Resultados e Discussão

Não foi possível identificar as espécies de formigas cortadeiras que estavam atacando as plantas devido ao fato de não terem sido encontrados os ninhos que forrageavam cada planta. Foi verificado que nas áreas denominadas “tendido”, as espécies eram pertencentes somente ao gênero *Acromyrmex*, enquanto que em áreas de “loma”, as espécies representantes eram tanto do gênero *Acromyrmex* como do gênero *Atta*.

No Ano 0, as médias observadas para diâmetro do colo (DC), altura (H) e Índice de Produtividade (IP) em mudas não atacadas (testemunha) diferiram significativamente das médias observadas em mudas atacadas por formigas e desaciculadas artificialmente, para os mesmos parâmetros avaliados (Tabela 4.4).

TABELA 4.4 - Comparação de médias pelo teste “t” dos tratamentos para a variável diâmetro do colo (DC), altura (H) e índice de produtividade (IP) de mudas de *Pinus taeda* no Ano 0, Ano 1 e Ano 2. Santa Maria - RS, 2005.

TRAT	ANO 0			ANO 1			ANO 2		
	DC	H	IP	DC	H	IP	DC	H	IP
T 1	6,95 a*	343 a	17,75 a	6,21 a	319 a	13,33 a	6,82 a	298 a	15,90 a
T 2	5,75 b	301 b	11,64 b	5,51 a	280 b	9,50 b	6,68 a	283 a	13,98 a
T 3	4,88 b	261 b	7,31 b	3,83 b	264 b	4,20 c	---	---	---

T1 – testemunha; T2 – atacada por formigas; T3 – desaciculada artificialmente

* Médias seguidas por mesma letra, na coluna, não diferem entre si (t, P> 0.05)

Diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram também observadas no Ano 1. As maiores médias para DC (6,21cm) e H (319cm) estiveram representadas pelas mudas da testemunha (não atacadas). Para o parâmetro diâmetro do colo (DC), houve diferença significativa apenas entre as mudas desaciculadas artificialmente (3,83cm), enquanto que para o parâmetro altura da muda (H) foram observadas diferenças significativas tanto entre mudas atacadas por formigas (280cm) como desaciculadas artificialmente (264cm). Diferenças estatisticamente contrastantes entre as médias de todos os tratamentos avaliados foram ainda observadas quanto ao índice de produtividade (IP) no Ano 1 (Tabela 4.4).

No Ano 2, as médias observadas não diferiram entre si ($P>0.05$), para nenhum dos parâmetros avaliados no estudo.

Verificou-se também diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade de erro, entre as perdas de crescimento nas diferentes idades de plantio de *Pinus taeda*, conforme pode-se visualizar nas Figuras 2, 3 e 4.

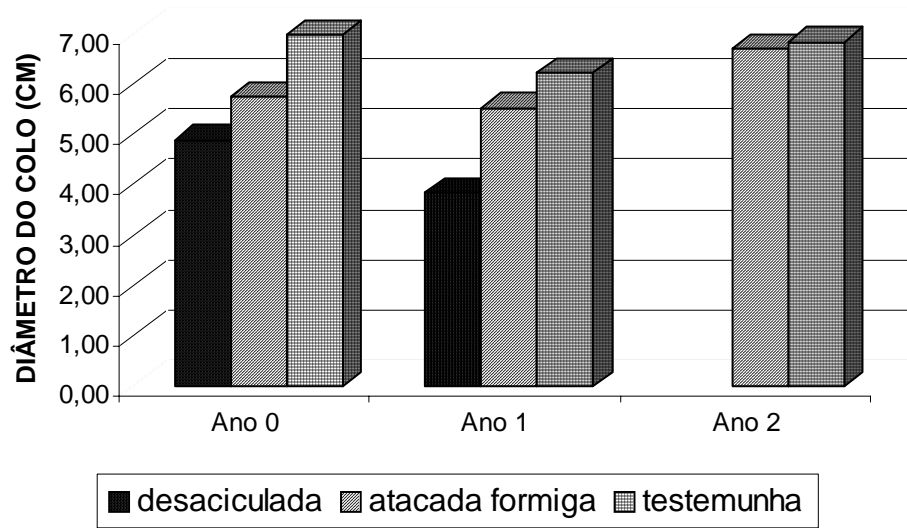


FIGURA 4.2 – Incremento do diâmetro do colo (cm) de plantas de *Pinus taeda* durante 18 meses, após os tratamentos. Santa Maria - RS, 2005.

Na Figura 2 verifica-se uma redução no crescimento em diâmetro do colo das plantas atacadas por formigas cortadeiras em relação a testemunha de 17,3%, 11,3% e 2,1% para Ano 0, Ano 1 e Ano 2, respectivamente. Analisando as plantas desaciculadas artificialmente, houve uma redução mais significativa em relação à testemunha, de 29,8% no Ano 0 e 38,3% no Ano 1.

Valores muito semelhantes foram encontrados por Ribeiro & Woessner (1980), ao estudarem o efeito de diferentes níveis de desfolhamento artificial em *Pinus caribaea*, para simulação de danos causados por saúvas. Estes autores constataram, para esta espécie, uma redução média de 17,4% no crescimento em diâmetro e 12% em altura, além de uma mortalidade média de 11,7%.

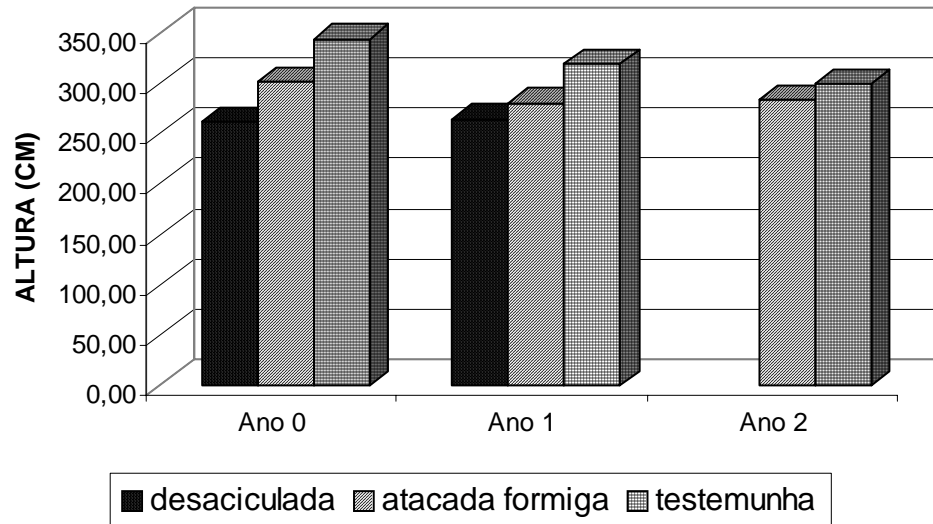


FIGURA 4.3 - Desenvolvimento em altura (cm) de plantas de *Pinus taeda* durante 18 meses, após os tratamentos. Santa Maria-RS, 2005.

Quanto ao desenvolvimento em altura, observaram-se reduções de 12,2%, 12,2% e 5,0% para Ano 0, Ano 1 e Ano 2, respectivamente, em mudas atacadas por formigas cortadeiras com relação a testemunha (Figura 4.3). Analisando-se as plantas desaciculadas artificialmente, houve uma redução com relação à testemunha de 23,9% no Ano 0 e 17,2% no Ano 1.

Lewis & Norton (1973) citaram que os danos causados por formigas cortadeiras são maiores em árvores de um a três anos de idade e que um desfolhamento total retarda o crescimento da árvore, ao passo que dois consecutivos, normalmente, acarretam a sua morte.

Hernandez & Jaffé (1995) concluíram que densidades maiores que 30 formigueiros/ha de *Atta laevigata* em plantios de *Pinus caribaea*, na Venezuela, com menos de 10 anos de idade, podem reduzir mais de 50% da produção de madeira por hectare.

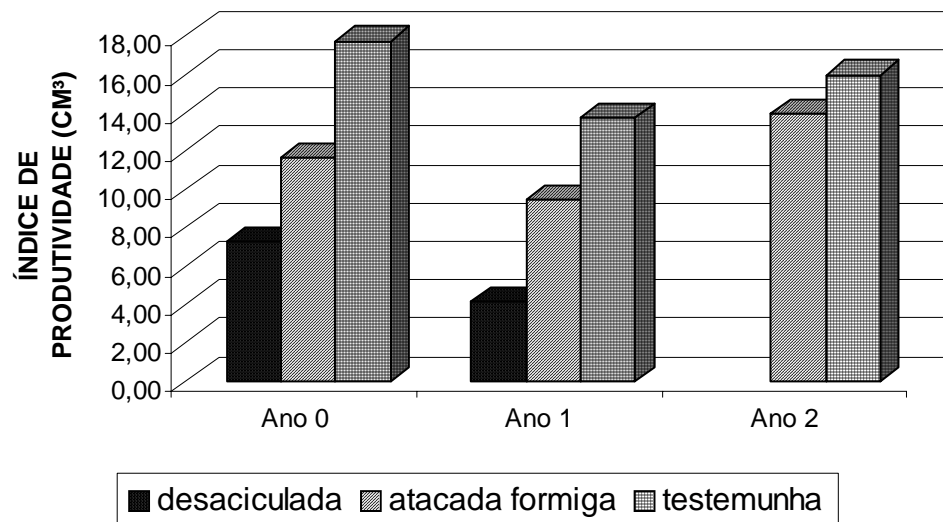


FIGURA 4.4 - Índice de produtividade (cm³) de plantas de *Pinus taeda* durante 18 meses, após os tratamentos. Santa Maria - RS, 2005.

Na Figura 4.4 verifica-se uma redução no Índice de Produtividade (IP) das plantas atacadas por formigas cortadeiras em relação à testemunha de 34,4%, 28,7% e 12,1% para Ano 0, Ano 1 e Ano 2, respectivamente. No tratamento em que as plantas foram desaciculadas artificialmente, houve uma redução mais significativa em relação à testemunha, de 58,8% no Ano 0 e 68,5% no Ano 1.

Oda & Berti Filho (1978); Freitas & Berti Filho (1994); Oliveira (1996), dentre outros, descrevem que somente um nível de 100% de desfolha em *Eucalyptus* é capaz de afetar drasticamente o crescimento em diâmetro e altura e, portanto, o volume de madeira das árvores. Antunes & Della Lucia (1999) concluíram que *A. laticeps nigrosetosus* não representa risco de perda em volume de madeira para florestas de eucalipto em fase de manutenção. Por outro lado, Freitas (1988) relatou redução no incremento anual de *Eucalyptus grandis* em torno de 78,95%, quando as árvores foram 100% desfolhadas. Essa mesma percentagem de desfolha foi responsável por redução de 45,5% na produção individual de madeira de *Eucalyptus grandis*, conforme relataram Freitas & Berti Filho (1994).

Silva *et al.* (1995), avaliando árvores jovens de *Eucalyptus grandis* submetidas a um desfolhamento artificial parcial, constataram uma redução de 10,4% em diâmetro

(DAP) e 19,2% em altura total, e que dois desfolhamentos causaram perdas de 16-18% no diâmetro (DAP) e 26-28% na altura total.

Amante (1967), ao estudar os prejuízos causados por formigas cortadeiras em plantios de *Pinus* e *Eucalyptus*, concluiu que 5% dos plantios de *Eucalyptus* aos seis anos de idade, e 10% dos plantios de *Pinus* aos oito anos de idade podem ser mortos por um único saueiro adulto, a cada ano. Para Naccarata (1983), a perda provocada por cinco formigueiros de *Atta sexdens*, em plantios de *Pinus* spp., foi de 14% no volume de madeira. Estas considerações, de acordo com Moraes (1983), representariam um prejuízo de 2,1% na produção ou de 470.000m³ de madeira a cada ano, considerando uma área de 150.000ha de eucalipto.

Zanetti *et al.* (2000) analisando o efeito da densidade e tamanho de saueiros sobre a produção de madeira de eucalipto, concluíram que a variável densidade de saueiros afetou negativamente o volume de madeira, indicando que o desfolhamento provocado pelas formigas cortadeiras está contribuindo para a redução na produção de madeira.

As perdas de madeira decorrentes de fatores relacionados à densidade e o tamanho de formigueiros podem estar associadas à época do ano. Neste sentido, Freitas & Berti Filho (1994) geraram duas equações que representam a redução na produção de madeira em função da porcentagem de desfolhamento aos dois anos de idade, uma para estação seca e outra a estação chuvosa. Esses autores concluíram que a desfolha é um fator de interferência no crescimento das árvores, seja no inverno ou no verão, com tendência de ser mais drástica no inverno.

No presente estudo, está evidenciado que as plantas atacadas por formigas cortadeiras terão uma diminuição significativa de volume de madeira no final da rotação de 14 anos. Porém, fica comprovado que o maior dano é causado no Ano 0 e Ano 1, não sendo necessário realizar combate em plantios a partir dessa idade. Apesar disso, não se conhece os efeitos de consecutivos ataques a árvores no decorrer do ciclo, uma vez que é formado o dossel e somente o *Pinus* estaria disponível a herbivoria. Outro fator verificado a campo foi que árvores no Ano 2, Ano3 e Ano 4 que tinham sido atacadas por formigas, foram atacadas por pulgão e futuramente poderão ser alvo de

vespa-da-madeira. Esse fato deve ser analisado mais detalhadamente no intuito de se implementar um manejo integrado de pragas.

4.4 Conclusões

De acordo com o estabelecimento, condução e avaliação desta pesquisa os resultados permitem concluir que:

- *A. lobicornis* e *A. heyeri* causam perdas na ordem de 20,8% das mudas recém plantadas de *Pinus taeda*, aos 65 dias;

- Quanto ao ataque de mudas, 82% dessas foram atacadas por quatro formigueiros de *A. lobicornis*, enquanto 18% das mudas foram atacadas por oito formigueiros de *A. heyeri*;

- Existe redução significativa no desenvolvimento das plantas de *Pinus taeda* quando atacadas por formigas cortadeiras durante os primeiros 24 meses de idade (Ano 0 e Ano 1);

- Ataque de formigas cortadeiras a partir do Ano 2, não são significativamente prejudiciais ao desenvolvimento da planta.

- O ataque de formigas cortadeiras ao *Pinus taeda* no Ano 0, afeta o diâmetro a altura e o índice de produtividade;

- No Ano 1, o ataque de formigas é prejudicial somente para os parâmetros altura e índice de produtividade.

CAPÍTULO V

CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS

5.1 Introdução

Dentre as táticas de controle disponíveis para o manejo integrado de populações de formigas cortadeiras, nos reflorestamentos, pode-se citar a manutenção de sub-bosque diversificado; o controle químico, mecânico, biológico, cultural, comportamental e físico; e as tentativas de utilização de essências florestais resistentes ao corte de formigas (Della Lucia & Vilela, 1993). Todas essas táticas têm sido pesquisadas na tentativa de aumentar a eficiência do controle e de reduzir as intervenções contra formigas cortadeiras, no entanto controle químico tem sido o mais empregado.

Os métodos de controle químico de formigas cortadeiras evoluíram ao longo do tempo e uma das grandes preocupações foi conciliar o trinômio "eficiência-economia-segurança". Entre esses métodos estão: a termonebulização (Couto *et al.*, 1978; Rizental *et al.* 2003 e Mendonça, *et al.* 2003), o pó seco e as iscas granuladas (Zanuncio *et al.*, 2002a; Zanetti *et al.*, 2003a), sendo este último o mais praticado pelas empresas de reflorestamento de todo o país.

Nas décadas de 60, 70 e 80, as iscas à base de dodecacloro foram as mais usadas no controle de formigas cortadeiras, dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*. Apesar de sua boa eficiência, de sua praticidade e de seu menor custo, essas iscas apresentavam os inconvenientes de não se degradarem facilmente e de persistirem no meio ambiente, o que levou à proibição da sua utilização. Como alternativa, surgiu a isca à base de sulfluramida a 0,3%, com princípio ativo de ação lenta, baixa persistência no ambiente e degradação rápida (Laranjeiro & Zanuncio, 1995). Porém alguns problemas vêm sendo observados a campo, como a perda da eficiência. Esta característica é observada com frequência quando o produto entra em contato com a umidade. Nesse sentido, foram apresentados os porta-iscas, contudo também apresentam uma grande perda de produto ou por umidade, ou por dificuldade de contato com o inseto-alvo.

Devido a aspectos desfavoráveis como a deterioração do meio ambiente, eliminação de inimigos naturais e aparição de resistência, apresentados pelas iscas granuladas, desenvolveram-se linhas de estudos na busca de produtos mais específicos e de menor impacto ambiental (Hebling *et al.*, 2000).

Tanto no setor florestal como no agrícola, cada vez mais existe a tendência de diminuir o uso de produtos químicos com potencial de contaminação ambiental. É possível obter novos produtos com ação inseticida, a partir da extração de compostos originados em metabólicos secundários, presentes em plantas (Cantarelli *et al.*, 2003). Atualmente, têm sido desenvolvidas pesquisas com extratos vegetais potencialmente tóxicos para as formigas cortadeiras. Nessa direção, destacam-se estudos com extratos do gênero *Trichilia* (Simmonds *et al.*, 2001; Caffarini *et al.* 2003; Guerreiro *et al.*, 2003; Silveira *et al.*, 2003; Godoi, 2003), *Melia azedarach* (Caffarini *et al.*, 2003), *Eucalyptus spp.* (Caffarini *et al.*, 2003), *Ricinus communis* (Torkomian, 1994; Hebling *et al.*, 1996; Acácio-Bigi, 1997; Caffarini *et al.*, 2003), *Sesamun indicum* (Morini, 1995; Peres Filho & Dorval, 2003a), ácidos graxos (Peñaflor *et al.*, 2003), entre outros.

Assim, com base nos dados apresentados no capítulo I, onde se expôs o complexo de formigas cortadeiras, decidiu-se testar dosagens e produtos, a fim de ajustar o controle para cada agrupamento, ou seja, um experimento com a espécie representativa do complexo quenquém vermelha (*Acromyrmex heyeri*); outro, do complexo quenquém preta (*Acromyrmex lundî*) e outro, ainda do complexo das saúvas (*Atta sexdens piriventris*).

5.2 EXPERIMENTO 1 - Efeito de diferentes dosagens do formicida ecológico Citromax no controle de *Acromyrmex heyeri* (Hymenoptera: Formicidae)

De acordo com Grürzmacher *et al.* (2002) das dez espécies do gênero *Acromyrmex*, ocorrentes na região central do Rio Grande do Sul, *Acromyrmex heyeri* (Forel, 1899) é uma das mais freqüentes, abundantes e dominantes nessa região.

Quiran (1996) descreveu que essa espécie é muito ativa e está muito bem representada na Argentina, sendo causadora de grandes danos, pois corta gramíneas de 4 a 6cm de tamanho. Há também, citações que afirmam que ela corta dicotiledôneas, não com muita freqüência; já os carreiros podem estender-se até 100m de distância do ninho. Durante a primavera e o verão, o carregamento de material vegetal é constante, salvo em horários de maior calor, quando cessa a atividade que, então, reinicia-se à noite; por outro lado, durante o inverno, não há atividade noturna, elas trabalham unicamente nas horas de maior temperatura. O mesmo autor ainda cita que tal espécie causa danos de considerável magnitude, no entanto é de fácil controle, devido os formigueiros serem constituídos por fragmentos vegetais e há um olheiro central escavado a uns 40cm de profundidade. O pisoteio de animais, além do preparo de solo, constituem-se em armas eficazes de controle da espécie, em áreas manejadas; porém em áreas não manejadas, sem limpezas periódicas, dificultam o controle.

Juruema & Cachapuz (1980) relatam que a *Acromyrmex heyeri* apresenta uma coloração castanha ou amarelada e as operárias medem cerca de 6,5mm de comprimento. A cabeça e o gáster possuem lobos arredondados semi-brilhantes. Conhecidas como formigas vermelhas ou pastadeiras, em geral, elas constroem formigueiros de monte cobertos de terra misturada com palha.

Gonçalves (1961) descreve que *A. heyeri* é uma espécie que habita áreas de pastagens nativas, muito comum no Rio Grande do Sul. Ela cultiva as suas hortas de fungo com folhas e talos de gramíneas que não recorta muito e emprega pedaços grandes, de 3 a 8mm de comprimento. O autor relata ainda que a panela única é quase sempre grande, com cerca de 40 ou 50cm de diâmetro, com 30 a 40cm de

profundidade, na maior parte situada abaixo do nível do solo. A comunicação com o exterior é feita por intermédio de dois ou três olheiros que se projetam diretamente do monte, ou a uma distância de 10cm a 200cm deste. Essas características vão ao encontro da presente área de estudo, que salienta ainda a distribuição dos formigueiros junto a moirões de cerca e a florações rochosas, provavelmente, pela ação antrópica e pela presença de gado.

Alguns formicidas estão sendo rotulados como ecológicos, ou seja, não possuem molécula química sintetizada na sua formulação, assim o Citromax é um desses produtos oriundos de extratos vegetais. O objetivo do presente estudo é avaliar a eficiência de diferentes dosagens do formicida ecológico Citromax no controle de *Acromyrmex heyeri*.

O experimento foi instalado no município de São Sepé, na região central do Estado do Rio Grande do Sul, em área constituída de pastagem nativa e de fragmentos de floresta. O local caracteriza-se por apresentar relevo ondulado e raso, clima Cfa 2 de Köppen, com temperatura média anual de 18,7°C e com precipitação média anual de 1.648mm. Podem ocorrer chuvas torrenciais de 141mm, em 24 horas, e geadas de abril a novembro (Brasil, 1973). A classificação do solo é Neossolo Litólico com textura média (Embrapa, 1999).

Para compor os tratamentos, foram localizados e georreferenciados, com GPS (Global Position System) Garmin, cinqüenta formigueiros de *A. heyeri*, em 19,6ha. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, constituído por cinco tratamentos, sendo cada tratamento composto por dez repetições (formigueiros). Os tratamentos avaliados foram: tratamento 1 (T1): testemunha sem controle; tratamento 2 (T2): 5 gramas por ninho de isca formicida Citromax; tratamento 3 (T3): 10 gramas por ninho de isca formicida Citromax; tratamento 4 (T4): 15 gramas por ninho de isca formicida Citromax; tratamento 5 (T5): 20 gramas por ninho de isca formicida Citromax.

O Citromax é um extrato de Timbó (*Ateleia glazioviana*) cujo principal composto secundário é a rotenona. Ele apresenta dose letal aguda, (DL50) superior a 2.666mg.Kg⁻¹, enquadrando-se na categoria de não tóxico. Sua granulometria é variada, sendo utilizado como substrato o bagaço de laranja. A recomendação do

fabricante, para o gênero *Acromyrmex*, é aplicar de 35 a 45 gramas por m² de formigueiro.

A área do formigueiro foi determinada através da medição da parte externa do ninho. O tamanho dos formigueiros variou entre 25,0 e 70,0cm de diâmetro. A distribuição da isca foi feita sobre os olheiros e a avaliação dos aspectos preliminares relativos à atividade de carregamento, devolução de iscas, presença de formigas, formigas mortas e movimentação de terra, foi realizada em todos os formigueiros após 24 horas, 5, 10, 15 e 20 dias após a aplicação dos tratamentos. Na avaliação final, os formigueiros foram abertos, para verificarem-se as condições internas. A análise da eficiência dos tratamentos foi realizada através do teste de tukey com 5% de probabilidade de erro.

No momento em que os formigueiros foram abertos, pode-se notar grande quantidade de micélios do fungo cultivado de até 16cm de comprimento e 1,2cm de diâmetro se desenvolvendo no interior do formigueiro, além de uma grande quantidade de formigas mortas sobre a esponja de fungo. Não foi identificado se tais micélios eram do fungo cultivado pelas formigas ou pelos oportunistas. Outro fato observado nas primeiras avaliações (após 24 horas e com intervalo de 5 dias), foi que em muitos desses formigueiros verificou-se um carregamento de serragem e de formigas mortas para fora do formigueiro mesmo estando estes desestruturados. Em face disso, supõem-se que talvez tenha sido uma forma de as operárias tentarem eliminar a contaminação de novos indivíduos da colônia.

Não se verificou correlação significativa entre o tamanho de formigueiro e o percentual de controle; sendo assim, não houve influência do tamanho dos formigueiros nos resultados dos tratamentos aplicados. Contudo, dois pontos devem ser discutidos; primeiro, até quando o tamanho aparente a campo de um formigueiro pode ser proporcional ao tamanho real das panelas; segundo, os formigueiros desse gênero são naturalmente pequenos e os tamanhos estudados podem ser classificados dentro de um mesmo padrão para pesquisa.

Verificou-se que não houve diferença significativa (tukey; $P > 0,05$) entre os tratamentos 10g (T3), 15g (T4) e 20g (T5) analisados após 20 dias de aplicação, tendo assim o percentual de controle de 100% (Figura 5.1). Pode-se verificar que a dosagem

de 5g, valor bem abaixo do recomendado, apresentou um controle satisfatório nas primeiras avaliações, no entanto, na terceira avaliação, já se comprovou ser insuficiente para eliminar formigueiros dessa espécie, não sendo recomendada para o controle.

Segundo Mascaro *et al.* (1998), a rotenona causa a morte de animais fundamentalmente, pela inibição da cadeia respiratória mitocondrial. Beraldo & Zanão (1986), em estudos de toxicidade de rotenona em *Atta laevigata* e *A. sexdens rubropilosa*, descrevem que o contato da rotenona com as operárias causou, nas primeiras três horas, um considerado aumento no consumo de oxigênio e, nas oito horas seguintes, um efeito depressor no metabolismo respiratório. Com base nessas constatações, entende-se o motivo do alto número de operárias *A. heyeri* mortas nas primeiras avaliações deste estudo, em outras palavras, constatou-se que o produto apresenta atuação de choque, confirmando, dessa maneira, resultados de outras pesquisas. Conforme Yamamoto (1970), a rotenona diferencia-se de outros inseticidas organofosforados, piretróides e DDT, quanto aos sintomas de envenenamento em insetos.

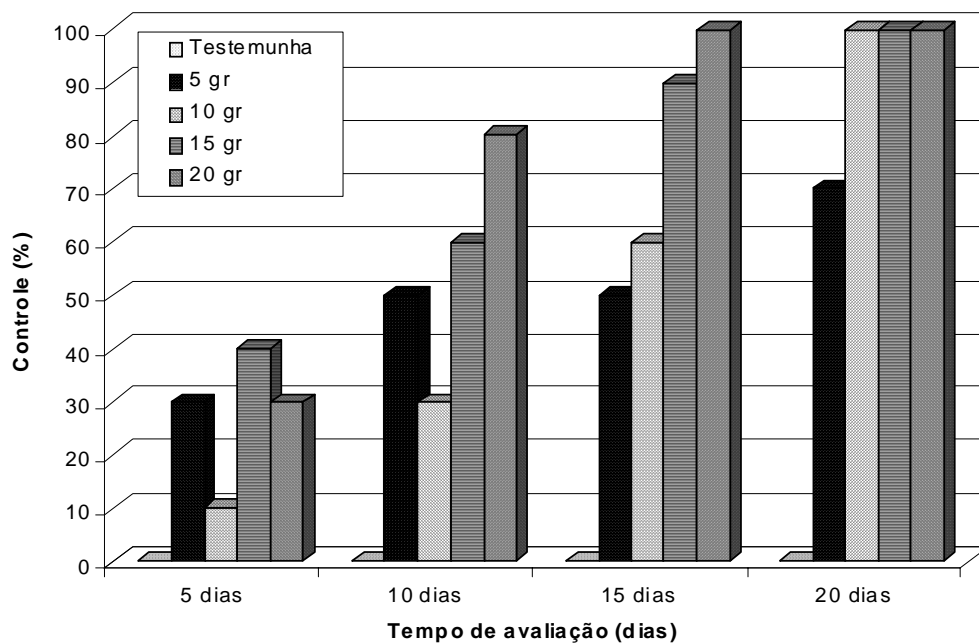


FIGURA 5.1: Percentual de controle de *Acromyrmex heyeri* com diferentes dosagens da isca granulada Citromax. Santa Maria - RS, 2005.

Doses de 5g e 10g por formigueiro poderão ser utilizadas como uma alternativa de controle do gênero *Acromyrmex* para espécies de difícil visualização, como *Acromyrmex subterraneus* e *Acromyrmex striatus*, de modo a ser aplicadas em portaiscas, ao lado da planta que se deseja proteger, ficando assim uma maior quantidade de área protegida com doses relativamente pequenas.

A definição de dosagens corretas de um produto com uma boa eficiência e inovador, como o Citromax, é muito importante quando aplicado diretamente no formigueiro ou no carreiro, uma vez que pode levar ao sucesso ou ao fracasso do controle. Poucas informações existem na literatura sobre o efeito da rotenona em formigas do gênero *Acromyrmex*, apesar da eficiência de controle observada, deve-se levar em conta a diversidade do gênero e tamanho de formigueiros maiores que os avaliados nesta pesquisa para definir a dosagem correta. Conforme os resultados, poderá ser recomendada uma dose de 10g por formigueiro de até 70,0cm de diâmetro, todavia, para que se tenha uma resposta satisfatória de controle em menor tempo e maior segurança, quanto ao aspecto de eficiência, recomenda-se usar doses a partir de 15g.

5.3 EXPERIMENTO 2 - Efeito de diferentes dosagens do formicida ecológico Citromax no controle de *Acromyrmex lundii* (Hymenoptera: Formicidae)

De acordo com Grürzmacher *et al.* (2002), a espécie *Acromyrmex lundii* é uma das mais freqüentes, abundantes e dominantes na Depressão Central do Rio Grande do Sul. Quiran (1996) descreve que esta espécie corta principalmente dicotiledôneas e, em menor freqüência, as espécies de monocotiledôneas em áreas cultivadas. *A. lundii* é uma espécie amplamente difundida em áreas agro-florestais, possuindo uma grande capacidade de adaptação às trocas ambientais; sendo assim, mostra-se como uma das espécies que mais promovem preocupação em relação aos danos provocados dentro do gênero. Elas constróem ninhos dos mais variados tamanhos, de acordo com as condições encontradas. Juruema & Cachapuz (1980) relatam que a *Acromyrmex lundii* tem uma coloração preta, as operárias com 7mm de comprimento, e seu ninho apresenta gravetos secos em volta. Foi observado, na área, que elas podem também construir ninhos do tipo “de monte”. O objetivo do presente estudo é avaliar a eficiência de diferentes dosagens do produto ecológico Citromax no controle de *Acromyrmex lundii*.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, constituído por quatro tratamentos, sendo cada tratamento composto por 10 repetições (formigueiros). Os tratamentos estudados foram: (T1) tratamento 1: 5 gramas por ninho de isca formicida Citromax; (T2) tratamento 2: 10 gramas por ninho de isca formicida Citromax, (T3) tratamento 3: 15 gramas por ninho de isca formicida Citromax e (T4) tratamento 4: Testemunha: 10 gramas por ninho de isca Mirex-S (Sulfluramida a 0,3%).

Foram medidas a largura e o comprimento do ninho para a obtenção da área do formigueiros. O tamanho dos formigueiros variou entre 37,0 a 110,0cm de diâmetro. Para avaliar os aspectos preliminares relativos à atividade de carregamento e devolução de iscas, presença de formigas, formigas mortas e movimentação de terra, observou-se todos os formigueiros no 1º, 5º, 10º, 15º e 20º dia após a aplicação dos tratamentos. Na avaliação final, cada formigueiro foi aberto, para certificar-se de que ele se encontrava morto, vivo ou desestruturado. Também foi avaliado o possível

surgimento de novos formigueiros, ou o abandono dos formigueiros na área de estudo. A análise da eficiência dos tratamentos foi realizada através do teste de tukey com 5% de probabilidade de erro.

Não houve correlação significativa entre tamanho de formigueiros e percentual de controle; sendo assim, não houve influência do tamanho dos formigueiros nos resultados dos tratamentos aplicados.

Constatou-se que após 24 horas houve carregamento total de formicida, tanto do Citromax como do Mirex-S. Na oportunidade, avaliou-se a presença de formigas mortas ao lado do formigueiro, observando-se que 90%, 70%, 80% e 40% dos formigueiros, com aplicação de 5g, 10g e 15g (Citromax) e 10g (Mirex-S), apresentaram formigas mortas, respectivamente. Com base nas constatações citadas anteriormente de Mascaro *et al.* (1998), Beraldo & Zanão (1986) e Yamamoto (1970), que a rotenona causa mortalidade das operárias poucas horas após a aplicação, entende-se o motivo do alto número de operárias de *A. lundii* mortas nas primeiras 24 horas avaliadas neste estudo. Em função dessas observações, constatou-se que o produto apresenta atuação de choque, confirmando, dessa forma, resultados de outras pesquisas.

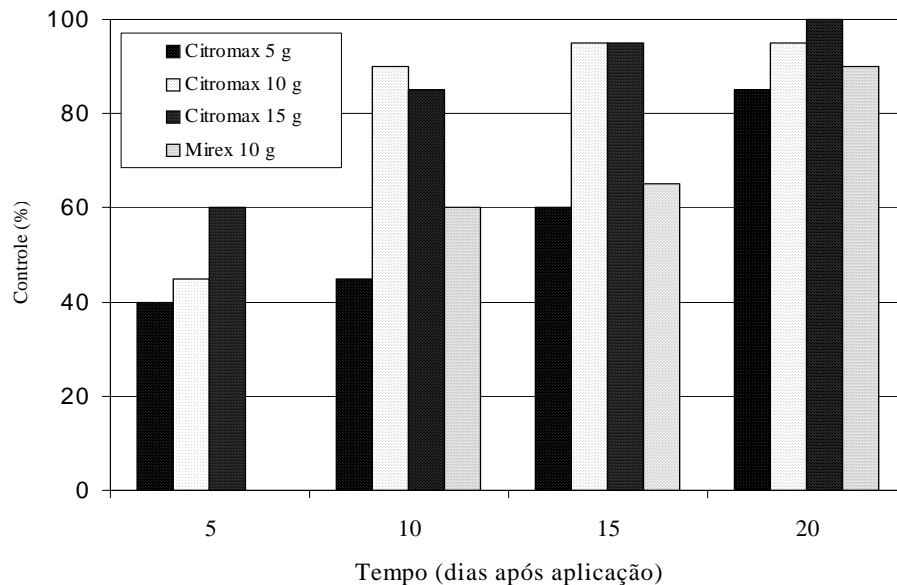


FIGURA 5.2 - Efeito de diferentes dosagens de Citromax no controle de *Acromyrmex lundii* aos 5, 10, 15 e 20 dias após a aplicação, entre fevereiro e março de 2004. Santa Maria - RS, 2005.

Verificou-se que não houve diferença significativa (tukey; $P > 0,05$) para os tratamentos analisados após 20 dias de aplicação, tendo assim o percentual de controle de 85%, 95%, 100% e 90% para as doses de 5g, 10g, 15g de Citromax e 10g de Mirex-S, respectivamente (Figura 5.2).

Loeck & Gusmão (1998) estudando o controle de *Acromyrmex heyeri* e *Acromyrmex ambiguus* com Fluramim (Sulfluramida 0,3%), verificaram que os formigueiros diminuíram progressivamente sua atividade de corte à partir do terceiro dia e que aqueles que ainda foram registrados como ativos no sétimo dia, apresentavam pequeno número de formigas empenhadas nessa atividade. Concluíram que a dosagem de 10g exerce efetivo controle.

Reis Filho & Oliveira (2003) testando subdosagens de isca granulada à base de sulfluramida, relatam que 3,0 gramas eliminaram formigueiros de *Acromyrmex crassispinus*.

Comparando o efeito dos formicidas Citromax 10g e Mirex-S 10g, não observou-se diferença significativa entre as médias dos tratamentos (Tabela 5.1). Entretanto, ambos formicidas apresentaram médias que diferiram significativamente quanto ao parâmetro tempo de controle. Aos 5 dias, observou-se 45% de controle com o formicida Citromax, demonstrando, desta forma, uma rápida ação. No entanto o formicida Mirex-S apresentou um percentual de controle de 60% somente aos 10 dias após a aplicação. Ao final de 20 dias os formicidas Citromax e Mirex-S apresentaram percentuais de controle de 95% e 90%, respectivamente.

TABELA 5.1 - Efeito dos formicidas Citromax e Mirex-S no tempo de controle de *Acromyrmex lundi*, após 20 dias de avaliação. Santa Maria - RS, 2005.

Tratamento	Controle (%)			
	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias
Citromax 10g	45,0 Aa*	90,0 Ab	95,0 Ab	95,0 Ab
Mirex-S 10g	0,0 Aa	60,0 Ab	65,0 Ab	90,0 Ab

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna; e pela mesma letra minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey um nível de 5% de probabilidade de erro.

Procurando-se otimizar a utilização do produto, recomenda-se usar a menor dosagem que apresente controle significativo; no entanto, deve-se levar em conta que uma subdosagem pode causar revoadas ou mudança de formigueiros, características de defesa desse gênero de formigas cortadeiras. No presente estudo, não foi constatadas revoadas ou mudança de formigueiros. Loeck & Gusmão (1998) relatam que formigueiros maiores que receberam a dosagem de 5 gramas ocorreu revoada aos sete dias após aplicação do tratamento, embora fossem considerados inativos. Esses autores relatam ainda, que apesar de não existirem estudos a respeito, acredita-se que as içás, em decorrência da falência do formigueiro, mantenham o instinto de perpetuação da espécie.

5.4 EXPERIMENTO 3 - Efeito da aplicação de diferentes iscas formicidas no controle de *Atta sexdens piriventris* (Hymenoptera: Formicidae)

O gênero *Atta*, que engloba todas as espécies de saúvas, ocorre somente nas Américas, desde o sul dos EUA até o centro da Argentina, no entanto não é encontrado no Chile e nas ilhas das Antilhas. A espécie *Atta sexdens piriventris* Santschi, 1919 (Hymenoptera: Formicidae) é a saúva comum da região sul do Brasil, conhecida no centro do país como saúva-limão-sulina. Há uma vasta distribuição dessa espécie no Rio Grande do Sul, só não ocorrendo no litoral e em alguns municípios do interior, onde o subsolo não permite a construção de seus ninhos. As operárias são de cor parda avermelhada, medem até 11mm de comprimento e exibem uma cabeça rugosa e muito pilosa, com dois tubérculos ou pequenos espinhos de cada lado. O abdome é piriforme e também piloso, opaco na parte superior e com áreas brilhantes dos lados. Seus formigueiros apresentam-se, externamente, com uma área de terra solta que se constituiu na sua sede, onde se encontram numerosos olheiros (Juruema & Cachapuz, 1980). De acordo com Anjos *et al.* (1998), as características morfológicas que servem para diferenciar estas saúvas das outras são: toda a cabeça e o gáster não têm brilho e são mais ou menos pilosos.

Juruema & Gessinger (1980) relatam que *Atta sexdens piriventris* inicia seu trabalho de corte aos 5°C e encerra-o aos 35°C, visto que a faixa de temperatura mais favorável situa-se entre os 15°C e 30°C. Os mesmos autores revelam que a temperatura é o principal fator que regula a atividade externa dessa espécie. Pode-se verificar uma entrada de até 168 folhas por minuto, na temperatura de 27,5°C; em temperaturas mais extremas como 5°C e 35°C, a atividade corresponde aproximadamente a 4 folhas por minuto. No entanto, percebe-se que não se pode associar somente a temperatura à atividade do formigueiro, visto que outros fatores podem influenciar tanto quanto ela, como por exemplo, um dia antes de precipitações, ocorre uma diferença na pressão atmosférica que influi diretamente na atividade do formigueiro.

O objetivo do presente estudo é avaliar a eficiência de diferentes formicidas no controle de *Atta sexdens piriventris*.

Materiais e métodos

O experimento foi instalado no município de São Sepé, na região central do Estado do Rio Grande do Sul. A área é constituída de pastagem nativa e fragmentos de floresta. A região caracteriza-se por apresentar revelo ondulado e raso, clima Cfa 2 de Köeppen, com temperatura média anual de 18,7°C e precipitação média anual de 1.648mm. Podem ocorrer chuvas torrenciais de 141mm, em 24 horas, e geadas de abril a novembro (Brasil, 1973). A classificação do solo é Neossolo Litólico com textura média (Embrapa, 1999).

Para compor os tratamentos, foram localizados e georreferenciados com GPS (Global Position System) Garmin, 24 formigueiros de *A. sexdens piriventris*, em uma área de campo nativo, no município de São Sepé-RS. No experimento, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, constituído por quatro tratamentos, sendo cada tratamento composto por seis repetições (formigueiros). Os tratamentos avaliados foram: tratamento 1 (T1): testemunha sem controle; tratamento 2 (T2): 10 g/m² de isca formicida Citromax (extratos de *Ateleia glazoiviana*); tratamento 3 (T3): 10 g/m² de isca formicida Atta Mex-S (sulfluramida 0,3%); tratamento 4 (T4): 10 g/m² de isca formicida Landrex Plus (Sulfluramida 0,05% + Fipronil 0,003%). A aplicação da isca formicida foi dividida entre os olheiros ativos, que se encontravam em atividade, essa aplicação foi realizada ao lado do carreiro nos olheiros de forrageamento. Na oportunidade, esses olheiros também foram georreferenciados, a fim de verificar-se sua atividade nas avaliações.

Como, na área experimental, foi notada a diferença de atividade no decorrer do dia, as aplicações foram realizadas em horários de fim da tarde.

Após 24 horas da aplicação, foram avaliados o carregamento e a atividade do formigueiro (Tabela 5.2).

TABELA 5.2 - Percentual de carregamento de formicida, após 24 horas de aplicação, em formigueiros de *Atta sexdens piriventris*. Santa Maria - RS, 2005.

Posição GPS Coordenadas UTM	Área m²	Produto	Olheiros ativos	Carregamento (%)
251325 / 6654170	94	Citromax	6	100
251335 / 6654353	27	Landrex Plus	3	100
251493 / 6654114	100	Atta Mex-S	5	80*
251445 / 6655006	54	Testemunha	2	---
251284 / 6655412	56	Citromax	3	90
251242 / 6655587	49	Atta Mex-S	1	95
251275 / 6655635	30	Landrex Plus	2	100
251339 / 6655723	54	Landrex Plus	6	100
251447 / 6655770	36	Testemunha	2	---
258374 / 6653655	54	Landrex Plus	2	100
250971 / 6655479	50	Atta Mex-S	2	100
251300 / 6655738	44	Citromax	2	95
258280 / 6653650	45	Atta Mex-S	3	100
258228 / 6653612	52	Citromax	3	90**
258159 / 6653652	99	Testemunha	2	---
258124 / 6653689	52	Citromax	3	95
258243 / 6653568	75	Landrex Plus	3	100
258252 / 6653461	45	Atta Mex-S	3	90
258302 / 6653667	45	Testemunha	3	---
252459 / 6654963	95	Landrex Plus	3	100
252460 / 6654930	30	Atta Mex-S	3	100
251408 / 6655540	36	Citromax	1	100
252459 / 6654963	60	Testemunha	2	---
252460 / 6654930	49	Testemunha	3	---

* devolução de produto após carregamento.

** parte do produto foi carregado por *Acromyrmex striatus* que forrageava próximo, à área da sede.

Depois de 30 dias, foi realizada uma avaliação para verificar a situação dos carreiros e a atividade de limpeza dos formigueiros. Aos 60 e 90 dias, foi realizada uma avaliação da área de terra solta dos formigueiros e a atividade dos olheiros, fora da sede onde havia sido aplicado o formicida.

Na avaliação de eficiência, foram verificados dois fatores: sede aparente ativa (SAA) e sede aparente inativa (SAI), ou seja, se a área de terra solta do formigueiro apresentava-se igual, como na aplicação do produto, ou se não havia mais remoção de terra. Também avaliou se os olheiros com carreiros, onde havia sido aplicado o tratamento, estavam ativo (OA) ou inativo (OI). No fim dos 90 dias, avaliou-se a atividade dos formigueiros.

O formicida Landrex Plus (T4) apresentou carregamento de 100%, Citromax (T2) de 95%, e Atta Mex-S (T3) de 94,2%, não havendo diferença significativa ao nível de 5% de erro.

Um formigueiro com repetição do formicida Atta Mex-S (T3), apresentou devolução de parte do produto após 24 horas de aplicação, essa devolução foi dada em um olheiro de limpeza, localizado a uma distância de dois metros do carreiro, onde havia sido aplicado o formicida.

Outro formigueiro, com repetição do formicida Citromax (T2), apresentou uma quantidade de produto colocado nas proximidades, cerca de 50 cm distante do carreiro, onde havia sido aplicado, esse fato leva a acreditar que o produto foi devolvido pelas operárias de *Atta sexdens piriventris*, no entanto o fato de o produto ter sido carregado com alta atividade por operárias de *Acromyrmex striatus*, deixa a dúvida. Foi notada uma briga entre operárias das duas espécies, no carreiro da saúva, esse acontecimento sinaliza que o formicida interessa aos dois formigueiros e, pois, mesmo estando distante cinco metros do ninho da quenquém, ela entrou em disputa pelo material.

Uma grande dificuldade enfrentada pelo presente estudo, foi definir se os olheiros de forrageamento, que muitas vezes se encontram até 50m de distância da sede aparente do formigueiro, pertenciam a um ou a outro formigueiro. Zanetti *et al.* (2003b) concluíram que não existe diferença na eficiência de controle de *Atta sexdens rubropilosa*, quando à aplicação do produto é feita nos olheiros sobre os montes ou nos olheiros de abastecimento, ou seja, é indiferente aplicar no olheiro de trabalho ou no monte de terra solta.

TABELA 5.3 - Eficiência dos tratamentos no controle de *Atta sexdens periventris*, ao ser avaliada a atividade da sede aparente (SA) e do olheiro de forrageamento (O). Santa Maria-RS, 2005.

Tratamento	Área (m ²)	60 dias		90 dias		Avaliação Final
		SA	O	SA	O	
Testemunha (T1)	54	A	A	A	A	Ativo
	36	A	A	A	A	Ativo
	99	A	A	A	A	Ativo
	45	A	A	A	A	Ativo
	60	A	A	A	A	Ativo
	49	A	A	A	A	Ativo
Citromax (T2)	94	I	I	I	I	Inativo
	56	I	I	I	I	Inativo
	44	I	I	I	I	Inativo
	52	I	I	I	I	Inativo
	52	I	A	I	A	Ativo
	36	I	A	I	I	Inativo
Atta Mex-S (T3)	100	A	A	A	A	Ativo
	49	A	I	I	I	Inativo
	50	I	A	I	I	Inativo
	45	I	I	I	I	Inativo
	45	I	I	I	I	Inativo
	30	I	I	I	I	Inativo
Landrex Plus (T4)	27	I	I	I	I	Inativo
	30	I	I	I	I	Inativo
	54	I	I	I	I	Inativo
	54	I	I	I	I	Inativo
	75	I	I	I	I	Inativo
	95	I	I	I	I	Inativo

Quanto aos resultados de eficiência no controle, devido ao baixo número de saueiros na região, necessitou-se de uma grande área de estudo para aplicar as 24 repetições dos tratamentos. De acordo com Loeck *et al.* (2001), a distribuição de *A. sexdens periventris* na região Sul, é rara e acidental. Assim, as seis repetições podem não ser suficiente para determinar o percentual no controle de cada tratamento. No entanto, comparando os produtos, comprova-se que a eficiência do Citromax foi semelhante a dos principais princípios ativos (sulfluramida e fipronil), comercializados atualmente (Tabela 5.3).

Zanuncio *et al.* (2002b) destacam a eficiência de Mirex-s (sulfluramida 0,3%) e Blitz (fipronil 0,003%), na dosagem de 10g/m² para o controle de *Atta sexdens rubropilosa* e descrevem que todos os formigueiros paralizaram suas atividades de corte aos dez dias e o controle foi de 90% aos 150 dias após sua aplicação; em vista disso, os autores concluíram que ambos podem ser recomendados para o controle dessa formiga cortadeira. Resultados semelhantes foram obtidos por Forti *et al.* (1997) e Nagamoto & Forti (1997) com *Atta sexdens rubropilosa* e outras espécies desse gênero, com iscas formuladas à base de Sulfluramida e Fipronil, respectivamente, elas confirmam o grande potencial desses produtos no controle de formigas cortadeiras, mesmo quando formulados em baixas concentrações.

Peres Filho & Dorval (2003b), ao compararem iscas formicidas comercializadas com outras fabricadas artesanalmente à base de gergelim (*Sesamum indicum*), no controle de *Atta sexdens rubropilosa*, concluíram que as iscas à base de Sulfluramida e de Fipronil atingiram o controle máximo na avaliação dos 30 dias, enquanto as iscas à base de folhas de gergelim (15%) apresentaram controle satisfatório só a partir da terceira avaliação (90 dias). Os autores ressaltam que esta isca apresenta-se como uma alternativa no controle de formigas cortadeiras.

Em áreas de histórico uso de iscas à base de sulfluramida, com aplicações realizadas com subdosagem ou práticas equivocadas, muitas vezes, é notada a devolução do produto. Iscas com a soma de princípios ativos pode ser uma solução inovadora, para maximizar a eficiência do combate. Essas iscas com baixas concentrações desses princípios podem tornar o produto mais competitivo economicamente e menos prejudicial ao ambiente.

O tempo necessário para definir a mortalidade de um saueiro varia entre as pesquisas cujas práticas foram realizadas com formicidas. Laranjeiro e Zanuncio (1995b) também avaliaram a eficiência aos 90 dias por outro lado, Zanetti *et al.* (2003c), Zanuncio *et al.* (2002), entre outros, avaliaram aos 150 dias; finalmente Zanuncio *et al.* (1995) avaliaram aos 210 dias após a aplicação do produto. Como não foram realizadas escavações para verificar a mortalidade das formigas, o presente estudo conclui sobre a eficiência dos tratamentos, de acordo com a atividade ou não do formigueiro. Assim, aos 90 dias após a avaliação, o tratamento testemunha apresentou 100% de saueiros

ativos. Os tratamentos T2 (Citromax) e T3 (Atta-Mex-s) apresentaram 83,3% de saueiros inativos e o tratamento T4 (Landrex Plus) apresentou 100% de saueiros inativos.

Segundo Delabie (1989), iscas formicidas são consideradas eficientes quando o nível de atividade dos formigueiros é reduzido, pelo menos, em 80%. Em face disso, os tratamentos com eficiência abaixo desse valor, não devem ser recomendados.

5.5 Conclusões

Pelos resultados dos presentes estudos, pode-se concluir que:

- Não há relação entre o tamanho dos formigueiros de *Acromyrmex heyeri* e *Acromyrmex lundii* com dose do formicida empregado.
- O Citromax, na dose de 10g de isca controla 100% dos formigueiros de *Acromyrmex heyeri* e de *Acromyrmex lundii*.
- Na mesma dosagem de isca, o Citromax tem ação mais rápida sobre o formigueiro de *Acromyrmex lundii*, em relação ao formicida Mirex-S.
- Os formicidas Citromax, Atta Mex-S e Landrex Plus apresentaram um percentual de carregamento para *Atta sexdens piriventris* após 24 horas, de 95%, 94,2% e 100%, respectivamente.
- Após 90 dias, a inatividade de *Atta sexdens piriventris* pelos formicidas Citromax, Atta Mex-S e Landrex Plus foi de 83,3%, 83,3% e 100%, respectivamente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação da tecnologia SIG/GPS, no controle de formigas cortadeiras (*Acromyrmex* e *Atta*), apresenta um resultado de alta confiabilidade, confirmando que o manejo integrado de pragas (MIP) de precisão é possível em sistemas florestais.

A geração de mapas georreferenciados permite visualizar a intensidade e a distribuição espacial dos formigueiros, o que facilita as tomadas de decisões operativas para posteriores intervenções. Nesses mapas, pode-se determinar qual talhão é necessário para intensificar as passadas de combate; determinar a quantidade de pessoas e de ferramentas necessárias em cada caso; gerar um cronograma calculando distâncias, tempo de execução das tarefas, e conseqüentemente, os gastos; elaborar um esquema de controle, considerando a densidade esperada de formigueiros por hectare e as espécies presentes; definir épocas de monitoramento e intensidade amostral; planejar o uso de formicidas a serem utilizados e as dosagens adequadas.

Os resultados apresentados, nos cinco capítulos deste trabalho, são fundamentais ao conhecimento que possibilita implementar o MIP de precisão, desde o conhecimento das espécies que influenciará na voracidade e conseqüentemente, no dano causado, relacionando-se ainda a interação formiga e *Pinus*, passando pela forma de amostragem que reflete nas tomadas de decisões e, finalmente, nas formas de combate-las.

Finalizando, este trabalho representa um desafio ao constituir-se em uma inovação nos sistemas florestais e no manejo integrado de pragas, possibilitando um MIP de precisão, no marco de uma silvicultura de precisão.