

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**DIMENSÕES DO ORIFÍCIO DE ABASTECIMENTO E ÁREA REAL DE
SAUVEIROS DE *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE),
PRECISÃO DOS MÉTODOS E IMPLICAÇÕES NO CONTROLE COM ISCAS
FORMICIDAS**

FERNANDO HENRIQUE MORENO DE OLIVEIRA DEL PIERO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

BOTUCATU – SP

Agosto – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**DIMENSÕES DO ORIFÍCIO DE ABASTECIMENTO E ÁREA REAL DE
SAUVEIROS DE *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE),
PRECISÃO DOS MÉTODOS E IMPLICAÇÕES NO CONTROLE COM ISCAS
FORMICIDAS**

FERNANDO HENRIQUE MORENO DE OLIVEIRA DEL PIERO

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken

Co-orientador: Dr. Reginaldo Gonçalves Mafia

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Campus
de Botucatu, para a obtenção do título de
Mestre em Ciências Florestais.

BOTUCATU – SP

Agosto – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

D331d Del Piero, Fernando Henrique Moreno de Oliveira, 1979-
Dimensões do orifício de abastecimento e área real de
sauveiros de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera:
Formicidae), precisão dos métodos e implicações no controle
com iscas formicidas / Fernando Henrique Moreno de Oliveira
Del Piero.- Botucatu :[s.n.], 2012
v, 92 f. : il., color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012
Orientador: Carlos Frederico Wilcken
Co-orientador: Reginaldo Gonçalves Mafia
Inclui bibliografia

1. Formiga cortadeira - Controle. 2. Manejo florestal.
3. Impacto ambiental. 4. Defensivos agrícolas. I. Wilcken,
Carlos Frederico. II. Mafia, Reginaldo Gonçalves III. Uni-
versidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Cam-
pus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III.
Titulo.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO: “DIMENSÕES DO ORIFÍCIO DE ABASTECIMENTO E ÁREA REAL DE SAUVEIROS DE *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE), PRECISÃO DOS MÉTODOS E IMPLICAÇÕES NO CONTROLE COM ISCAS FORMICIDAS”

ALUNO: FERNANDO HENRIQUE MORENO DE OLIVEIRA DEL PIERO

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS FREDERICO WILCKEN

ORIENTADOR: DR. REGINALDO GONÇALVES MAFIA

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS FREDERICO WILCKEN



PROF. DR. LUIZ CARLOS FORTI



PROF. DR. JOSÉ COLA ZANUNCIO

Data da Realização: 31 de agosto de 2012.

Ofereço à...

...minha mãe, Maria de Lourdes Moreno, e...

...minha esposa, Luciana Caron Del Piero Moreno.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken, FCA/UNESP, e Dr. Reginaldo Gonçalves Mafia, Fábria Celulose S/A, pelas orientações, companheirismo e difusão do conhecimento.

A Augusto Tarozzo, gerente comercial da Atta Kill Ind. e Com. de Defensivos Agrícolas Ltda, pelo companheirismo e apoio nos momentos cruciais desta pesquisa.

Aos técnicos de campo João Bosco da Silva e Jurandir Benedito da Silva, da Fábria Celulose S/A, pelo auxílio nas longas atividades de campo.

Às famílias Moreno e Del Piero pelo apoio incondicional.

Aos amigos de pós-graduação, graduação e de trabalho pela companhia.

Às empresas Atta Kill Ind. e Com. de Defensivos Agrícolas Ltda e Fábria Celulose S/A por acreditarem nessa pesquisa e fazerem parte dela.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

SUMÁRIO

	RESUMO.....	1
	SUMMARY.....	3
1	INTRODUÇÃO.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1	Distribuição geográfica de <i>Atta</i> spp.....	8
2.2	FORAGEAMENTO POR <i>Atta</i> spp.....	9
2.3	DANOS CAUSADOS POR <i>Atta</i> spp.....	13
2.4	CONTROLE DE <i>Atta</i> spp.....	15
3	<i>Capítulo I: RELAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO DO ORIFÍCIO DE ABASTECIMENTO E A ÁREA REAL DE NINHOS DE Atta sexdens rubropilosa (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) E O CONTROLE VIA TRILHA.....</i>	18
	RESUMO.....	19
	SUMMARY.....	21
3.1	INTRODUÇÃO.....	23
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.2.1	Medição da área real por quadrantes.....	27
3.2.2	Medição dos diâmetros dos orifícios de abastecimento.....	30
3.2.3	Correlação entre o diâmetro do orifício de abastecimento e a área real do saueiro.....	31

3.2.4	Controle dos saueiros via orifício de abastecimento principal.....	32
3.2.5	Monitoramento da atividade de forrageamento e mortalidade dos saueiros.....	34
3.2.6	Análise do forrageamento e paralisação dos saueiros.....	35
3.2.7	Desvio de dosagens.....	35
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
3.3.1	Correlação entre o diâmetro do orifício de abastecimento e a área real do saueiro.....	38
3.3.2	Controle dos saueiros via orifício de abastecimento principal.....	40
3.3.3	Desvio de dosagens.....	48
3.4	CONCLUSÕES.....	51
4.	<i>Capítulo II: PRECISÃO DOS MÉTODOS DE RECOMENDAÇÕES DE DOSES DE ISCAS FORMICIDAS PARA NINHOS DE <i>Atta sexdens rubropilosa</i> (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) E IMPLICAÇÕES NO CONTROLE.....</i>	53
	RESUMO.....	54
	SUMMARY.....	56
4.1	INTRODUÇÃO.....	58
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	62
4.2.1	Medição da área dos saueiros por diferentes métodos.....	62
4.2.1.1	Medição da área aparente pela fórmula da elipse.....	63
4.2.1.2	Medição da área aparente pela fórmula do retângulo.....	63

4.2.2	Controle de saueiros pela área real.....	65
4.2.3	Monitoramento da atividade de forrageamento e mortalidade dos saueiros.....	65
4.2.4	Análise da atividade de forrageamento e mortalidade dos saueiros.....	66
4.2.5	Desvio de mensuração de áreas e desvio de dosagens.....	66
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
4.3.1	Atividade de forrageamento e mortalidade dos saueiros.....	68
4.3.2	Desvio de mensuração de áreas e desvio dosagens.....	74
4.4	CONCLUSÕES.....	82
5	REFERÊNCIAS	83

RESUMO

O setor florestal traz importantes divisas à economia nacional, com exportações de celulose, papel, painéis modificados, produtos siderúrgicos e outros, com o eucalipto como principal matéria prima. O sucesso no manejo dessa espécie depende do controle de formigas cortadeiras, sua principal praga. O controle de saueiros pelos orifícios de abastecimento ou trilha é comum no setor florestal, quando não é possível medir o saueiro, por estar descaracterizado por máquinas florestais durante a colheita ou plantio ou não estar acessível, como em áreas de preservação permanente ou outra propriedade. O controle localizado de ninhos, baseado na medição da área aparente multiplicando-se as maiores largura e comprimento, é realizado com 10 gramas de isca formicida por metro quadrado. No entanto saueiro com área aparente irregular ocasiona desvios nas dosagens. O objetivo deste trabalho é estabelecer uma correlação entre o diâmetro do orifício de abastecimento e a área real de saueiros de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) para se definir a dosagem adequada às colônias, e dimensionar a precisão de três métodos de controle localizado em plantios de eucalipto, pela medição da área aparente do retângulo ou método convencional, área aparente da elipse e dose única DU 6-50. O método DU 6-50 se baseia na dose única (DU) de seis gramas por determinado orifício, com abrangência de 50 cm de raio do orifício dosado, e qualquer outro orifício nessa área não

precisa ser dosado. Essa pesquisa busca aperfeiçoar o controle de formigas cortadeiras, pela racionalização do uso de defensivos agrícolas e redução de impactos ambientais, atendendo as condicionantes do FSC – Forest Stewardship Council, aumentar a eficiência no controle e reduzir custos com mão-de-obra.

Palavras-chave: formigas cortadeiras, forrageamento, manejo florestal, impacto ambiental e controle químico.

DIMENSIONS OF THE DIAMETER OF SUPPLY HOLE AND TRUE AREA NEST OF *Atta sexdens rubropilosa* FOREL, 1908 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE), PRECISION OF METHODS AND IMPLICATIONS IN CONTROL WITH INSECTICIDE BAITS. 2012. 92p. Dissertation (Master Degree in Forest Science) – School of Agronomic Sciences – São Paulo State University (UNESP)

Author: FERNANDO HENRIQUE MORENO DE OLIVEIRA DEL PIERO

Adviser: CARLOS FREDERICO WILCKEN

SUMMARY

The forestry sector has presented important revenues for Brazilian economy through significant exports of pulp & paper, wood panels, siderurgic products and others. Eucalyptus is the main genus of trees used by forest sector in Brazil. The success in the management of those species depends on control of its main pest, the leaf cutting ant. When the ant nest is accessible, the control is located in and it is based on the apparent ant nest area, through measuring and multiplying the longest for the largest width of the nest. The chemical control using insecticide baits is based in this ant nest area, applying 10 g of bait per m² of the nest area. However, the nest does not occupy the entire apparent area regularly which consequently leads to deviations in the measurements. The objective of this study is to establish a correlation between the diameter of the supply hole and the real area of *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) nests and to set the appropriate dosage to the colonies, and sizing precision of three methods of locate in control in *Eucalyptus* plantations, by measuring the apparent nest area (conventional method), apparent area of the ellipse and a single dose DU 6-50. The method DU 6-50 is based on single dose (DU - abbreviation for single dose in Portuguese) of 6 grams for a hole, which covers the dose to 50 cm radius of the hole dosed, and do not need any other dose in the area scope of the radius.

This research aims to improve the control of leaf-cutting ants, by rationalizing the use of pesticides, and consequent reduction of environmental impacts, in order to attend the constraints of the FSC - Forest Stewardship Council, increase the efficiency of control and reduce labor costs.

Keywords: leaf-cutting ants, foraging, forest management, environmental impact and chemical control.

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal tem contribuído para geração de receitas, arrecadação de tributos, geração de empregos e o desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Divisões importantes da indústria têm como base de matéria-prima as florestas plantadas: celulose e papel, siderurgia e carvão vegetal, painéis de madeira e madeira serrada. O aumento da produtividade dos plantios florestais, com o melhoramento genético e o aperfeiçoamento das técnicas de silvicultura, incluindo manejo de pragas e doenças, é fundamental para se manter o fornecimento de matéria-prima para esses setores crescentes sem aumentar proporcionalmente a área plantada.

O setor de florestal em 2011 alcançou valor bruto de R\$ 53,91 bilhões, 4% superior a 2010. Desses 57 % foram na indústria de celulose e papel. As florestas sustentaram nesse mesmo ano o patamar de 4,51 milhões de empregos, sendo 469 mil empregos diretos, 999 mil empregos indiretos e 3,044 milhões resultantes do efeito-renda. A geração de tributos foi de R\$ 7,6 bilhões em 2011 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, 2012).

A área total de florestas plantadas de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. atingiram em 2010, respectivamente 73% e 27%, do total de 6.310.450 ha, apresentando

crescimento de 3,2 % em relação ao total de 2009 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, 2011).

A produtividade de florestas de *Eucalyptus* e *Pinus* atingiu 41,3 e 37,6 m³/ha/ano, respectivamente (ABRAF, 2011), porém esta pode ser comprometida por pragas nativas, como formigas cortadeiras (AMANTE, 1967; HERNANDEZ & JAFFÉ, 1995), cupins (WILCKEN, 1992), lepidópteros e coleópteros (GALLO et al., 2002), sejam elas exóticas, como o percevejo bronzeado do eucalipto *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) (WILCKEN et al., 2009), a vespa-da-galha *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) (WILCKEN & BERTI-FILHO, 2010), o gorgulho do eucalipto *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) (WILCKEN et al., 2008), *Phoracantha recurva* Newman (Coleoptera: Cerambycidae) (WILCKEN et al., 2002) e o psílideo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae).

Formigas cortadeiras são as principais pragas da agricultura na região neotropical (WHEELER, 1907). No Brasil, essas espécies são as maiores causadoras de danos aos cultivos, as quais podem atacar pastagens (LAPOINTE, 1993; OLIVEIRA et al., 2002), canaviais (PRECETTI et al., 1988), citros (WETTERER, 1990) cacauzeiros (ABREU & DELABIE, 1986, 1987), cafezais (VARON et al., 2007), plantios de sorgo e milho (DANS et al., 2009), de mandioca (BERTORELLI et al., 2006) e plantios florestais de eucalipto e pinheiro (AMANTE, 1967; HERNÁNDEZ & JAFFÉ, 1995), além de outros cultivos (SOUZA, 1965; MARICONI, 1970).

Formigas cortadeiras são polípagos, por localizarem, cortarem e transportarem para o ninho partes vegetais de plantas agrícolas, geralmente exóticas (MARICONI, 1970), e espécies nativas da flora neotropical (CHERRETT, 1968, 1972; ROCKWOOD, 1975, 1976, 1977; COSTA et al., 2008). Espécies dos gêneros *Atta*, *Acromyrmex*, *Trachymyrmex* e *Sericomyrmex*, e outras da tribo Attini são fungívoras se considerar o hábito alimentar (CHAPELA et al., 1994). Espécies de *Acromyrmex* e *Atta* cultivam o fungo *Leucoagaricus gongylophorus* com o material vegetal colhido, e se alimentam desses fungos (WEBER, 1966). No entanto operárias de *Atta cephalotes* e *Acromyrmex octospinosus* alimentam-se diretamente da seiva das plantas ao realizar a atividade de corte (LITTLEDYKE & CHERRET, 1976).

O fungo simbiote cresce naturalmente nas câmaras dos ninhos das formigas (BELT, 1868 apud. WEBER, 1966). Mas esse autor propôs que as formigas cortam e carregam os fragmentos vegetais para os ninhos para cultivar o fungo e se alimentarem. Apenas em 1941 Alfredo Moeller estudou minuciosamente a relação fungo-formiga e propôs a descrição do fungo como *Rhizites gongylophora* (apud DELLA LUCIA & SOUZA, 2011).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Distribuição geográfica de *Atta* spp.

Formigas cortadeiras são exclusivas das Américas, sendo 95% das espécies da região neotropical e 5% são da região neártica (MAYHÉ-NUNES & JAFFÉ, 1998).

A distribuição do gênero *Atta* vai de 33° N a 33° S (MARICONI, 1970; DELABIE et al., 2011), com 15 espécies, das quais 73% na parte sul da América do Sul (10° S a 33° S), sendo 47% dessas mesmas espécies endêmicas dessa região (MAYHÉ-NUNES & JAFFÉ, 1998). O Brasil tem 10 espécies e três subespécies descritas de *Atta*, incluindo *Atta cephalotes*, *Atta laevigata* e *Atta sexdens rubropilosa*, esta última uma das três subespécies de *Atta sexdens* (DELLA LUCIA et al., 1993).

A distribuição da “saúva-da-mata” *Atta cephalotes* (KEMPF, 1972) abrange Guianas, México, Honduras, Costa Rica, Panamá, Colômbia, Equador, Peru, Bolívia, Venezuela, arquipélagos de Trinidad e Tobago, Barbados e Brasil, nos estados de RO, AM, AC, PA, MA, PE, BA, MT e RR (MARICONI, 1970; DELLA LUCIA et al., 1993). A.

cephalotes é a espécie do gênero *Atta* melhor distribuída, latitude 20° N até 20° S (MAYHÉ-NUNES & JAFFÉ, 1998). *A. cephalotes* tem nidificado em áreas remanescentes de floresta úmida da Mata Atlântica, plantios de cacau, capoeiras, florestas primárias e secundárias e plantios de eucalipto (CHERRETT, 1968; DELABIE, 1990; ZANUNCIO et al., 1996b; DELABIE et al., 1997, 2007).

A distribuição de *Atta leavigatta* abrange Colômbia, Venezuela, Guianas, Bolívia, Paraguai e Brasil, nos estados de RO, AM, AC, PA, MA, PI, CE, PE, AL, SE, BA, GO, MT, MG, RJ, SP e PR, *Atta sexdens rubropilosa* ocorre na Argentina (região de Misiones), Paraguai e Brasil, nos estados de MT, MS, GO, MG, ES, RJ, SP e PR (KEMPF, 1972). *A. laevigata* e *A. sexdens* têm distribuição entre 10° N e 25° S (MAYHÉ-NUNES & JAFFÉ, 1998).

2.2 Forrageamento por *Atta* spp.

Formigas cortadeiras realizam o forrageamento para fornecer material vegetal ao fungo. A tomada de decisão de cortar determinada planta acontece a nível individual como uma resposta positiva ou negativa a nível coletivo para iniciar ou não o forrageamento. No forrageamento são aspectos que devem ser considerados: A distribuição espacial do forrageamento; o tipo e a quantidade de vegetação coletada pelas forrageiras (cortadeiras/carregadeiras); e frequência no forrageamento (intensidade) durante o período de um dia (ROCES, 2002). A eficiência desses processos envolve variáveis como estado nutricional e idade da planta, quantidade de água nas folhas e outras partes vegetais, substâncias atraentes e repelentes, distância e altura das plantas hospedeiras, resistência das folhas ao corte, largura da trilha, tráfego no trilha, tamanho da formiga cortadeira/carregadeira, peso do fragmento vegetal cortado, horário do forrageamento, sazonalidade, predação por inimigos naturais, formigas “caronas” e outros. Alguns desses serão discutidos melhor.

A saúva da mata, *A. cephalotes*, não deixa cair no solo o material vegetal cortado, as mesmas formigas que cortam, carregam os fragmentos vegetais (GALLO et al., 2002), e seu ritmo de forrageamento muda no decorrer do ano (LEWIS et al., 1974a). A

variação diária dessa espécie mostra 72% das ocorrências no período noturno, sobretudo no crepúsculo e nas primeiras horas da noite, quando atingem o pico de forrageiras recrutadas (LEWIS et al., 1974a), corroborando com Cherrett (1968) e Yackulic & Lewis (2007). *A. cephalotes* apresentou três períodos de forrageamento: matutino, crepuscular e noturno, respectivamente com 41, 106 e 45 dias, com maior número de horas nas noites (12 horas) do que nos dias (7,5 horas), mas sem relação do forrageamento com a luminosidade – fotoperíodo ou fases da lua (LEWIS et al., 1974a). O forrageamento está mais correlacionado com a temperatura, entre 21,5 a 27,5°C (LEWIS et al., 1974b) e 20 a 25° C (CHERRETT, 1968). Pressão atmosférica e gradientes de temperatura não interferem no forrageamento (LEWIS et al., 1974b). O forrageamento é mais intenso com a umidade relativa do ar mais alta (CHERRETT, 1968; LEWIS et al., 1974b). No entanto a influência de fatores como a necessidade de provisão para a prole em determinado período e horário que as plantas apresentam fisiologicamente maiores quantidades de aminoácidos e açúcares nas folhas não são descartados (LEWIS et al., 1974b).

O ritmo de forrageamento de ninhos distantes ou pertos, no mesmo habitat ou não, ou em trilhas do mesmo saubeiro, não apresenta sincronia bem definida indicando que os fatores ambientais não são os únicos que influenciam no forrageamento (LEWIS et al., 1974a).

Formigas podem cortar grande quantidade de plantas, mas preferem algumas espécies. *Atta cephalotes* na Amazônia guianense em 58 dias cortou 50% das 72 espécies de plantas (arbustivas, arbóreas e lianas) em um raio de 78 m, sendo que das 36 espécies atacadas, algumas tiveram uma maior frequência de ataques em número de indivíduos e número de ataques, sendo 25% das plantas cortadas mais de uma vez, e uma árvore explorada por 19 noites seguidas. Plantas mais próximas ao ninho não foram atacadas, indicando um sistema de forrageamento conservacionista, para racionar a exploração dos recursos ao redor do ninho, porém a agricultura rompe este padrão, devido à redução da diversidade e o aumento relativo da atratividade dos cultivares, o que dá as formigas o status de praga (CHERRETT, 1968).

O total de forrageiras nas trilhas ou carreiros em direção ao ninho mostrou taxa de forrageamento em *A. cephalotes* de 87% de formigas carregando fragmentos

vegetais e 13% sem nenhuma carga (LEWIS et al., 1974a). Em outra pesquisa apenas 42% das forrageiras carregavam fragmento vegetal, sendo 49,1% pedaços de folhas novas, 43,83% flores, 3,56% folhas mortas no liter, 0,34% pequenos galhos, 0,34% formigas caronas e 2,82% material com micélios (CHERRETT, 1972). O peso médio por fragmento para flores e folhas foi, respectivamente, 16,8 e 20,5 mg, e parte das formigas trafegavam sem carga (2,5% a 6%), fazendo a abertura e manutenção das trilhas (HOWARD, 2001), e outra parte eram caronas, com funções distintas e representando 5,9% do gasto energético no forrageiro (YACKULIC & LEWIS, 2007).

O hábito de carregar formigas caronas pode ser explicado por quatro hipóteses: formigas caronas pode ser um mecanismo para conservação de energia; caronas podem estar envolvidas na limpeza da folha e defesas contra fungos patogênicos; ajudam na defesa das formigas maiores (forrageiras) contra parasitóides, como moscas forídeas; e caronas se alimentam de seiva das folhas cortadas durante o percurso. As forrageiras que carregam caronas são maiores, ou seja, podem carregar mais carga, e têm maior frequência de forrageamento durante a noite, quando estão mais sujeitas ao parasitismo, e as caronas são responsáveis por sua defesa. As caronas representam 12% da carga do forrageamento, 2,6% da taxa energética gasta (YACKULIC & LEWIS, 2007).

A velocidade de transporte de fragmentos de folhas por *A. cephalotes*, mostram ser maiores em trechos planos e declives, e em subida acentuada (45° e 90°) as formigas adequam a carga ao trecho mais lento, com carga 20% menor (LEWIS et al., 2008). A velocidade de percurso de forrageiras sem cargas foi de 1 m.min⁻¹ nas subidas verticais de troncos de árvores e de 1,2 m.min⁻¹ na descida com carga (LEWIS et al., 1974a). A porcentagem de ocorrências de corte dessa praga foi de 20% em folhas da serrapilheira, 28% nas alturas de 0 a 3 m e 37% acima de a 12 m (CHERRETT, 1968).

A velocidade de corte varia com o tamanho das formigas, sendo que as maiores cortam mais rápido, e varia com a espessura e resistência da planta ao corte, podendo essa velocidade ser de 1 a 4 minutos/fragmento vegetal (CHERRETT, 1972; LEWIS et al, 1974a).

A velocidade de percurso é de 2 m.min⁻¹ para forrageiras sem cargas em direção ao recurso e 1,2 m.min⁻¹ no retorno com carga com baixo tráfego nas trilhas, e de

1,4 m.min⁻¹ e 1 m.min⁻¹ com tráfego intenso, respectivamente. A velocidade de percurso não diminui para percorrer grandes distâncias ou para forrageiras menores, que adéquam o tamanho do fragmento aos respectivos tamanhos. A velocidade de percurso das formigas impacta menos no volume que o número de formigas carregando alguma carga. A taxa de fragmentos vegetais transportados mudou, sendo inversamente proporcional, de 100 a 120 fragmentos vegetais/minuto com tráfego intenso e 10 a 20 fragmentos vegetais/minuto com pouco tráfego (LEWIS et al., 1974a). As formigas expandem lateralmente as trilhas com a necessidade de tráfego (DUSSUTOUR et al., 2007). O tempo de retorno de uma forrageira à trilha após entrar no ninho pode ser menor que 10 e maior que 60 min, e com maior frequência entre 10 e 30 min, o tempo para as formigas completarem uma jornada no ciclo de forrageamento é de três a cinco horas, possibilitando cada indivíduo completar apenas duas a três jornadas por ciclo de forrageamento (LEWIS et al., 1974a).

As trilhas são fundamentais para atividade de forrageamento de formigas cortadeiras, podendo durar meses ou anos. *Atta* constroem trilhas mais extensas e visíveis, desobstruídas parcialmente ou totalmente para facilitar a locomoção entre o trajeto ninho-recurso, e vice-versa (ROCKWOOD & HUBBELL, 1987). A construção e manutenção tem custo energético para as saúvas, pois o tempo médio para remover um quilograma de resíduo vegetal é 3.359 formigas-hora e energia de 4,6 kJ para *Atta colombica*. Essa atividade é realizada por operárias maiores (largura da cabeça de 2,2 a 2,9 mm), porém menores do que os soldados (operárias maiores: largura da cabeça ≥ 3 mm). Explicado pela necessidade das formigas cortarem materiais vegetais antes de removê-los do caminho (HOWARD, 2001). Forrageiras maiores de *A. cephalotes* estão mais aptas a cortarem fragmentos vegetais mais densos, espessos ou com maior resistência ao corte (CHERRETT, 1968).

Colônias fizeram a manutenção de trilhas com 267 m de extensão total e área de 16,5 m², construíram 2,7 km de trilhas e área de 134 m² em um ano, aproximadamente 5% da população do saúveiro para essa tarefa (HOWARD, 2001). Apesar do custo alto, seria pior trafegarem por trilhas com obstáculos, com custo de 4 a 10 vezes maior que trilha desobstruída (ROCKWOOD & HUBBELL, 1987).

O uso das trilhas varia de acordo com o tempo e formigas usam mais intensamente algumas que outras em determinados períodos (CHERRETT, 1968).

Formigas exploradoras, conhecidas como escoteiras ou batedoras iniciam a atividade de forrageamento, saem do ninho, percorrem trilhas, saem poucos metros dessa trilha e identificam a planta a ser cortada e retornam à trilha e ao saueiro. Pouco tempo depois o fluxo de formigas forrageiras direciona-se ao corte (LEWIS et al., 1974b). Com pico de atividade duas a três horas depois (LEWIS et al., 1974a).

A distância máxima percorrida por *A. cephalotes* para o forrageamento ficou entre 250 m (LEWIS et al., 1974a). As maiores frequências foram de 31,3 a 46,8 m e 46,9 a 62,4 m, representando 136% da distância direta (ponto medido em linha reta do olheiro à planta cortada). Área de forrageamento de aproximadamente 1,9 ha, para um saueiro de 56 m² (CHERRETT, 1968). Quanto maior o saueiro maior é a capacidade de construir trilhas e forragear a distâncias maiores (LEWIS et al., 1974a).

Há correlação entre o número de folhas cortadas e carregadas por formigas e a medida da trilha (FOWLER, 1978). A capacidade de forrageamento de *Atta colombica* e o tráfego nas trilhas mostrou relação, sugerindo que são alargados com o aumento do número de formigas no forrageamento, que se deve ao aumento da população do saueiro, o qual se faz necessários mais recursos (DUSSUTOUR et al., 2007).

2.3 Danos causados por *Atta* spp.

Preocupações com danos por formigas cortadeiras existem desde o descobrimento do Brasil, e algumas capitâneas houve decretos legais para o controle dessas pragas (MARICONI, 1970).

Os gêneros mais conhecidos de formigas cortadeiras são *Atta* e *Acromyrmex*, com as espécies causadoras dos maiores danos à agricultura e às florestas plantadas. Contudo, formigas cortadeiras são importantes na ciclagem de nutrientes, por mudarem a estrutura química e física do solo (MOUTINHO et al., 2003; SOUSA-SOUTO et al., 2008; MEYER et al., 2011)

Foram desenvolvidas metodologias para determinar os danos por formigas cortadeiras, sobretudo *Atta* spp., sendo as mais usuais: estimativa por conversão do

material vegetal forrageado por resíduo produzido (AUTUORI, 1947; JUNKMAN, 1977; SOUSA-SOUTO et al., 2007); estimativa por quantificação dos fragmentos vegetais cortados e transportados durante o forrageamento em período estabelecido (CHERRETT, 1972; LEWIS et al., 1974; HOWARD, 2001); estimativa por exclusão, através das perdas de produção em uma área com infestação em relação à outra sem infestação (ROBINSON & FOWLER, 1982).

A conversão de material forrageado por lixo produzido mostrou que um ninho de *A. sexdens rubropilosa* de seis anos e três meses, com aproximadamente 100 m², desde sua fundação pela rainha até essa idade, forrageou 5.892,48 kg de folhas durante os seis anos, correspondendo 2,69 kg.dia⁻¹, com fator de conversão de 12,4/1, ou seja, seriam necessários 12,4 quilos de material vegetal para cada quilo de lixo produzido (AUTUORI, 1947). Para *Acalypha wilkesiana* e *Bauhinia variegata*, esse fator de conversão foi de 1,45 e 1,63, respectivamente. Colônias mantidas com folhas de baixa qualidade (elevada razão lignina/celulose) forragearam mais e produziram mais lixo (SOUSA-SOUTO, 2007). Isto pode ser um dos motivos das formigas cortarem materiais mais tenros (CHERRETT, 1972). As estimativas por quantificação dos fragmentos vegetais cortados e transportados durante o forrageamento mostraram que um ninho de *A. cephalotes* de 56 m² consumiu 0,697 kg.dia⁻¹ de material vegetal fresco (CHERRET, 1972). Este autor e Autuori (1947) estimaram valores de consumo com metodologias diferentes, além de se tratar de espécies diferentes com tamanho e estrutura de ninhos diferentes.

Perdas por *A. sexdens rubropilosa* em plantios de *Eucalyptus alba* de seis anos de idade foi de 118 metros estéreos e 14% do volume por hectare. Perdas em *Pinus* spp. foi de 4,8 m³ e 14,5% do volume por hectare, sendo necessárias 86 árvores de *Eucalyptus* ou 161 árvores de *Pinus* para abastecer de material vegetal fresco um saueiro de três anos de idade durante um ano (AMANTE, 1967), considerando o fator de conversão de Autuori (1947).

2.4 Controle de *Atta* spp.

Atta sexdens rubropilosa, *A. sexdens sexdens*, *A. laevigata* e *A. cephalotes* são as maiores causadoras de danos aos plantios florestais.

Para controlar formigas cortadeiras são necessárias constância no combate e vigilância sobre a propriedade durante todo o ano (AMANTE, 1967). O controle deve ser econômico e eficiente, considerando a fase silvicultural, porte do sub-bosque, topografia, grau de infestação, espécies de formigas e procedimentos como aplicação dos produtos, periodicidade do controle, integração com outras operações, sistema de programação do controle e monitoramento (sistema de acompanhamento e tomada de decisão) (LARANJEIRO, 1994).

Para o controle localizado dos ninhos de formigas cortadeiras com iscas formicidas medem-se o maior comprimento, e na perpendicular dessa medida, a maior largura, multiplicam-se os valores se obtém a área aparente do saueiro. A dose recomendada é de 10 g por m² de saueiro (MARICONI, 1970; BRASIL, 2012; ATTA-KILL, 2012).

O eficiente controle de formigas cortadeiras é feito por iscas granuladas a base de sulfluramida (N-etil perfluoroctano sulfonamida) (ZANUNCIO et al., 1992, 1993, 1996b, 1997) ou pela termonebulização, com inseticida de contato a base de clorpirifós (ZANETTI et al., 2008). Este último método tem maior impacto ambiental e risco de danos à saúde do operador, além de ser extremamente tóxico (FERSOL, 2012).

Iscas formicidas à base de sulfluramida (0,3%) demonstrou eficiência no controle das principais espécies de saúva: *A. sexdens rubropilosa* (LARANJEIRO & ZANUNCIO, 1995), *A. laevigata* (ZANUNCIO et al., 1992, 1996a; ALVES et al., 1996, 1997), *A. cephalotes* (ZANUNCIO et al., 1996b) e *A. bisphaerica* (ZANUNCIO et al., 1993). A sulfluramida é um inseticida de ação lenta e a intoxicação dos insetos ocorre através da digestão, afetando o processo de fosforilação oxidativa e interrompendo a produção de ATP (PINHÃO et al., 1993; FORTI et al., 1998). A sulfluramida apresenta DL₅₀ oral maior que 2000 mg.kg⁻¹, e DL₅₀ dérmica maior que 2000 mg.kg⁻¹ (ATTA-KILL, 2011)

Isca formicida à base de dodecacloro (0,45%) na dose de 10 g/m² pode ser substituída pela isca com sulfluramida (0,3%) nas doses de 8 g/m² e 10 g/m² no controle de

ninhos de *A. cephalotes*, com eficiência de controle de 91,7% e 100%, respectivamente (ZANUNCIO et al., 1993).

Iscas formicidas podem ser aplicadas com doses específicas, 8 ou 10 g.m² de área do saueiro, aplicadas a granel com dosadores ou embaladas em porta-isca distribuídas nas áreas de plantios florestais (LARANJEIRO & ALVES, 1987; LARANJEIRO, 1994).

Iscas a granel ou em porta-isca podem ser usadas no controle localizado e sistemático. O controle localizado é realizado diretamente no saueiro, de acordo com seu tamanho, quando os ninhos são localizados. O controle sistemático é realizado com distribuição de uma dose de isca relativamente pequena para uma determinada área, sendo suficientes para controlar saueiros pequenos não visualizados durante o caminhar dos trabalhadores na área.

O controle localizado de saueiros utiliza a área dos saueiros pela medição dos montes de terra solta e estima a dosagem adequada de acordo com o tamanho do ninho. O controle localizado com iscas formicidas a base de sulfluramida apresenta baixo risco aos operadores e ao meio ambiente em função da baixa concentração do princípio ativo no produto, pequena quantidade de produto por área tratada, especificidade para a praga alvo e pouco tempo de exposição à fauna por ser rapidamente carregada pelas formigas cortadeiras para o interior dos ninhos (ALMADO, 2007).

Os controles por área total e área estratificada do saueiro foram mais eficientes que a dose única (ALVES et al., 1996, 1997), mas neste último as dosagens não foram corrigidas (ZANUNCIO et al., 1996a). O método de dose única consiste na aplicação de 6 e 10 gramas de isca por olheiro ativo (LARANJEIRO, 1994; LARANJEIRO & ZANUNCIO, 1995; ZANUNCIO et al., 1996a; LOPES, 1999). A distância mínima entre orifícios ativos para receberem a dose deve ser de 20 cm, ou seja, um orifício não recebe a dosagem se estiver a menos de 20 cm de outro já dosado (LARANJEIRO, 1994; LARANJEIRO & ZANUNCIO, 1995). Atualmente o método de dose única DU 6-50 tem sido observado como boa alternativa para o controle de formigas cortadeiras (DEL PIERO, comunicação pessoal). Este método tem como princípio a dose única (DU) de seis gramas para

determinado orifício para uma área com 50 cm de raio do orifício dosado, sem a necessidade de dosar qualquer outro na abrangência dessa dosagem.

A proporção de orifícios de limpeza por área é menor com o aumento da idade do saueiro, e conseqüentemente aumenta o tamanho do ninho (HERNÁNDEZ et al., 1999), isto pode comprometer o controle por olheiro ativo. A aplicação de iscas granuladas em dose única por olheiro ativo em saueiros de *A. sexdens rubropilosa* não foi recomendada sem a correção das dosagens por classe de tamanho. Saueiros para as classes de tamanho I: $\leq 1\text{ m}^2$, II: entre 1,01 e 5 m^2 , III: entre 5,01 a 30 m^2 e IV: $\geq 30\text{ m}^2$ possuíam, respectivamente, 5,9 olheiros/ m^2 , 2,14 olheiros/ m^2 , 0,87 olheiros/ m^2 e 0,47 olheiros/ m^2 . Necessitariam de adequação de dose por olheiro ativo, equivalente a 10 g/m^2 , com as respectivas correções às classes I, II, III e IV - 1,69; 4,67; 11,49 e 21,28 gramas de isca por olheiro. Caso não corrigida e mantendo 10 g de isca/olheiro, as classes I e II ficariam com super dosagem de 491% e 114%, as classes III e IV ficam com sub-dosagem de 13% e 53%, respectivamente (LOPES et al., 1999). Ninhos de *A. laevigatta* também tiveram as dosagens corrigidas, considerando dosagem de 10 g/m^2 , foi de 1,7; 6,0; 14,8 e 21,1 g de isca/olheiro, respectivamente para as classes de tamanho I: $\leq 1\text{ m}^2$, II: entre 1,01 e 5 m^2 , III: entre 5,01 a 30 m^2 e IV: $\geq 30\text{ m}^2$ (ZANUNCIO et al., 1996a).

O controle localizado pelo método convencional é relativamente simples e prático, contudo não é o mais adequado para o controle de *Atta laevigatta*, *Atta sexdens rubropilosa* e *Atta bisphaerica*, pois o monte de terra não representa o tamanho real dos ninhos dessas espécies, ocasionando super dosagens ou sub dosagens (MOREIRA & FORTI, 1999; FORTI e PRETTO, 2000; MOREIRA et al., 2002).

O presente trabalho visou estabelecer dosagens por área real dos saueiros, pela correlação entre o diâmetro do orifício de abastecimento e a área real de saueiros de *A. sexdens rubropilosa*. Outro objetivo foi checar a precisão de três métodos de controle em plantios de eucalipto, pela medição da área aparente do retângulo ou método convencional, área aparente da elipse e dose única DU 6-50. Essa pesquisa visou aperfeiçoar o controle de formigas cortadeiras, pela racionalização do uso de defensivos agrícolas, redução de impactos ambientais, aumento da eficiência no controle e redução dos custos com mão-de-obra.

Capítulo I

**RELAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO DO ORIFÍCIO DE ABASTECIMENTO E A
ÁREA REAL DE NINHOS DE *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) E CONTROLE VIA TRILHA**

RESUMO

O setor florestal em cumprimento as leis ambientais possui áreas destinadas à reserva legal e preservação permanente (APP), muitas delas entremeadas aos plantios. Áreas de preservação marginais aos plantios de eucalipto tendem a ter maior infestação de saúveiros, os quais causam danos aos plantios. Essas áreas de florestas nativas, principalmente em estágio avançado de regeneração e respectivas bordas, dificultam o acesso e controle dos ninhos, devido à declividade acentuada, presença de animais peçonhentos, vespas, abelhas e uma grande quantidade de cipós nas bordas. O controle desses ninhos nas áreas de florestas nativas aumenta o risco de acidentes e reduz o rendimento da operação de controle de formigas. Ninhos na APP forrageiam nas áreas de plantios por trilhas que facilitam o transporte do material cortado, as quais se juntam em trilha tronco que dá acesso ao orifício de abastecimento. A proposta foi correlacionar o diâmetro do orifício de abastecimento com a área real dos ninhos, e posteriormente dosar os saúveiros via orifícios de abastecimento. A correlação encontrada foi positiva, e seguiu o modelo logístico, cuja regressão resultou numa régua de dosagens com as doses necessárias para os orifícios de abastecimento de acordo com o tamanho real do saúveiro. Sete tratamentos foram testados no controle: T1: dosagem equivalente de 6 g/m², T2: 9 g/m², T3: 12 g/m², T4: 15 g/m², T5: 18 g/m², T6: 18 g/cm de diâmetro do orifício de abastecimento e T7: testemunha. O tratamento mais eficaz no controle

quanto à paralisação aos quinze dias após aplicação foi o T5. Aos 30 dias após aplicação os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram boa eficiência, e os tratamentos T1 e T6 foram ineficientes. O erro de dosagem entre a aplicação via orifício de abastecimento com equivalente 10 g/m^2 e as dosagens efetuando medições das áreas aparentes do retângulo e da elipse, e a dose única DU 6-50 foram estimados para comparações. As áreas aparentes do retângulo e da elipse superestimaram as dosagens e o DU 6-50 ficou próximo da dosagem via orifício de abastecimento.

Palavras-chave: formigas cortadeiras, forrageamento, manejo florestal, impacto ambiental e controle químico.

RELATIONSHIP BETWEEN SUPPLY HOLE DIAMETER AND NEST REAL AREA OF *Atta sexdens rubropilosa* FOREL, 1908 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) AND CONTROL BY TRAIL SUPPLY.

SUMMARY

The forestry sector in compliance with environmental laws has allocated areas for legal reserve and permanent preservation areas (APP), many of them involved with the plantations. The marginal areas of forest plantations for permanent preservation areas tend to have higher infestation of leaf cutting ant nest, which many of the nests that damage to plantations are in APP. These areas of native forests, particularly those at an advanced stage of regeneration and their edges, have characteristics that make it difficult to access the nest to control, such as steep slopes, the presence of poisonous animals, wasps, bees and a lot of lianas in edges. The controls of these nests in native forest areas increase the risk of accidents and reduce the operational efficiency of the control of leaf cutting ants. But the nests in the APP and forage in the crops areas create trails to facilitate the transport of cut material. These trails come together to form the trunk trail that leads to the hole supply. The purpose was to correlate the supply hole diameter with the nest real area, and then to dose the nests by supply holes. The correlation was positive, and followed a logistic model, which a regression resulted in the dosage rule that indicate the appropriate dose to the supply hole according as the real nest size. To the leaf cutting ant control it was tested by seven treatments: T1: equivalent dose of 6 g/m², T2: 9 g/m², T3: 12 g/m², T4: 15 g/m², T5: 18 g/m², T6: 18 g/cm supply hole diameter and T7: control. The most effective treatment for standstill of the activity on the fifteenth day after the application was T5. On the thirtieth day after application the treatments T2, T3 and T4 were effective, and T1 and T6 were ineffective. For comparison it was estimated the measurement error between the dosage by supply hole, equivalent to 10 g/m², and dosages by measurements of apparent area of the rectangle and ellipse, and single dose method DU 6-50. The apparent area of the rectangle and ellipse overestimated the dosages, and DU 6-50 was close to the dosage by supply hole.

Keywords: leaf-cutting ants, foraging, forest management, environmental impact and chemical control.

3.1 INTRODUÇÃO

Desbaste manual, simulando desfolha, com remoção total das folhas uma única vez reduziu em 13% o volume de madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* no final dos sete anos (OLIVEIRA, 1996). Plantios de *Pinus caribea* com idade inferior a 10 anos, em solos arenosos, com mais os 30 ninhos/hectare a redução pode chegar a 50%, representando perda no volume de madeira de dois terços da capacidade produtiva (HERNANDEZ e JAFFÉ, 1995).

O método mais comum para quantificar a área de um saueiro é pela multiplicação do maior comprimento pela maior largura (MARICONI, 1970). Esse tipo de medição é amplamente usado no país, e é o único método de medição de área de saueiro e controle aprovado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2012). Contudo, esse método não mede a área real do ninho, apenas a aparente, pois a mensurada é um retângulo e o saueiro não ocupa toda esta área, conseqüentemente há superestimativa da área e dosagem. Este tipo de medição convencional, também intitulado de área total, não é um método seguro para estimar o real tamanho das colônias e, conseqüentemente, pode ocorrer super e sub-dosagem (MOREIRA et al., 2002; MOREIRA e FORTI, 1999).

Utilizando isca formicida com inerte de polpa cítrica e principio ativo sulfluramida 0,3% diversos trabalhos de paralisação de saueiros de *Atta* spp. foram realizados. Ninhos de *A. sexdens rubropilosa* paralisaram totalmente em 30 dias até a última avaliação aos 90 dias (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995). Para paralisação de *A. laevigatta* em controle de área total (largura multiplicada pelo comprimento) mostrou paralisação de 80% aos 30 dias e de 100% dos 60 dias até a última avaliação de 270 dias (ALVES et al., 1999). Em *A. cephalotes* mostrou paralisação total dos 15 dias até os 120 dias (ZANUCNIO et al., 1996). *Atta sexdens sexdens* mostrou aos 120 dias paralisação de 78%, 100% e 89%, respectivamente com 6, 8 e 10 g/m² (CRUZ et al., 1996).

A ação do sulfluramida passa a ser mais perceptível no terceiro e quarto dia após a aplicação, com paralisação de corte de folhas pelas operárias, seguindo-se a desorganização da cultura de fungo, e grande crescimento micelial e a morte da rainha após 18 dias (FORTI et al., 1993).

O consumo anual de isca formicida no Brasil é estimado em 12.000 toneladas (BOARETTO e FORTI, 1997). Esse número pode estar desatualizado, pois a área com florestas plantadas multiplicou-se, e é a atividade rural que mais consome iscas formicidas por hectare. Em 2004, a área plantada de eucalipto era de 1,848 milhões de hectares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, 2010) e atualmente é de 4,874 milhões de hectares plantados (ABRAF, 2012).

O comportamento de construção de trilhas pelas formigas é uma atividade na qual um inseto marca um percurso com feromônios para que outros indivíduos da mesma colônia passem segui-lo. Esses compostos voláteis são depositados na trilha como orientação a outros indivíduos da colônia. A marcação de uma trilha é utilizada na localização de uma nova fonte de alimento e na exploração das áreas de forrageamento (VIANA-BAILEZ et al., 2011).

O forrageamento por colônias jovens de *Atta sexdens* é caracterizado pela exploração de espécies herbáceas nas vizinhanças imediatas dos ninhos, sobretudo por trilhas ou carreiros pequenos e não ramificados que conectam diretamente os saueiros com plantas hospedeiras, e a rápida exploração dessas plantas resulta em frequentes mudanças direcionais das trilhas de forrageamento. As preferências de forrageamento tornam-se mais

evidentes com o desenvolvimento dos ninhos, e as trilhas mais complexas e ramificadas (KOST et al., 2005). A construção de uma nova trilha depende da quantidade e qualidade do recurso para o forrageamento (SILVA, 2010).

Os orifícios de abastecimento de *A. sexdens rubropilosa* podem estar até 66 metros de distância do centro do ninho em floresta nativa, e até 42 metros em plantios de eucalipto (GARCIA, 1997). Em plantios de eucalipto, a distância percorrida para explorar um recurso pode ser de até 229 m. No entanto a área de forrageamento de um saueiro varia muito, sem correlação com o tamanho do saueiro ou extensão das trilhas (RAMOS, 2002).

Ninhos de *A. sexdens rubropilosa* atingem a maturidade aos 38 meses de idade, quando tendem a paralisar o crescimento (AUTUORI, 1941). Entretanto o crescimento do ninho dessa espécie atingiu o auge do seu desenvolvimento aos 28 meses, tanto em área total quanto área estratificada (GRANDEZA et al., 1999). Se o saueiro estabiliza seu crescimento a partir de certa idade, 28 ou 38 meses, qual será o diâmetro do orifício de abastecimento quando o saueiro paralisa o crescimento?

O número de saueiros tende a ser maior nas bordas dos talhões, principalmente em divisa com florestas nativas (ZANUNCIO et al., 2002, SOSSAI et al., 2005). Esse aumento na infestação pode estar associado com a dispersão de indivíduos alados, fêmeas e machos, oriundos de ninhos adultos, e responsáveis pelo aumento do número de novos ninhos nos talhões (ZANETTI et al., 2000). A interação entre os plantios de eucalipto e a floresta nativa mostra que o eucalipto não é uma ilha, pois apresenta espécies comuns com a mata, espécies exclusivas, disponibiliza recursos para algumas populações, principalmente pelo efeito borda (LARANJEIRO, 2003). Isto corroborada com o fato de árvores nas bordas de florestas produzirem maiores concentrações de nitrogênio e açúcares solúveis, possivelmente correlacionados com as performances dos insetos (HUNTER, 2002).

Bordas de florestas nativas possuem maior densidade populacional de lianas que o interior de florestas (ENGEL et al., 1998). Isto dificulta o controle de formigas nas bordas das APP, pois os trabalhadores precisam romper a barreira de cipós para acessar os ninhos, o que reduz o rendimento operacional e aumenta os custos do manejo de formigas cortadeiras. A atividade de corte dos cipós para desobstrução do caminho até os ninhos nas áreas de APP potencializa o risco aos trabalhadores, devido às florestas nativas terem maior

ocorrência de vespas, abelhas, serpentes e plantas urticantes e com acúleos, e em muitos casos as APP possuem uma declividade mais acentuada, aumentando os riscos de quedas e torções. Além disso, deve-se evitar o corte das lianas na borda de florestas para evitar abertura excessiva e eliminação da zona-tampão que protege a área contra alterações bruscas de microclima e de plantas invasoras, principalmente gramíneas (ENGEL et al., 1998).

Um orifício de abastecimento em um plantio pode pertencer a um ninho a mais de 30 metros em floresta nativa. Esse orifício deve ser dosado em função do tamanho do seu respectivo ninho para evitar sub ou super dosagem, aumentando a precisão do controle e reduzindo os custos com manejo e os impactos ambientais.

É possível controlar via orifícios de abastecimento os ninhos inacessíveis ou descaracterizados por máquinas durante a operação florestal. As dosagens são proporcionais à largura da trilha, ou seja, quanto maior esse diâmetro maior a dosagem. Mensurada o mais próximo possível da entrada do orifício de abastecimento mais ativo. A largura da trilha pode variar com a espécie de formiga cortadeira e idade ou tamanho do saueiro, mas não há dados publicados para se avaliar a relação do tamanho real do saueiro com o diâmetro do orifício de abastecimento (DEL PIERO, informação pessoal).

O objetivo deste trabalho é encontrar uma relação mais precisa entre a área real e o diâmetro do orifício de abastecimento mais ativo para ninhos de *A. sexdens rubropilosa*, e estabelecer a dosagem adequada para ninhos localizados em área de difícil acesso (APP, grota, área vizinha ou estar coberto por plantas urticantes ou com espinhos) e para saueiros alterados por trânsito de máquinas durante as atividades florestais. Os resultados dessa pesquisa poderão melhorar o uso racional de isca formicida, e atender a condicionante do FSC de redução do uso de defensivos agrícolas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Medição da área real por quadrantes

Os testes foram conduzidos em plantios clonais de eucalipto de 4,5 anos na Fábria Celulose S/A em Aracruz, Espírito Santo, para avaliação de ninhos de *A. sexdens rubropilosa*.

A correlação entre a área real dos sauveiros e o diâmetro do orifício de abastecimento foi avaliada em 38 sauveiros em área de manutenção, projeto 059 talhão 005-A, com 35,42 hectares (19° 54' 35" sul e 40° 08' 10" oeste - Figura 1).

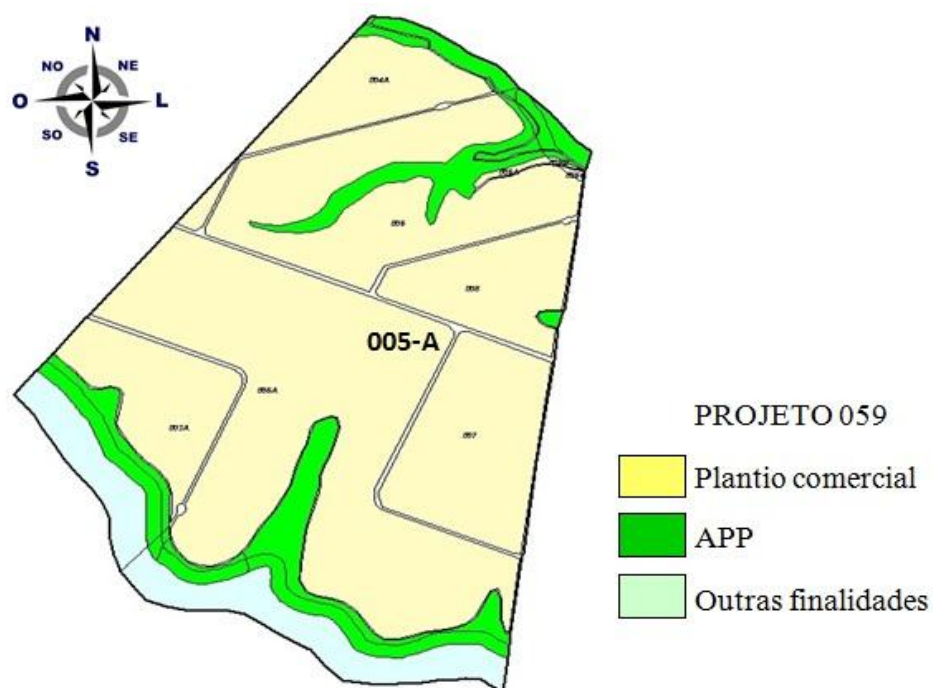
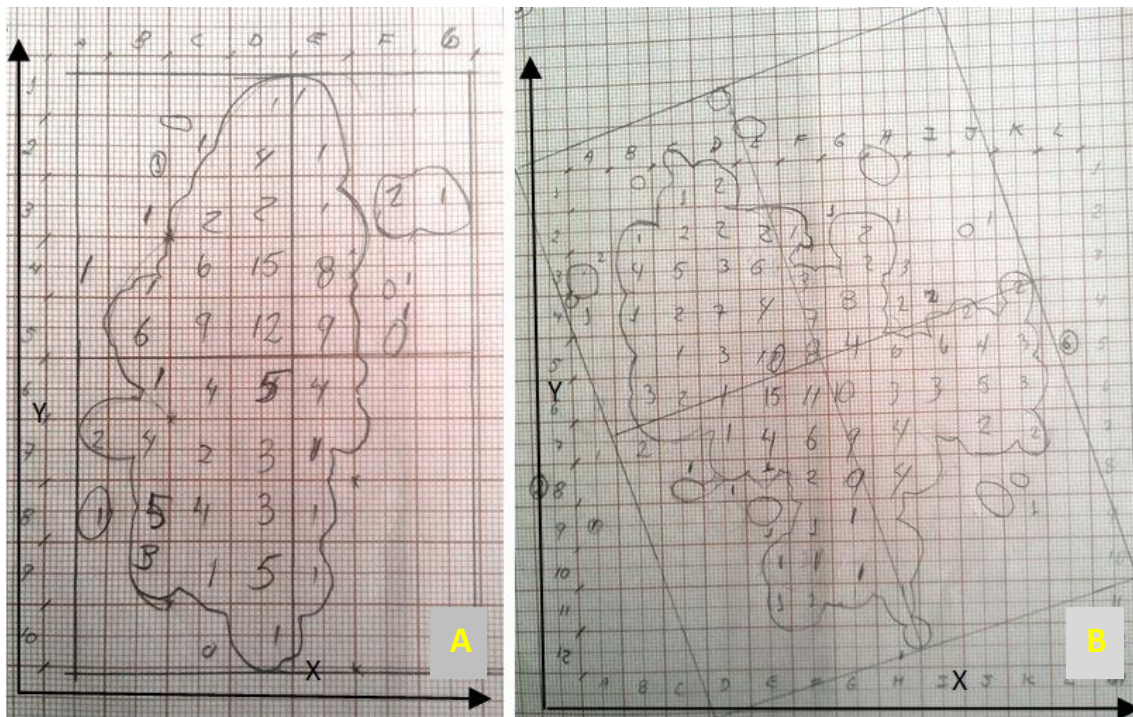


Figura 1: Teste para dimensionar os ninhos: projeto 059 talhão 005-A. Março de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

A área real externa dos saueiros foi medida por quadrantes de 1 m^2 , feitos através da fixação de barbantes com malha de $1 \times 1 \text{ m}$ (Figura 2A). Os saueiros foram identificados por marcações na árvore mais centralizada (Figura 2B) e as coordenadas obtidas com GPS para facilitar sua localização. A área real do saueiro foi representada em escala 1:100 em papel milimetrado e mensurado as dimensões do ninho. Para facilitar a execução dos desenhos, as colunas formadas pela disposição dos barbantes no plano X foram identificadas em A, B, C e assim por diante, e as linhas formadas pela disposição dos barbantes no plano Y, foram identificadas em 1, 2, 3 e assim por diante (Figuras 3A e 3B). Foi denominada a Área Real como AR.



Figuras 2: A: Quadrantes para medição da área real do saueiro; B: Marcação do ninho na árvore mais centralizada. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Janeiro de 2012. Aracruz, Espírito Santo.



Figuras 3: A e B: Quadrantes representando a área real do saueiro nos plano XY. Escala 1:100. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Janeiro de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

3.2.2 Medição dos diâmetros dos orifícios de abastecimento

Inicialmente foram localizados todos os orifícios de abastecimento numa área com raio de 50 metros de cada ninho, pois Garcia (1997) verificou que os orifícios de abastecimento de *A. sexdens rubropilosa* dentro de plantios de eucalipto estendiam-se em linha reta até 42 m de distância do centro do ninho. Todos os orifícios encontrados foram analisados para confirmar a qual ninho pertencia. Para não haver equívoco na identificação dos saveiros e seus respectivos orifícios de abastecimento as mensurações foram em saveiros mais isolados, com distâncias superiores a 50 m entre eles. Quando houve dúvidas ao relacionar o saveiro aos seus orifícios de abastecimento, foi usado como procedimento transferir uma formiga com o auxílio de um galho ou folha, sem que houvesse contato com as mãos, para o ninho. Se esse indivíduo fosse agredido pelas operárias do ninho era um forte indício que não pertencia aquele ninho (VIANA-BAILEZ et al., 2011).

Os diâmetros dos orifícios de abastecimento foram obtidos com paquímetro digital no ponto o qual as trilhas deixam de ser superficiais e continuam em formato de túneis (Figuras 4A e 4B). Um orifício de abastecimento de cada saveiro foi utilizado para se determinar a correlação com a área real: o principal ou mais ativo, geralmente este estava entre os de maior diâmetro e mais distantes do ninho. O diâmetro do orifício de abastecimento mais ativo foi denominado como DO.




Figuras 4: A e B: Medida do diâmetro dos orifícios de abastecimento de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Janeiro de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

3.2.3 Correlação entre o diâmetro do orifício de abastecimento e a área real do saueiro

Os dados de área real (AR) e diâmetro dos orifícios de abastecimento (DO) dos saueiros foram analisados com o programa CurveExpert 1.3 para se estabelecer o melhor modelo de regressão, sendo apontado o modelo de regressão logística. A equação logística obtida seguiu o modelo $Y = a / (1 + b(e^{-cx}))$, sendo Y a variável a ser estimada (área real do saueiro), a , b e c constantes, e a base dos logaritmos neperianos, e X (diâmetro do orifício de abastecimento mais ativo).

Os dados de DO e AR apresentaram correlação positiva neste modelo de regressão. Uma Régua de Dosagens de Iscas Formicidas (RDIF) para orifício de abastecimento mais ativo dos ninhos de *A. sexdens rubropilosa* foi criada a partir dessa correlação (Figura 5; Tabela 1). A função dessa régua é definir a quantidade de isca formicida que deve ser colocada ao lado do orifício de abastecimento para controlar determinado saueiro de acordo com seu tamanho. A RDIF indica a dosagem equivalente de 6 g/m², 9 g/m², 12 g/m², 15 g/m², 18 g/m² e 18 g/cm de diâmetro do orifício de abastecimento, este

último é de metodologia empírica para controlar saueiros inacessíveis, sem considerar a correlação área real/diâmetro do orifício de abastecimento. A dosagem de 18 g/cm não foi utilizada para verificar o desvio de dosagem desta metodologia.



DO = X (g)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
AR = Y (m ²)	7	10	14	19	24	30	37	42	47	51	54	56	57	58	59	60
T1: 6g/m ²	42	60	84	114	144	180	222	252	282	306	324	336	342	348	354	360
T2: 9g/m ²	63	90	126	171	216	270	333	378	423	459	486	504	513	522	531	540
T3: 12g/m ²	84	120	168	228	288	360	444	504	564	612	648	672	684	696	708	720
T4: 15g/m ²	105	150	210	285	360	450	555	630	705	765	810	840	855	870	885	900
T5: 18g/m ²	126	180	252	342	432	540	666	756	846	918	972	1008	1026	1044	1062	1080
T6: 18 g/cm	48	66	84	103	121	139	158	176	194	212	231	249	267	286	304	322

Figura 5: Régua de Dosagens de Iscas Formicidas para controle de saueiros de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) via orifício de abastecimento principal. Abril de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

Tabela 1: Quantidade de isca por tratamento utilizando-se a régua de dosagens de iscas formicidas. AR = Y = área real; DO = X = diâmetro do orifício de abastecimento. Abril de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

Tratamentos	Dosagem	Quantidade de Isca g/m ² (I)
T1	Dosagem (6g/m ²)	I = Y x 6
T2	Dosagem (9g/m ²)	I = Y x 9
T3	Dosagem (12g/m ²)	I = Y x 12
T4	Dosagem (15g/m ²)	I = Y x 15
T5	Dosagem (18g/m ²)	I = Y x 18
T6	Convencional 18 g/cm	I = X x 18
T7	Testemunha	-

3.2.4 Controle dos saueiros via orifício de abastecimento principal

A eficácia do controle de saueiros via orifício de abastecimento mais ativo foi avaliada com diferentes dosagens: T1: Dose equivalente de 6 g/m², T2: Dose equivalente de 9 g/m², T3: Dose equivalente de 12 g/m², T4: Dose equivalente de 15 g/m², T5:

Dose equivalente de 18 g/m², T6: Dose equivalente de 18 g/cm de diâmetro do orifício e T7: Testemunha. Cada tratamento teve 10 repetições, sendo cada repetição composta por um ninho de saúva limão.

Os sauveiros foram tratados com isca formicida Mirex-S Max (sulfluramida 0,3%), e o total de isca por sauveiro indicada pela RDIF. As doses foram colocadas a 20 cm do orifício de abastecimento e 5 cm da trilha (Figura 6).

Os sauveiros tratados estavam localizados em grotas, áreas de preservação permanente (APP), divisa com o plantio, projeto A 025 (19,81280° sul e 40,21008° oeste - Figura 7). Os sauveiros escolhidos representavam situação de difícil acesso aos ninhos com orifícios de abastecimento geralmente nos talhões e carregadores.



Figura 6: Controle de sauveiro de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) via orifício de abastecimento com auxílio da régua de dosagens de iscas formicidas. Maio de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

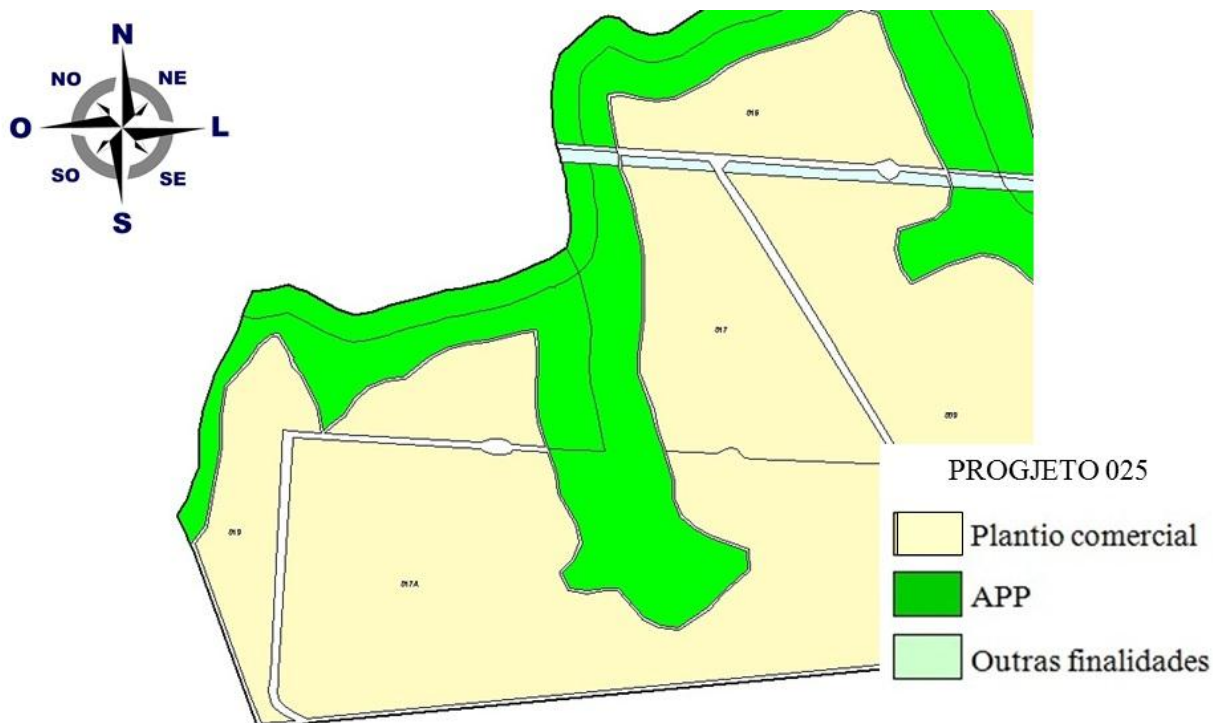


Figura 7: Local de instalação do teste de controle dos saúveiros via orifício de abastecimento: projeto A025, talhões 017, 017-A e 019. Maio de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

3.2.5 Monitoramento da atividade de forrageamento e paralisação dos saúveiros

Os saúveiros que receberam aplicação de iscas por orifícios de abastecimento foram monitorados para verificar a paralisação da atividade dos saúveiros em 1, 3, 7, 15, 30, 60 e 90 dias (LARANJEIRO E ZANUNCIO, 1995). As avaliações em um e três dias foram para verificar se houve devolução de isca, pois não há paralisação do saúveiro aos três dias após a aplicação de isca. Para avaliações nos demais dias observou-se a presença de formigas, em caso positivo, verificou-se a atividade de forrageamento. Atividade de forrageamento e paralisação se diferem, pois um saúveiro pode não ter atividade de forrageamento sem ter paralisado, ou seja, há presença de formigas sem que ocorra forrageamento. As avaliações de forrageamento e paralisação por ninho foram realizadas a partir de observações no mesmo e no orifício de abastecimento dosado. Os ninhos são abertos com trincheiras ou são perfurados com sondas JP para confirmar a mortalidade (CRUZ et al., 1996; ZANUNCIO et al., 1996; ALVES et al., 1996 e 1997; ZANETTI, et al., 2003 e 2004),

mas isto não foi feito por não ser uma metodologia prática para um grande número de saueiros em APP com alta declividade.

3.2.6 Análise do forrageamento e paralisação dos saueiros

O forrageamento e a paralisação foram analisados com o programa CurveExpert 1.3 e obtidas às equações logísticas de atividade de forrageamento e paralisação aos 30 dias. O modelo $Y=a/(1+be^{-cx})$ foi seguido, sendo Y a variável a ser estimada (atividade de forrageamento ou paralisação), a , b e c são constantes, e é base dos logaritmos neperianos, e X a dosagem aplicada (g/m^2).

A análise de 30 dias após a aplicação foi escolhida por diferenciar melhor os tratamentos com relação à atividade de forrageamento e paralisação.

3.2.7 Desvio de dosagens

A área aparente dos saueiros foi calculada por duas metodologias diferentes: área aparente do retângulo (método convencional) e área aparente da elipse para obter os desvios de dosagens entre o controle dos saueiros via orifício de abastecimento e outros métodos de dosagens. Os valores de área obtidos (m^2) foram multiplicados por $10 g/m^2$ para estimar a dosagem para medições das áreas aparentes do retângulo e da elipse para cada saueiro. Diferenças entre dosagens estimadas pela área aparente e a pela RDIF forneceu-nos o desvio de dosagem. Em campo, foi mensurada a maior largura e o maior comprimento dos ninhos. Para o desvio de dosagens considerou-se duas medições de saueiros: área aparente pela área do retângulo ($A = ab$; $a =$ largura; $b =$ comprimento) e área aparente pela forma da elipse ($A = \pi ab$; $a = \frac{1}{2}$ largura e $b = \frac{1}{2}$ comprimento) (HERNÁNDEZ et al., 1999).

O desvio de dosagem também foi considerado para o método de dose única DU 6-50, por este ser uma alternativa de controle de formigas às empresas florestais. Nesse caso, o desvio de dosagem obteve-se pela diferença entre a estimativa de dosagem pelo DU 6-50 e a dosagem estimada pela RDIF.

O método DU 6-50 consiste na dose única de seis gramas de isca formicida para um determinado orifício, abrangendo 50 cm de raio do orifício dosado. Nenhum outro orifício nessa área precisa ser tratado, mas orifícios fora dessa área recebem dosagem, e assim sucessivamente (Figura 8). Considerando 0,5 m de raio, a área de cada circunferência é de $0,79 \text{ m}^2$ e a dose por área de $7,64 \text{ g/m}^2$. Entretanto existe sobreposição de parte da área das circunferências (Figura 8), o que eleva a dose por área para, aproximadamente, 10 g/m^2 , que é a recomendação de dosagem do fabricante, porém usando o método de medição convencional (ATTA KILL, 2012). Esta previsão de dosagem para o método dose única fica próxima as $10,4 \text{ g/m}^2$ de testes com dose única para *A. sexdens rubropilosa* (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995). Não é necessário mensurar a largura e o comprimento do ninho pelo método DU 6-50, porém é o método que mais se aproxima da dosagem necessária para um saueiro considerando sua área real. Entretanto a DU 6-50 difere das metodologias de dose única citadas por Laranjeiro e Zanuncio (1995), Alves et al. (1996) e Lopes et al. (1999) por considerar 50 cm como a distância mínima entre orifícios tratados. Laranjeiro (1994) e Laranjeiro e Zanuncio (1995) consideraram 20 cm como a distância mínima entre doses, diferentemente dos 50 cm considerados nesta pesquisa. A dose única é por orifício ativo, podendo ser considerado as classes de tamanho de saueiros (LOPES et al., 1999), mas não é necessário para o DU 6-50.

A dose estimada para o cálculo do desvio de dosagens para o controle via orifício de abastecimento foi a equivalente de 10 g/m^2 , com a mesma equação logística do item 3.2.3. Para estimativa de controle considerando AAE e AAR também foi estipulado 10 g/m^2 , por ser a dose recomendada para *A. sexdens rubropilosa* (BRASIL, 2012).

Somente saueiros com áreas de terra agregadas foram medidos, evitando possíveis distorções das dimensões de áreas, consequentemente, não foram quantificados saueiros com áreas estratificadas (ALVES et al., 1996 e 1997; GRANDEZA et al., 1999; ZANUNCIO et al., 2000).



Figura 8: Dosagem pelo método DU 6-50. Cada circunferência representa a área de abrangência de uma dose única (DU) de 6 gramas de isca formicida. Raio da circunferência: 50 cm. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Janeiro de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Correlação entre o diâmetro do orifício de abastecimento e a área real do saueiro

A equação logística para dimensionar a área real dos ninhos de *A. sexdens rubropilosa* a partir do diâmetro do orifício de abastecimento foi:

$$y=60,618/(1+(22,928e^{(-0,4054x)}))$$

Sendo y = área real (AR), e x = diâmetro do orifício de abastecimento (DO).

As variáveis DO (x) e AR (y) são dependentes, sendo a curva em formato de “s” alongado. AR de até 10 m² mostrou aumento gradual do DO, com pouco aumento de AR, e para valores de DO a partir de 15 cm houve pouco incremento nos valores de AR (Figura 9). Isto é corroborado com observações de crescimento logístico para ninho de *A. sexdens rubropilosa* (BITENCOURT, 1941, analisando dados de AUTUORI, 1941;

GRANDEZA et al., 1999). O modelo não linear logístico mostrou tendência de paralisação no crescimento de ninhos de *A. laevigatta* e *A. sexdens rubropilosa* após os 28 meses de idade tanto para medições de área total (área aparente do retângulo) quanto para área estratificada, sendo a paralisação atribuída a fatores climáticos, como precipitação pluviométrica anual. (GRANDEZA et al., 1999). Mas os autores não consideraram que o fator limitante para o desenvolvimento do saueiro pode ser à capacidade de oviposição da rainha. Os saueiros reduzem a taxa de crescimento aos 28 meses de idade, com 60 m² de área total (área aparente do retângulo) (GRANDEZA et al., 1999), tendo a AR taxas de crescimento reduzidas a partir de 15 cm de DO, quando a AR é de 60 m² (Figura 9), é provável que a paralisação de crescimento da AR influencie diretamente na expansão do DO, tendendo este a paralisação. Fato confirmado com as observações de campo, cujo maior DO foi de 15,5 cm. Contudo a largura das trilhas de *A. sexdens rubropilosa* pode chegar a 20 cm (FORTI et al., 1987). As trilhas de forrageamento ou carreiros tinham largura semelhantes aos diâmetros de abastecimento. Ninhos maiores têm maior largura na trilha de forrageamento e diâmetro dos orifícios de abastecimento. Trilhas mais largas de *Atta colombica* aumentam a eficiência da atividade de forrageamento, por diminuírem o número de encontros entre formigas carregando fragmentos vegetais e sem carga em rotas de sentidos opostos (DUSSUTOUR et al., 2007).

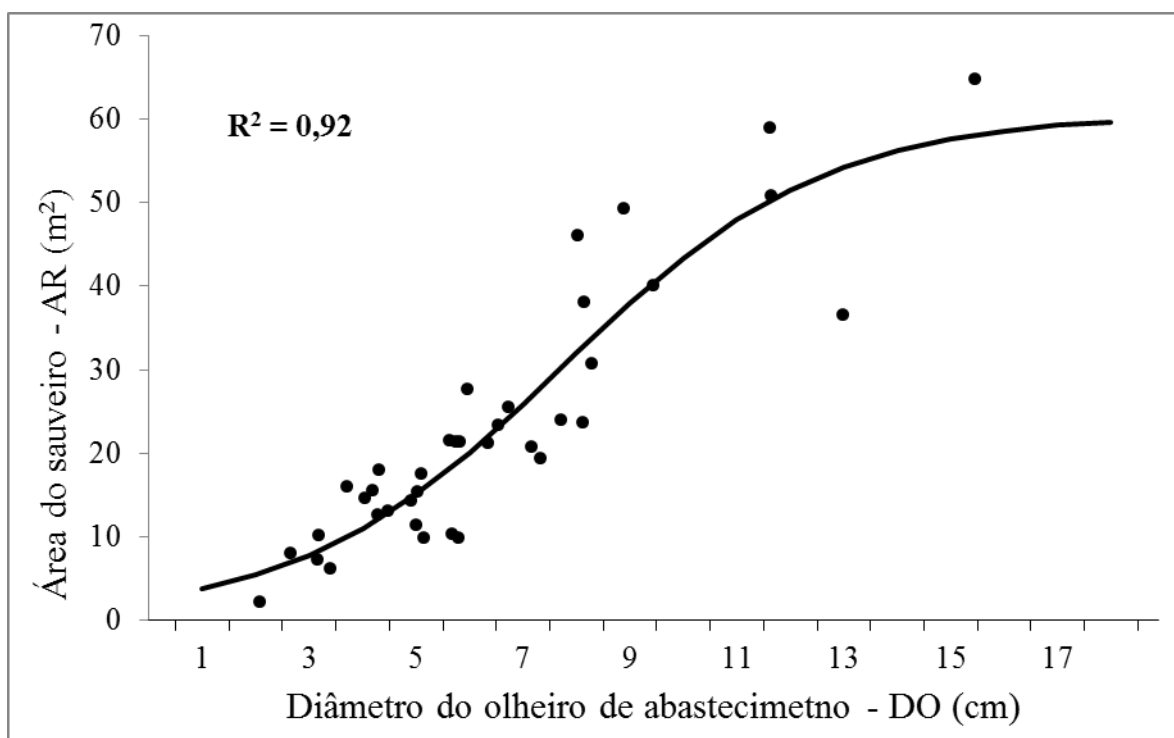


Figura 9: Regressão logística entre o diâmetro do orifício de abastecimento principal (DO) e a área real do sauveiro (AR) de ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Abril de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

3.3.2. Controle dos sauveiros via orifício de abastecimento principal

A borda da floresta nativa tinha maior densidade populacional de lianas que a parte mais interna da floresta, cujo era esperado (ENGEL et al., 1998), bloqueando praticamente todo o perímetro da borda da APP, sendo necessária desobstrução com ferramenta de corte. A maior infestação de sauveiros nas bordas dos talhões foi semelhante às observações em outras pesquisas (SOSSAI et al., 2005; ZANUNCIO et al., 2002; e ZANETTI et al., 2000). Os ninhos estavam mais concentrados nas áreas marginais da APP e do plantio de eucalipto, geralmente até 20 m da margem para o interior do eucalipto, e até 20 m da margem para o interior da APP, corroborando as observações em (WIRTH et al., 2007), o que pode estar associado à interação da entomofauna entre a APP e o plantio eucalipto, com este último disponibilizando recursos próprios essenciais para algumas espécies de insetos (LARANJEIRO, 2003).

A distância dos orifícios de abastecimento das trilhas aos ninhos variou, porém poucos estavam a mais de 42 metros, como observado em (GARCIA, 1997). Sauveiros na APP, exceto em dois casos, apresentaram orifícios de abastecimento nos talhões de eucalipto próximos as bordas ou nos carregadores, e as trilhas se estendiam para dentro do talhão a longas distâncias, como notado em (RAMOS, 2002). As trilhas dos orifícios de abastecimento dosados estavam organizadas como trilhas troncos, com ramificações dando acesso as suas preferências de forrageamento, neste caso o eucalipto. Isto corroborou com (KOST et al., 2005).

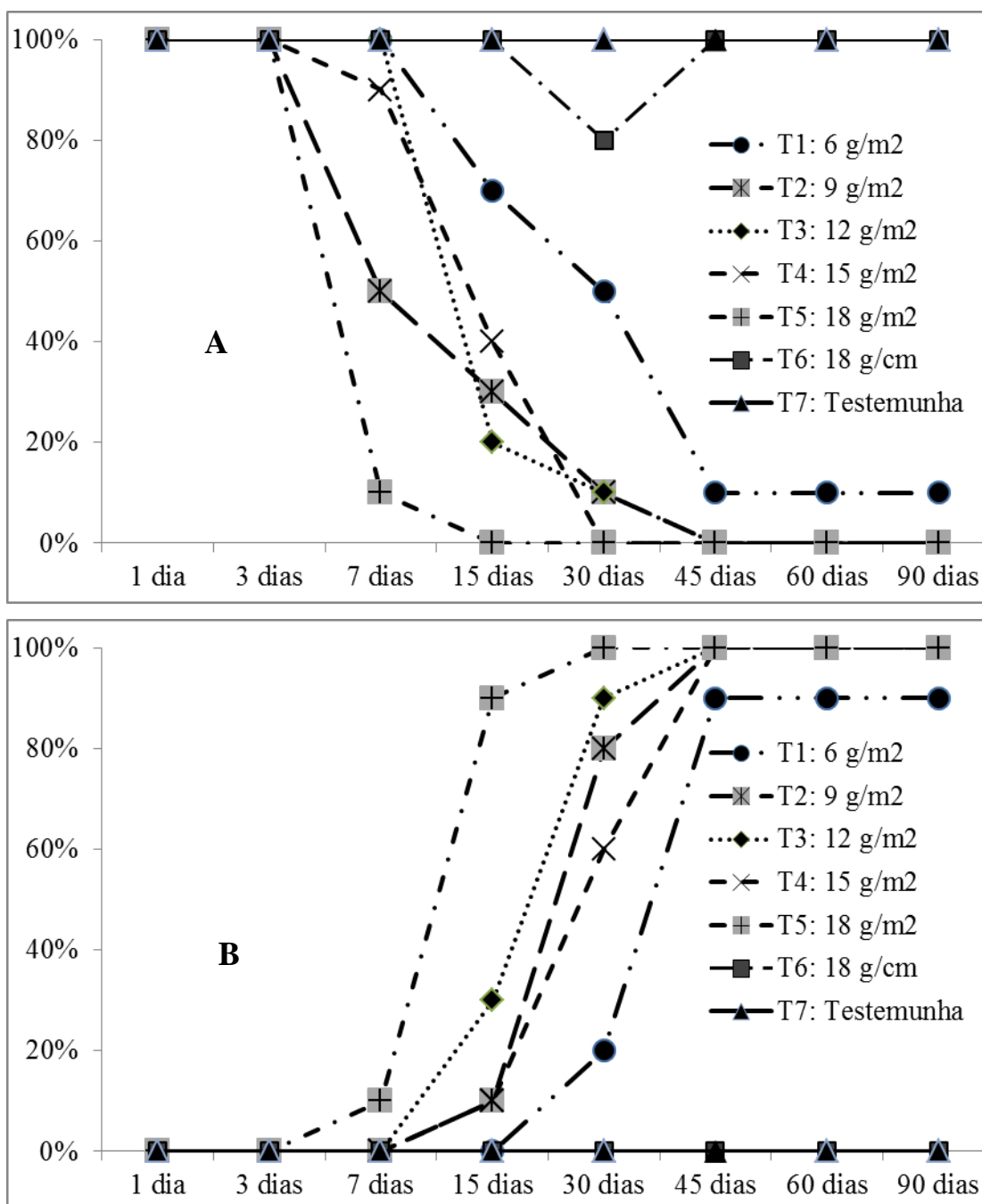
Nenhum dos sauveiros tratados devolveu isca o que difere de (ZANETTI et al., 2004). No primeiro dia de avaliação pós-controle todos apresentavam atividade regular de forrageamento, corte e transporte, mas algumas formigas apresentavam sintomas leves de intoxicação, como lentidão e falta de agressividade (FORTI et al., 1998). No terceiro dia, os orifícios apresentavam grande quantidade de fragmentos de folhas cortadas nas entradas sobre o monte de terra e nos de abastecimento (Figuras 10A e 10B), e formigas com dificuldades de locomoção ou mortas, principalmente nas dosagens de 15 e 18 g/m². No 7º dia havia grande quantidade de formigas mortas aos arredores dos orifícios sobre o sauveiro e de abastecimento, ou com dificuldade de locomoção, e poucas formigas vivas. No 15º dia vários sauveiros estavam totalmente paralisados, principalmente com 18 g/m², e em alguns casos foi observada uma massa fúngica branca saindo dos orifícios da sede (Figura 11). Corroborando com as avaliações de 1º, 3º, 7º e 15º em (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995). Todavia a atividade de forrageamento no 7º e 15º era insipiente e desorganizada, com número muito limitado de operárias forrageando, inclusive operárias menores, como jardineiras e soldados, as quais não são especialistas da atividade (HART et al., 2002). Se o critério de atividade de corte incipiente e desorganizada fosse considerado como paralisação dos sauveiros, concluir-se-ia paralisação no terceiro dia em todas as repetições e em todos os tratamentos (FORTI et al., 1993).



Figuras 10: **A:** Fragmentos de folhas na entrada do orifício de abastecimento. **B:** Fragmentos de folhas nos orifícios sobre o monte de terra solta. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Maio de 2012. Aracruz, Espírito Santo.



Figura 11: Presença de massa fúngica branca dos orifícios de sobre o ninho de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Maio de 2012. Aracruz, Espírito Santo.



Figuras 12: A: Forrageamento. **B:** Paralisação da atividade de saueiros. Dias após o controle. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Agosto de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

A paralisação total do forrageamento e paralisação total da atividade dos saueiros, respectivamente, aos 15 e 30 dias após o controle foi maior em T5. Os tratamentos T2 e T3 apresentaram paralisação do forrageamento e paralisação da atividade aos

45 dias. T4 paralisou o forrageamento aos 30 dias (Figuras 12A e 12B). A paralisação total da atividade dos saueiros tratados também com 10 g/m² de Mirex-S (sulfluramida 0,3%) foi observada aos 14,6 dias, com dosagem calculada por medição convencional (ZANETTI et al., 2004).

Todos os tratamentos os quais as dosagens foram dimensionadas por medição de área pela equação logística foram eficientes (T1, T2, T3, T4 e T5), sendo considerados eficientes controles com mortalidade superior a 80% (DELABIE, 1989), apesar do valor de eficiência tender a aumentar devido à silvicultura de precisão e aumento dos custos com mão de obra, cujo este último força a elevar o patamar de eficiência para reduzir os custos da operação. Desses tratamentos, o T1 apresentou menor eficiência, podendo não ser operacionalmente viável devido ao custo da operação de controle, pois saueiros que permanecem vivos podem causar danos e gerar necessidade de outro controle, aumentando os custos (Figuras 12A e 12B).

Se as dosagens por área real fossem convertidas em dosagens por área aparente pelo método convencional a quantidade de isca por metro quadrado cairia praticamente pela metade. Dose de 6 g/m² de área real seria 3 g/m² de área aparente.

O controle de formigas cortadeiras, sobretudo do gênero *Atta*, tem sido estudado, mas mortalidade e paralisação da atividade de forrageamento geralmente não são diferenciadas, na maioria dos casos são tidos apenas como paralisação dos saueiros. A literatura não cita o controle via trilha de abastecimento mais ativo, refere-se a controle por medição convencional de área (ZANUNCIO et al., 1996b; CRUZ et al., 1996; ZANETTI, 2004), área estratificada (ALVES et al., 1996 e 1997) ou dose única (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995), geralmente, utilizando iscas formicidas com ingrediente ativo sulfluramida 0,3%, principalmente a marca Mirex-S. Nenhum dos artigos considerou o controle em função da área real.

O controle de *A. sexdens rubropilosa* mostrou mortalidade de 100% com 6, 8 e 10 g/m² de isca (PINHÃO et al., 1993), mas a paralisação do forrageamento e a mortalidade não foram mencionadas. Estudando a mesma espécie, com 10 g/m² de Mirex-S, foi observado paralisação de 100% aos 30 dias, porém aos 90 dias a paralisação caiu para 93,3% (ZANETTI et al., 2004). Para essa mesma dosagem e espécie ocorreu paralisação de

100% dos ninhos aos 30 dias, sem ocorrer posterior retomada da atividade (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995). Observou-se paralisação total com 8 g/m² para a mesma espécie, porém aumentando para 10 g/m² a eficiência caiu para 83,3% (ZANUNCIO et al., 1997).

Espécies importantes de *Atta* foram controladas com isca de ingrediente ativo sulfluramida 0,3%. A mortalidade de saúveiros de *A. bisphaerica* foi 100% a partir de 8 g/m² (ZANUNCIO et al., 1993). Paralisação de 100% dos ninhos de *A. sexdens sexdens* com 8 g/m² aos 90 dias, porém com 6 g/m² e 10 g/m² a paralisação foi menor, 88,89% para essas dosagens (CRUZ et al., 1996). *A. cephalotes* apresentou paralisação de 90% (ZANUNCIO et al., 1996). Para *A. laevigatta* foi constatado paralisação de 100% com 10 g/m² aos 80 dias, e assim se manteve até os 150 dias (ALVES et al., 1996). *A. laevigatta* teve paralisação de 100% das colônias com dosagens a partir de 6 g/m² (ZANUNCIO et al., 1993). Esses autores constataram paralisação com doses menores, mas com menor eficiência, sendo que saúveiros dosados com 2 g/m² e 4 g/m² apresentaram, respectivamente, 66,67 e 75%. Tal fato observado por esses autores torna os resultados de paralisação encontrado nesta pesquisa em T1 e T2, respectivamente, 6 g/m² e 9 g/m² de área real, com boa taxa de paralisação da atividade (Figura 12B).

Menores dosagens, 6 g/m² e 9 g/m², respectivamente T1 e T2, mesmo relativamente baixa, e sendo gramas equivalentes de área real e não de área aparente do ninho, pode ter obtido boa taxa de paralisação devido à boa dispersão da isca dentro do ninho (FORTI e SILVEIRA NETO, 1989; MOREIRA e FORTI, 1999; FORTI e PRETTO, 2000), e contaminação das várias classes de tamanhos de operárias, propiciando boa dispersão do princípio ativo por lambadura e trofalaxia, e ação lenta do produto (FORTI et al., 1998). A dosagem baixa, mesmo que não contamine toda a colônia, pode ter efeito letal pela morte de grande parte das jardineiras, operárias menores, responsáveis pelos cuidados ao fungo simbiote, e sem as quais é rapidamente dominado por um agressivo micro fungo (FORTI et al., 2007).

Cada saúveiro foi dosado apenas em um ponto, o orifício de abastecimento mais ativo, o que poderia levar a distribuição da isca de modo setorial (LOECK e NAKANO, 1982), mas a boa paralisação dos saúveiros, principalmente T1 e T2, ambos de baixa dosagem, deixa dúvida sobre isto. Essa paralisação corrobora com a constatação de que

os túneis de *A. sexdens rubropilosa* estão interligados e possibilita aplicar iscas tóxicas em poucos orifícios ativos com a mesma segurança que o uso de mais orifícios de abastecimento (PRETTO et al., 1996).

O tratamento T6, eventualmente utilizado nas empresas, foi ineficiente (Figuras 12A e 12B). A dosagem de 18 g/cm para orifícios de abastecimento a partir de 6 cm será sempre sub dosagem (Figura 5), e a maioria das trilhas que saem da APP possuem larguras superiores.

As áreas de forrageamento são delimitadas em função da proximidade da colônia vizinha (FORTI, 1985), e as formigas exploram os recursos vegetais na área de forrageamento do seu ninho, sem invadir o território vizinho (FORTI, 1985; PRETTO, 1996). A área de forrageamento dos 64 ninhos não foi delimitada, delimitaram-se apenas os orifícios de abastecimento dos respectivos ninhos. Enquanto os ninhos não haviam sido tratados não foi observado invasão de território de forrageamento, corroborando com Forti (1985) e Pretto (1996). Porém observou-se que após paralisação dos ninhos, alguns saueiros testemunhas, não tratados com formicidas, invadiram a área de forrageamento de ninhos controlados, tal fato ocorreu em três repetições do T1 e uma repetição do T2, aos 30 dias após o controle. As trilhas de abastecimentos desses ninhos de testemunha avançaram sobre a área externa dos ninhos dosados, mas não ocuparam a área interna dos saueiros tratados, conforme relatado por Autuori (1941).

Os dados de paralisação e de atividade de forrageamento com 30 dias após o controle, submetidos à regressão logística, resultaram nas seguintes equações:

Paralisação aos 30 dias:

$Y = 0,8329 / (1 + (20933e^{-1,4660x}))$, onde X é a dosagem e Y é a porcentagem de paralisação.

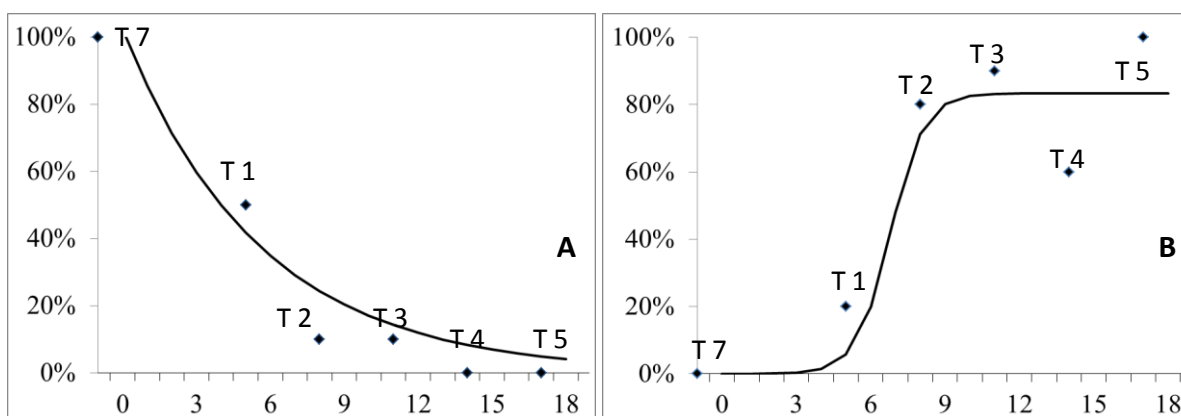
Atividade de forrageamento aos 30 dias:

$Y = -8147 / (1 + (-7967e^{+0,1795x}))$, onde X é a dosagem e Y é a porcentagem de forrageamento.

Os dados do T6 não foram utilizados para fazer as regressões por esse tratamento não utilizar a medida de dosagem baseada na área real.

As regressões logísticas de paralisação e atividade de forrageamento aos 30 dias tornaram mais nítidas as diferenças entre dosagens. Pela regressão logística, a eficiência máxima de paralisação é de 83% a partir de 10 g/m² de área real (Figura 13B), com forrageamento abaixo dos 10% a partir de 13 g/m² de área real (Figura 13A). Portanto, aos 30 dias após o controle via trilha de abastecimento a dose mínima necessária para evitar danos ao eucalipto, principalmente no plantio, é de 13 g/m² de área real.

Efetivamente o tratamento T5 teve 100% de paralisação aos 30 dias (Figura 12B) e paralisação do forrageamento aos 15 dias (Figura 12A). Contudo, na análise de regressão logística os valores obtidos pelos demais tratamentos influenciam na curva do gráfico, de tal modo que não se atinge 100% de paralisação (Figura 13A e 13B). Todavia, o mais importante da análise de regressão logística é estabelecer a dose mínima necessária para controlar com eficiência saúveiros de *A. sexdens rubropilosa* via trilhas de abastecimento.



Figuras 13: Regressão Logística. Trinta dias após o controle. **A:** Forrageamento. **B:** Paralisação da atividade. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Junho de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

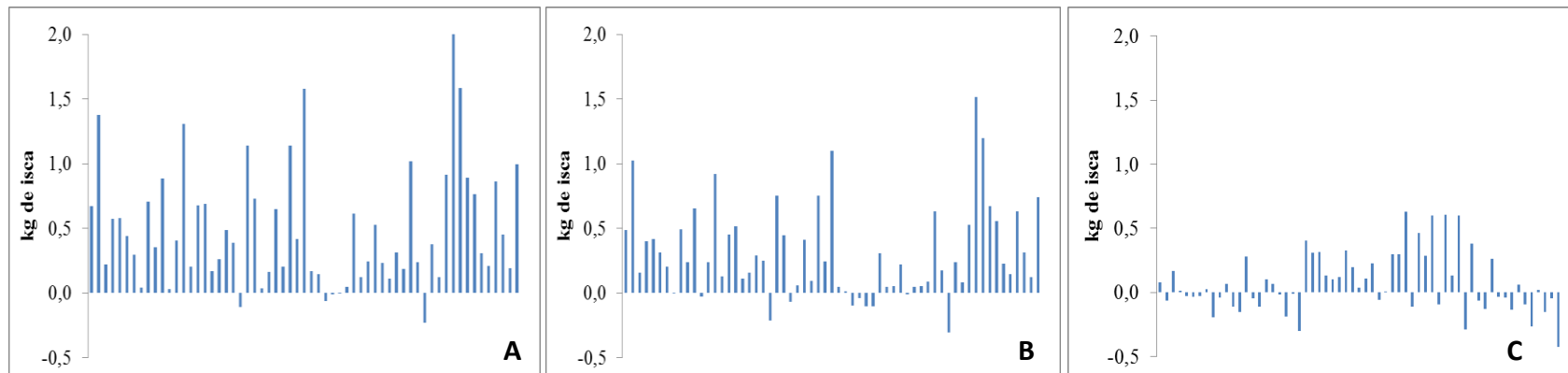
Quanto à paralisação aos 30 dias após o controle, os dados encontrados nesta pesquisa (Figuras 12B e 13B) corroboram pesquisas com esse princípio ativo (sulfloramida 0,3%). Paralisação de 100% de saúveiros de *A. sexdens rubropilosa* pelo método de dose única, com média de 10,4 g/m² de isca Mirex-S (sulfloramida 0,3%) (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995). Com a mesma espécie, obteve-se paralisação total com 10 g/m²

(ZANETTI et al., 2004). Para *A. sexdens sexdens*, paralisação de 100% com 8 g/m² e 89% com 10 g/m² (CRUZ et al., 1996). Para *A. cephalotes*, paralisação de 83 e 90% com 8 e 10 g/m², respectivamente (ZANUNCIO et al., 1996b). Para *A. laevigatta*, paralisação de 80% com 8 g/m² (ALVES et al., 1997).

Quanto ao forrageamento o tratamento T1 aos 30 dias após o controle estava com 50% de atividade (Figuras 12A e 13A), o que torna esse tratamento inviável para controle de formigas via trilha de abastecimento, mesmo que este tenha apresentado paralisação de 90% aos 90 dias (Figura 12B), pois se for considerado a etapa de plantio de mudas, geralmente realizada antes de completar 30 dias de controle de formigas, pode haver perdas por danos causados pelo forrageamento. Nesta pesquisa foi considerada atividade de forrageamento mesmo sendo insipiente e desorganizada, porém a partir do 9º dia após o controle de saúveiros de *A. laevigatta* dosados com 8 g/m² de isca formicida (sulfluramida) não há mais danos às mudas de eucalipto (ALVES et al., 1997).

3.3.3. Desvio de dosagens

Dimensionou-se o desvio de dosagens através do cálculo da dosagem necessária para controlar os ninhos por estimativas de área aparente do retângulo (AAR) e área aparente da elipse (AAE) e a dose única (DU 6-50) quando comparados com a dosagem via orifício de abastecimento pela RDIF (Figura 14A, 14B e 14C).



Figuras 14: **A:** Desvio de dosagens comparando os métodos de dosagem pela área aparente do retângulo e a dosagem via orifícios de abastecimento. **B:** Desvio de dosagens comparando os métodos de dosagem pela área aparente da elipse e a dosagem via orifícios de abastecimento. **C:** Desvio de dosagens comparando os métodos de dosagem pelo DU 6-50 e a dosagem via orifícios de abastecimento. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Julho de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

Os desvios de dosagens foram maiores nas dosagens por medição da área aparente pela elipse e, principalmente, pelo retângulo, mas menores no método DU 6-50, tendo este melhor precisão, e não necessita de correção de dosagem por classe de tamanho (TORRES et al., 1995; ZANUNCIO et al., 1996; LOPES et al., 1999)

Os desvios de dosagem do método dose única DU 6-50 foi calculado com dose de 10 g/m^2 de área obtida pela RDIF, ou seja, a dosagem com a RDIF menos a obtida pelo DU 6-50, mostrou baixo desvio (Figura 14C). Isto mostra que a dosagem de 10 g/m^2 para área real via RDIF, ficou muito próximo a média de $10,4 \text{ g/m}^2$ de dose única (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995).

Maiores desvios de dosagens no controle de saueiros pelo método convencional (AAR), mostraram baixa precisão, corroborando observações de falta de correlação entre o parâmetro área de terra solta e os parâmetros número e volume total de câmaras de ninhos de *A. bisphaerica*, e concluindo que o método de dosagem convencional é impreciso e pode super ou subestimar a dosagem (MOREIRA et al., 2002). Portanto é inadequado para o cálculo da dosagem de formicidas para ninhos de *A. bisphaerica*. Nesta pesquisa superestimou bem mais do que subestimou. As dosagens e a metodologia de controle convencional, mencionado neste trabalho como AAR, precisam ser revistas (ZANUNCIO et al., 1997).

Os desvios de dosagens para AAE são necessariamente um problema, pois não é utilizado operacionalmente no controle de saueiros pela falta de praticidade, mesmo com desvio seja acentuado que a AAR. No entanto, pesquisas que são necessárias medições de área externa de saueiros a AAE deve ser utilizada no lugar de AAR.

3.4 CONCLUSÕES

- O diâmetro do orifício de abastecimento mais ativo e a área real do sauveiro apresentam correlação positiva;
- O método de dosagem dos sauveiros via orifício de abastecimento mais ativo com o auxílio da Régua de Dosagens de Iscas Formicidas (RDIF) é eficiente;
- O controle de sauveiros via orifício de abastecimento mais ativo dosados com auxílio da RDIF não tem desvio de dosagem significativo porque o cálculo de dosagens se baseia na área real dos sauveiros;
- Dosagens equivalentes a partir de 9 g/m^2 aplicadas com auxílio da RDIF têm 100% de eficiência no controle de formigas cortadeiras;
- Os cálculos de dosagens feitos através das medições da área aparente do retângulo, método convencional, e área aparente da elipse apresentam grandes desvios de dosagens, sempre superestimam dosagens, e necessitam ser corrigidos;
- O DU 6-50 é o método com menor desvio de dosagens, portando, entre os métodos de aplicação localizada, é o mais adequado;

- A medição de área real por quadrantes é inadequada para ser usada operacionalmente no controle de saueiros, no entanto, para fins de pesquisas com o intuito de estabelecer a área do ninho é a mais adequada.
- A medição da área aparente do retângulo não é adequada para fins de pesquisa. Nesse caso deve-se usar a área real medida pelos quadrantes, quando a amostragem for baixa, ou a área aparente da elipse se a amostragem for alta.

Capítulo II

**PRECISÃO DOS MÉTODOS DE RECOMENDAÇÕES DE DOSES DE ISCAS
FORMICIDAS PARA NINHOS DE *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) E IMPLICAÇÕES NO CONTROLE**

RESUMO

O manejo de formigas cortadeiras com iscas formicidas envolve aplicação localizada, próxima aos ninhos, e sistemática, iscas distribuídas de forma regular na área, independente da localização dos ninhos. O controle sistemático visa reduzir a densidade de ninhos pequenos não visualizados, pela distribuição uniforme de iscas, geralmente, em porta-iscas. Em áreas com maior infestação de ninhos acima de 1 m^2 , há necessidade de realizar o controle localizado. Este método estima a área aparente do saueiro, pela multiplicação do maior comprimento pela maior largura, para se calcular a dose. Apresenta boa eficiência no controle de saueiros, mas baixa precisão, sendo que a mortalidade ocorre por superestimativa de dosagem. O objetivo desta pesquisa foi comparar a área real dos saueiros com as áreas aparentes do retângulo e da elipse, e com a dose única DU 6-50, e dimensionar os desvios de dosagens de iscas formicidas. O método DU 6-50 consiste na dose única (DU) de seis gramas para determinado orifício, com raio de abrangência de 50 cm do orifício dosado, e qualquer outro orifício nesse raio não é dosado. As áreas aparentes do retângulo e da elipse apresentaram grandes desvios de dosagens, e o DU 6-50 apresentou dosagem próxima à dosagem por área real. Fatores de correção foram estabelecidos para as áreas aparentes do retângulo e da elipse, e obtiveram-se as áreas corrigidas, com desvios de

dosagem pouco significativos. Os ninhos foram controlados de acordo com a área real para estabelecer a dose necessária, sendo testados seis tratamentos: T1: dosagem equivalente de 6 g/m², T2: 9 g/m², T3: 12 g/m², T4: 15 g/m², T5: 18 g/m², T6: testemunha. A paralisação do forrageamento e paralisação total da atividade aos trinta dias após aplicação foram mais eficientes em T3, T4 e T5, seguidos por T2, com paralisação menor, e T1 foi ineficiente.

Palavras-chave: formigas cortadeiras, forrageamento, manejo florestal, impacto ambiental e controle químico.

PRECISION OF INSECTICIDE BAIT APPLICATION METHODS TO *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NESTS AND IMPLICATIONS FOR THE LEAF CUTTING ANTS CONTROL

SUMMARY

The management of leaf cutting ants with insecticide baits involves located control, next to nests, and systematic control, baits distributed regularly in the area, regardless of the location of nests. The systematic control reduces significantly the density of small nests by uniform distribution of baits, usually packed in microbag bait, which will be found by ant of those small nests, which are not normally viewed by the applicators. In areas with high infestation of nests with more than 1 m² is necessary to control those nests by located method. It estimates the leaf cutting ant nest by the longest length and by longest width, to calculate the dosage. This method has good efficiency to control leaf cutting ant nests, but it has low precision, and mortality occurs in most of the cases by overdose. The purpose of this study was to compare the real nest area, measured by quadrants of 1 m², with the apparent areas of the rectangle and ellipse, and with the single dose method DU 6-50, and to measure the deviations of dosages of ant baits. The DU 6-50 method consists of the single dose (DU - abbreviation for single dose in Portuguese) of six grams for a particular hole, with a coverage area of 50 cm radius around the hole dosed, and other holes in this area are not dosed. The apparent area of the rectangle and ellipse measurements showed large deviations, and DU 6-50 showed dosage as well measurement as real area. For the apparent areas of the rectangle and ellipse were established correction factors, and obtained the corrected areas, which not present significant deviations in dosage applied. Posteriorly, the located control was accomplished according to the real area of the nest to establish the required dose. To the control were tested six treatments: T1: equivalent dose of 6 g/m², T2: 9 g/m², T3: 12 g/m², T4: 15 g/m², T5: 18 g/m², T6: control. The most effective treatments for standstill of the activity at thirty days after application were T3, T4 and T5; T2 lower standstill of the activity, and the T1 was ineffective.

Keywords: leaf-cutting ants, foraging, forest management, environmental impact and chemical control.

4.1 INTRODUÇÃO

O ninho protege a prole e a rainha contra inimigos naturais e condições ambientais desfavoráveis e favorece o controle da distribuição da fonte de alimento para a prole (SUDD, 1982). A arquitetura do ninho é importante no controle microclimático, incluindo temperatura, umidade e concentração de gases (SEELEY & HEINRICH, 1981).

Ninhos adultos de *Atta* spp. são formados pela parte externa e interna. A externa constitui o murundu ou monte, geralmente com grande quantidade de terra e orifícios, ou olheiros, que dão acesso à parte interna do ninho, formada por túneis, de diversos diâmetros e formas, para o trânsito das formigas entre as câmaras e a parte externa (MOREIRA et al., 2004). As câmaras ou panelas podem ser ativas com cultivo de fungo e criação da prole, para descartar resíduos (lixo), ou inativas, com terra ou vazias (MARICONI, 1970).

A retirada do solo para a parte externa durante a construção do ninho, câmaras e túneis, caracteriza ninhos de saúvas, mas com padrões diferentes para cada espécie. Ninhos de *A. sexdens rubropilosa* são fundados em locais sombreados, e formam o monte de terra com orifícios em funis ou pequenos vulcões, em nível inferior a borda (MARICONI, 1970). Ninhos de *A. laevigata* são fundados em locais sombreados ou ensolarados, formando o

monte de terra geralmente convexo e com orifícios abrindo-se diretamente ao nível de terra solta (MARICONI, 1970), e com menos orifícios que *A. sexdens*, e tais montes de terra são altos, podendo ultrapassar 1 m de altura (GALLO et al., 2002). Ninhos de *A. cephalotes* são, geralmente, encontrados em locais sombreados e úmidos (CHERRET, 1968; DELABIE, 1990, DELABIE et al., 2007), com montes de terra de aproximadamente um metro de altura por dois metros de diâmetro, e pouca profundidade. Isto pode ser devido à espécie ser encontrada em local cujo lençol freático está próximo ao nível do solo (GALLO et al., 2002). Variações no formato de ninhos entre espécies de saúvas são importantes na regulação da temperatura interna, sobretudo para espécies com ninhos mais superficiais (FORTI, 2011).

Ninhos de *A. laevigata* possuem a parte interna, câmaras e túneis, na projeção da parte externa, tendo as câmaras até sete metros de profundidade, com 7864 câmaras esféricas e volume médio de 1,24 L (MOREIRA et al., 2004). Ninhos de *A. sexdens rubropilosa* também possuem a parte interna na projeção da externa, e câmaras até cinco metros de profundidade (PRETTO, 1996). Dois ninhos com seis anos de *A. sexdens rubropilosa* apresentaram 1027 e 1920 panelas (AUTUORI, 1942b; 1947).

A área de ninhos de *Atta cephalotes* varia de 0,1 a 130 m², e as distâncias percorridas pelas forrageiras para buscar folhas aumentam com o crescimento do ninho (LEWIS et al., 1974a). Um ninho dessa espécie apresentou no Amapá de 177 m², pela fórmula da área do círculo, com diâmetro regular de 15 m, e 225 m² pela medida convencional (DEL PIERO, não publicado).

A temperatura dentro do ninho de *A. cephalotes* na Amazônia foi de 27 a 28° C com temperatura do solo em volta de 26 a 27°C (LEWIS et al., 1974b).

Ninhos maiores têm menor eficiência de forrageamento que os menores, e seu tamanho lhe conferem outros benefícios, como proteção da colônia (LEWIS et al., 1974a).

Dosagem de saúveiros é baseada na medida convencional da área externa dos ninhos, por m² é recomendado 10 g de isca formicida (MARICONI, 1970; BRASIL, 2012, ATTA-KILL, 2012).

A sulfloramida (N-etil perfluorotano sulfonamida) passou a ser utilizado em larga escala no lugar do dodecacloro (ZANUNCIO et al., 1992, 1993, 1996b,

1997; ALVES et al., 1996 e 1997, LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995; CRUZ et al., 1996; ZANETTI et al., 2004) em razão da necessidade de substituição do dodecacloro por outro princípio ativo de menor efeito residual e menos estável no meio ambiente (ZANUNCIO et al., 1993). A isca formicida à base de dodecacloro (0,45%) na dose de 10 g/m² pode ser substituída pela isca com sulfluramida (0,3%) nas doses de 8 g/m² e 10 g/m² (ZANUNCIO et al., 1993).

A DL₅₀ oral do sulfluramida é maior que 2000 mg.kg⁻¹ e a DL₅₀ dérmica maior que 2000 mg.kg⁻¹ (ATTA-KILL, 2011). A sulfluramida afeta o processo de fosforilação oxidativa, interrompendo a produção de ATP, durante o processo de digestão (PINHÃO et al., 1993). Os insetos são intoxicados pela lambadura e trofalaxia, com boa dispersão por ter ação lenta do sulfluramida (FORTI et al., 1998).

Formicidas a base de sulfluramida (0,3%) foram eficientes contra várias espécies de formigas cortadeiras, como *A. sexdens rubropilosa* (ZANUNCIO et al., 1993; LARANJEIRO & ZANUNCIO, 1995; ZANETTI et al., 2004), *A. laevigata* (ZANUNCIO et al., 1992, 1996a; ALVES et al., 1996, 1997), *A. cephalotes* (ZANUNCIO et al., 1996b) e *A. bisphaerica* (ZANUNCIO et al., 1993).

O controle de saueiros com iscas formicidas (sulfluramida 0,3%) é feito por medição convencional de área (ZANUNCIO et al., 1996b; CRUZ et al., 1996; ZANETTI et al., 2004), área estratificada (ALVES et al., 1996 e 1997) ou dose única (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995). Porém os controles não se baseiam na área real.

A proporção de orifícios de limpeza por área de saueiro reduz com a idade dos ninhos (HERNÁNDEZ et al., 1999), conseqüentemente, o método de dose única precisa de correção para classes de tamanho dos saueiros (ZANUNCIO et al., 1996a; LOPES, 1999), e distancia mínima de 20 cm entre os orifícios que recebem dose (LARANJEIRO, 1994; LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995). O método de dose única DU 6-50 pode ser uma alternativa para o controle de formigas cortadeiras. Este é um método de dose única (DU) com seis gramas por orifício, em um raio de 50 cm, sem que outros orifícios nessa área de abrangência sejam dosados.

O controle localizado pelo método convencional é o mais utilizado para controle de formigas cortadeiras, e apesar de relativamente simples e prático não é o mais

adequado para cálculo de dosagens, pois o monte de terra não representa o tamanho real dos ninhos, o que ocasiona super ou sub dosagens (MOREIRA & FORTI, 1999; FORTI e PRETTO, 2000; MOREIRA et al., 2002). Isto mostra a necessidade de buscar novas metodologias de medir os saueiros e obter dimensões de áreas mais próximas da área real dos ninhos no controle localizado, o que aumentaria a precisão na dosagem e auxiliaria na redução de impactos ambientais.

Este trabalho tem como objetivo estabelecer a dosagem de isca formicida para controlar saueiros baseado na área real dos ninhos e verificar a precisão dos métodos de controle localizado em plantios de eucalipto, pela medição da área aparente do retângulo ou método convencional, área aparente da elipse e dose única DU 6-50.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Medição da área dos saueiros por diferentes métodos

A área real dos saueiros foi determinada conforme item 3.2.1., totalizando 64 ninhos de *A. sexdens rubropilosa*. As áreas aparentes dos mesmos foram mensuradas pela fórmula da elipse e do retângulo.

Foram medidos apenas saueiros com área de terra agregada para evitar possíveis distorções das dimensões de áreas, não sendo quantificados saueiros com área estratificada (ALVES et al., 1996 e 1997; GRANDEZA et al., 1999; ZANUNCIO et al., 2000).

4.2.1.1 Medição da área aparente pela fórmula da elipse

A área aparente do sauveiro pela medição da área da elipse ($A=\pi ab$; $a=1/2$ largura e $b=1/2$ comprimento), baseou-se nas maiores larguras e comprimento (HERNÁNDEZ et al., 1999). As maiores larguras e comprimentos foram delineados em papel milimetrado com esquadros e transferidor para que a intersecção das retas a e b formassem um ângulo de 90° (Figuras 1A e 1B). A Área Aparente da Elipse foi denominada como AAE.

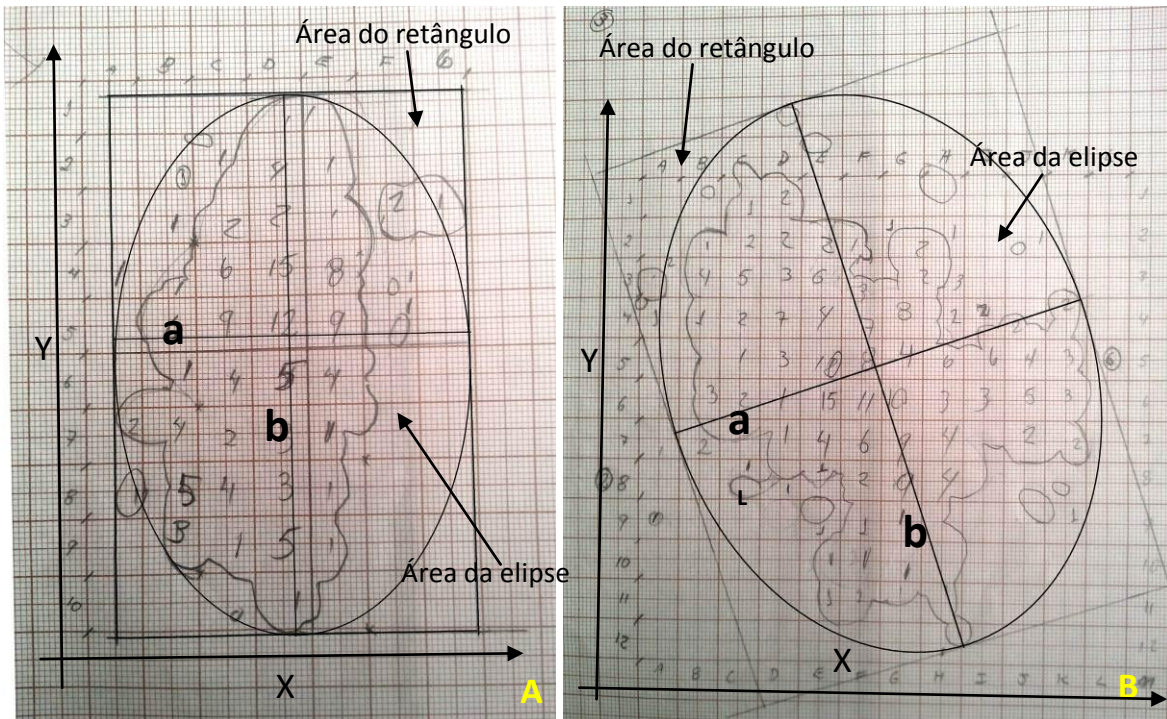
Os sauveiros mensurados por este método foram os mesmos da medição por quadrantes (Figuras 2A).

Pela medição da área aparente pela elipse foi verificado o desvio na dosagem quando comparado com a área real.

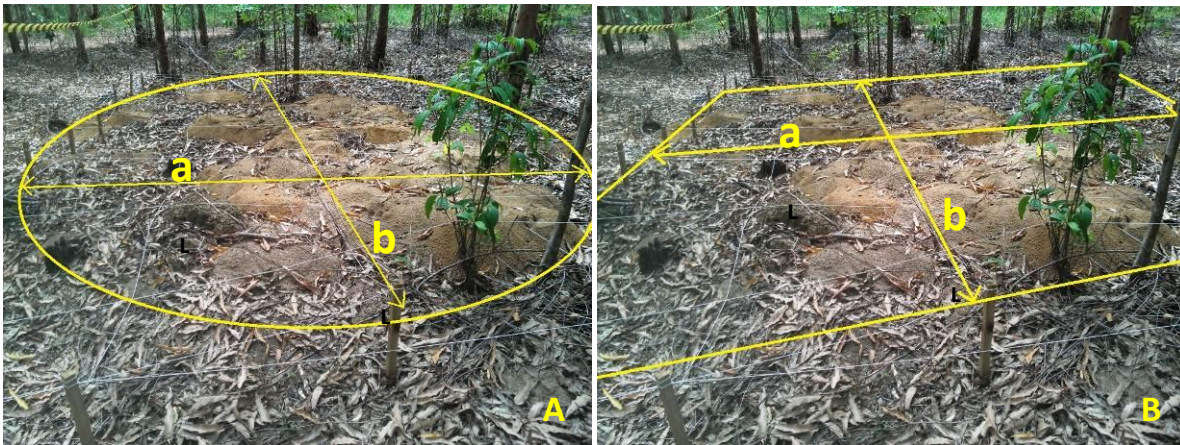
4.2.1.2 Medição da área aparente pela fórmula do retângulo

A área aparente do retângulo ($A = ab$; $a =$ largura e $b =$ comprimento) foi obtida com as maiores largura e comprimento (MARICONI, 1970; ALVES, 1996, 1997; GRANDEZA et al., 1999), delineadas em papel milimetrado com esquadros e transferidor para que a intersecção das retas a e b formassem um ângulo de 90° (Figuras 1A e 1B). A Área Aparente do Retângulo foi denominada como AAR.

Sauveiros mensurados por este método foram os mesmos daqueles por quadrantes (Figura 2B), e a área aparente do retângulo usado para verificar o desvio de dosagens comparado com a área real.



Figuras 1: A e B: Quadrantes representando a área real do saueiro nos plano XY. Área aparente pela forma da elipse e do retângulo. L: largura; C: comprimento. Escala 1:100. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Janeiro de 2012. Aracruz, Espírito Santo.



Figuras 2: A: Área aparente do saueiro pelo formato da elipse; **B:** Área aparente do saueiro pelo formato do retângulo. L: largura; C: comprimento. Escala 1:100. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Janeiro de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

4.2.2 Controle de saueiros pela área real

Para realizar o controle a área real dos saueiros foi dimensionada por quadrantes conforme item 3.2.1. Sessenta saueiros de *A. sexdens rubropilosa* distribuídos aleatoriamente em um talhão de eucalipto de 35,42 hectares foram dimensionados.

O teste de controle dos saueiros pela área real foi realizado com os tratamentos: T1: 6 g/m², T2: 9 g/m², T3: 12 g/m², T4: 15 g/m², T5: 18 g/m², T6: Testemunha. Cada tratamento teve 10 repetições, cada repetição composta por um saueiro.

Os saueiros foram tratados com isca formicida Mirex-S Max (sulfloramida 0,3%), cuja quantidade total de isca necessária por saueiro indicada com multiplicação da área real pela dosagem desejada. As doses foram distribuídas ao redor do monte de terra solta, distante 50 cm dos mesmos.

4.2.3 Monitoramento da atividade de forrageamento e paralisação dos saueiros

Os saueiros foram avaliados após o controle via orifícios de abastecimento, verificando-se paralisação da atividade em 1, 3, 7, 15, 30, 60 e 90 dias (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995). Nas avaliações de um e três dias verificou-se a devolução de isca, pois com três dias ainda não há paralisação do saueiro. Nas demais avaliações observou-se a presença de formigas, em caso positivo, verificou-se atividade de forrageamento. Ao término dos 90 dias os saueiros não foram abertos com trincheiras ou sondas JP (CRUZ et al., 1996; ZANUNCIO et al., 1996; ALVES et al., 1996 e 1997; ZANETTI, et al., 2003 e 2004) por não ser metodologia prática de avaliação para um grande número de saueiros.

4.2.4 Análise do forrageamento e paralisação dos saueiros

Os dados de forrageamento e paralisação dos saueiros foram analisados com o programa CurveExpert 1.3 e obtidas às equações logísticas da atividade de forrageamento e paralisação aos 30 dias, seguindo o modelo $Y=a/(1+b(e^{-cx}))$, sendo Y a variável a ser estimada (forrageamento ou paralisação), a , b e c são constantes, e é base dos logaritmos neperianos, e X a dosagem aplicada (g/m^2).

A análise de 30 dias após o controle foi escolhida por diferenciar melhor os tratamentos com relação à atividade de corte e paralisação.

4.2.5 Desvio de mensuração de áreas e desvio de dosagens

Foi calculado o desvio de dosagens entre a medição da área real (AR) e as áreas aparentes do retângulo ($A=ab$; a =largura; b =comprimento) e da elipse ($A=\pi ab$; $a=1/2$ largura e $b=1/2$ comprimento), e o método dose única DU 6-50 (ver item 3.2.7).

O desvio de dosagens também foi calculado com as medições de área aparente da elipse e retângulo dimensionados com fatores de correção. As áreas reais dos 64 saueiros foram confrontadas com suas respectivas áreas aparentes (retângulo e elipse), e calculada a proporção da área real (AR) em relação a as áreas aparentes da elipse (AAE) e do retângulo (AAR):

$$AR_{AAE}=AR/AAE \quad \text{e} \quad AR_{AAR}=AR/AAR$$

A média aritmética dos valores encontrados para AR_{AAE} e AR_{AAR} foi calculada e definida como fatores de correção para o cálculo de área, respectivamente fc_{AAE} e fc_{AAR} , e, posteriormente, obteve-se o área aparente da elipse corrigida ($AAE_{corrigida}$) e a área aparente do retângulo corrigida ($AAR_{corrigida}$):

$$AAE_{corrigida}=AAE \times fc_{AAE} \quad \text{e} \quad AAR_{corrigida}=AAR \times fc_{AAR}$$

Para estimativa de controle pela AAE, $AAE_{\text{corrigida}}$, AAR, e $AAR_{\text{corrigida}}$ foi utilizado 10 g/m^2 , recomendado para *A. sexdens rubropilosa* (BRASIL, 2012).

A estimativa de acurácia e precisão nas medições de área foi realizada com análise de regressão linear para determinar os modelos de regressão, entre AAE e AR, AAR e AR, $AAE_{\text{corrigida}}$ e AR, e $AAR_{\text{corrigida}}$ e AR. Nesses modelos de regressão linear $y=ax+b$, x é a área real e y as áreas aparentes. Os parâmetros inclinação da reta (a) e intersecção da reta (b) e variância dos erros absolutos para determinação da acurácia, e o coeficiente de determinação (R^2) para determinação da precisão foram utilizados para comparar os dados estimados entre as áreas aparentes da elipse e do retângulo e a área real. As estimativas que resultaram em equações de regressão em que os parâmetros “a” e “b” não diferiram estatisticamente de 1 e 0, respectivamente, foram considerados como desvios não significativos de medição de áreas.

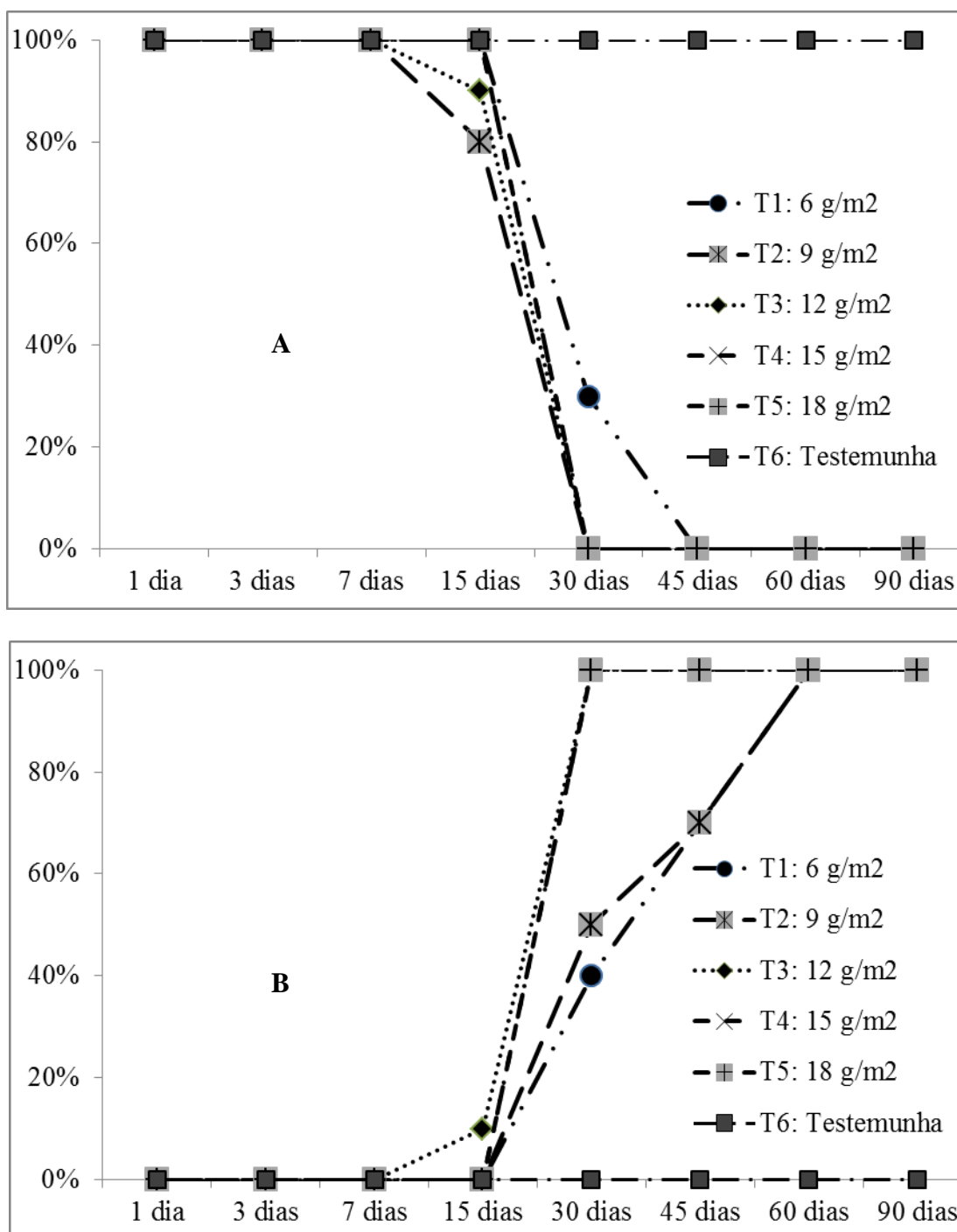
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 90 dias a média de crescimento da área real dos saueiros testemunhas foi de 18,5 m², 77,6 %, valor superior aos 51,2% observado em João Pinheiro, MG, para *A. sexdens rubropilosa* (GRANDEZA et al., 1999), e semelhante aos 75,3% em Aracruz, ES, provavelmente por ser a mesma espécie no mesmo município (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995). Essas pesquisas utilizaram medição dos saueiros pelo método convencional (área aparente pelo retângulo). Para ninhos de *A. laevigata* com quatro anos em Monagas, Venezuela, utilizando medição pela área aparente da elipse foi observado crescimento médio de 71 m², sendo maior nos 30 primeiros meses (HERNÁNDEZ et al., 1999).

4.3.1 Atividade de forrageamento e paralisação dos saueiros

Nas primeiras avaliações após a aplicação de isca não foi observado paralisação da atividade de forrageamento e paralisação total dos saueiros (Figuras 3A e 3B),

porém nota-se uma sequência típica de acontecimentos pela intoxicação, como observado no *Capítulo I*. Um dia após a aplicação havia atividade regular de corte e transporte e formigas com sintomas leves de intoxicação, como lentidão e falta de agressividade (FORTI et al., 1998). Três dias após a aplicação todos os ninhos apresentavam grande quantidade de fragmentos de folhas nas entradas dos orifícios sobre o monte de terra e de abastecimento, e formigas com dificuldades de locomoção ou mortas, especialmente nas dosagens maiores (T3, T4 e T5). Nas avaliações de um e três dias após o controle não se observou devolução de isca. No sétimo dia todos os tratamentos apresentaram grande quantidade de formigas mortas ao redor dos orifícios sobre o sauveiro e de abastecimento, formigas com dificuldade de locomoção e poucas formigas vivas. No 15º dia havia sauveiros totalmente paralisados, sobretudo com maiores dosagens, T3, T4 e T5. Os sintomas de intoxicação descritos para o 1º, 3º, 7º e 15º dias após aplicação também foram observados em outra pesquisa com *A. sexdens rubropilosa* (LARANJEIRO e ZANUNICO, 1995). A paralisação do forrageamento e da atividade dos sauveiros, em geral, acorreram aos 15 e 30 dias, respectivamente, mas com variação entre tratamentos. A paralisação do forrageamento, em geral, ocorreu antes da paralisação total da atividade do sauveiro, ou seja, ninhos que paralisaram o forrageamento, mas com presença de formigas vivas, mesmo que debilitadas e com sintomas de intoxicação (FORTI et al., 1998). A paralisação total ocorreu aos 30 dias nas maiores as dosagens (T3, T4 e T5), e aos 60 nas menores dosagens (T1 e T2). A paralisação do forrageamento ocorreu aos 30 dias nos T2, T3, T4 e T5, e aos 45 dias no T1. Os tratamentos T1 e T2 paralisaram totalmente o forrageamento, respectivamente 45 dias e 30 dias, antes da paralisação total dos ninhos, provavelmente esta paralisação mais gradual em relação aos outros tratamentos deve-se as menores dosagens dos tratamentos T1 e T2 (Figuras 3A e 3B). A atividade de forrageamento nos 15º e 30º eram insipientes e desorganizadas, como observado no *Capítulo I*, com número limitado de operárias, sendo o corte e o transporte realizados por jardineiras ou por soldados, as quais não são as mais aptas para a atividade de forrageamento (HART et al., 2002). Nenhum sauveiro paralisou totalmente antes do 15º dia, como observado em Laranjeiro e Zanuncio (1995). Nenhum dos sauveiros devolveu isca, mas este problema foi detectado por Zanetti et al. (2004).



Figuras 3: Dias após o controle. **A:** Forrageamento **B:** Paralisação total. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Julho de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

Observou-se paralisação da atividade no terceiro dia após aplicação com a mesma espécie e isca (Mirex-S, i.a. sulfluramida 0,3%), sendo 10 g/m² e medição

convencional (ZANETTI et al, 2003). Essa diferença pode ser pelo fato desta pesquisa registrar ocorrência de atividade mesmo que fosse reduzida. Com a mesma espécie e isca, utilizando o método dose única com dosagem média de $10,4 \text{ g/m}^2$, obteve-se paralisação total da atividade aos 30 dias (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995). Este resultado foi semelhante aos registrados em T2, T3, T4 e T5. No entanto Zanetti et al. (2003) refere-se à paralisação da atividade como paralisação do forrageamento e Laranjeiro e Zanuncio (1995) como inatividade.

Trabalhos com iscas Mirex-S (sulfluramida 0,3%) e outras espécies de *Atta* pragas importantes para o setor florestal mostraram resultados de paralisação total com grande variação. *Atta sexdens sexdens*, com 10 g/m^2 (medida convencional), teve 100% paralisação aos 90 dias (CRUZ et al., 1996). *Atta laevigata*, com 8 g/m^2 em área total (medida convencional), teve 100% de paralisação do forrageamento aos 60 dias e área estratificada 80% de paralisação aos 90 dias (ALVES et al., 1997).

Os tratamentos T1 e T2 mesmo com doses relativamente baixas tiveram boa eficiência (Figuras 3A e 3B), provavelmente pela contaminação em todas as classes de tamanho de operárias, incluindo as menores, as quais cuidam do fungo, e sem essas operárias este é rapidamente dominado por um micro fungo agressivo que cresce sobre o fungo simbiote, e a perda deste fungo leva a paralisação da colônia (FORTI et al., 2007). A paralisação da atividade nos tratamentos com dosagens baixas, pode ter sido consequência da boa distribuição de isca nos saueiros (MOREIRA e FORTI, 1999; FORTI e PRETO, 2000) e a ação lenta do produto, propiciando boa dispersão durante o processo de lambadura e trofalaxia (FORTI, 1998).

Formigas foram observadas em luta próximas a dois orifícios de abastecimento, na região mediana entre dois ninhos e a mais de 30 metros de ambos. Este é um comportamento conhecido (AUTUORI, 1941; WHITEHOUSE e JAFFE, 1995), no entanto não houve invasão de território, e os saueiros, provavelmente, delimitaram seus territórios de acordo com a proximidade com os vizinhos (FORTI, 1985; PRETTO, 1996). Porém, após a dosagem dos ninhos, como no *Capítulo I*, observou-se ocupação do território de forrageamento de dois ninhos tratados e após sua paralisação, 30 dias, saueiros testemunhos avançaram suas trilhas sobre os ninhos tratados, ocorrendo em uma repetição no T3 e outra no

T5. Porém não houve ocupação do ninho tratado, conforme observado por Autuori (1941). A ocupação do ninho morto por outra população de formigas cortadeiras pode ser interessante pelo ganho energético, pois não haveria esforço na construção do ninho, mas exporia o fungo simbiote à ação do micro fungo agressivo presente no saubeiro morto. Este micro fungo é importante na mortalidade de ninhos tratados com isca formicida (FORTI et al., 2007).

A paralisação total da atividade e paralisação do forrageamento com 30 dias após o controle submetidos à regressão logística resultou nas equações logísticas:

Paralisação aos 30 dias:

$Y = 1,0639 / (1 + (14,9558e^{(-0,3571x)}))$, onde X é a dosagem e Y é a porcentagem de paralisação.

Atividade de Forrageamento aos 30 dias:

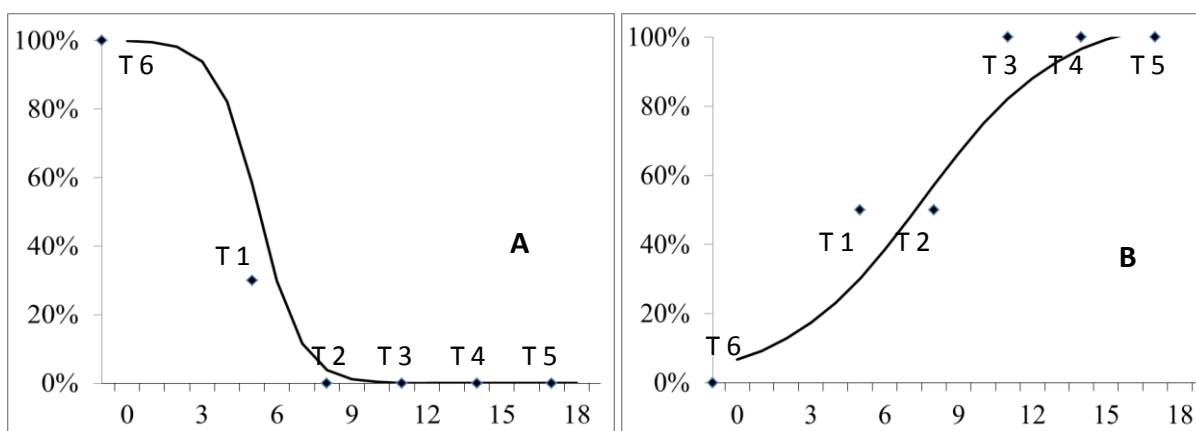
$Y = 1,0020 / (1 + (0,0019e^{(+1,1855x)}))$, onde X é a dosagem e Y é a porcentagem de forrageamento.

As regressões logísticas para a paralisação total da atividade e forrageamento não foram estabelecidas para 15 dias e períodos acima de 30 dias após o controle, por não apresentarem diferenças significativas entre os tratamentos. Aos 15 dias após o controle ainda havia baixa paralisação total dos ninhos e pouca paralisação total da atividade de forrageamento em todos os tratamentos. Períodos acima dos 60 dias havia 100% de paralisação da atividade e do forrageamento em todos os tratamentos, exceto testemunha (Figuras 4A e 4B).

A paralisação máxima da atividade estabelecida pela regressão logística aos 30 dias após o controle foi de 100% com dosagens a partir de 15 g/m² de área real (Figura 4B). A atividade de forrageamento estabelecida pela regressão logística aos 30 dias após o controle foi menor que 10% com dosagens a partir de 8 g/m² de área real, e tendeu a 0% com 11 g/m² de área real (Figura 4A).

Aos 60 dias após a aplicação, todos os tratamentos foram eficientes quanto à paralisação total da atividade e paralisação do forrageamento (Figura 4A e 4B). No entanto, operacionalmente as empresas florestais não programam o plantio 60 dias após o controle de formigas cortadeiras. O plantio, geralmente, é realizado no prazo máximo de 30 dias após o controle. A análise de regressão logística mostrou eficiência de controle de 100% aos 30 dias com dose mínima de 15 g/m² de área real.

As regressões logísticas estão próximas às do *Capítulo I*, mostrando boa acurácia entre os dois trabalhos.



Figuras 4: Regressão Logística. Trinta dias após o controle. **A:** Forrageamento. **B:** Paralisação da atividade. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Junho de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

A alta paralisação da atividade dos saueiros aos 30 dias após o controle corroboram outras pesquisas. Aos 30 dias após o controle, com isca formicida a base de sulfluramida 0,3%, com doses entre 8 a 10 g/m², mostrou paralisação da atividade entre 80 e 100% (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995; ZANETTI et al., 2004; CRUZ et al., 1996; ZANUNCIO et al., 1996b; ALVES et al., 1996 e 1997). No entanto, esses autores estimaram as áreas dos saueiros por medição convencional (ZANUNCIO et al., 1996b; CRUZ et al., 1996; ZANETTI et al., 2004), área estratificada (ALVES et al., 1996 e 1997) ou dose única (LARANJEIRO e ZANUNCIO, 1995).

4.3.2 Desvio de mensuração de áreas e desvio de dosagens

Os desvios de dosagens da AAR (Figuras 5A e 5C) e da AAE (Figuras 5B e 5D) foram maiores que o de DU 6-50 (5E).

Os desvios de dosagens das áreas aparentes do retângulo (AAR) e da elipse (AAE) foram acentuados quando comparados com a área real (AR). Em muitos casos, a diferença de dosagem por saueiro ultrapassou um quilo de isca formicida (Figuras 5C e 5D). Como no *Capítulo I*, os desvios de dosagens de AAR reforçam as conclusões de Moreira et al. (2002) e Moreira e Forti (1999) de que a medição convencional não é o melhor método para dimensionar a dosagem para o controle de saueiros. O método de medição convencional (AAR) e a respectiva dosagem devem ser revistas e precisão de calibração (ZANUNCIO et al., 1997).

O desvio de dosagem do DU 6-50 foi baixo, alternando desvios entre pouca sub dosagem e pouca super dosagem (Figura 5E). Isto demonstra que este método tem melhor precisão, sem necessidade de correção por classe de tamanho do saueiro (TORRES et al., 1995; ZANUNCIO et al., 1996; LOPES et al., 1999), como visto no *Capítulo I*.

O DU 6-50 é de fácil entendimento e aplicação pelos operadores florestais treinados (DEL PIERO, comunicação pessoal), este passa a ser tão eficiente quanto o convencional, com bom rendimento operacional e sem dosagens excessivas. Também é possível controlar saueiros com boa eficiência e sem super dosagem de isca através da Régua de Dosagens de Iscas Formicidas (*Capítulo I*). No entanto, para área total de plantio esse método pode apresentar dificuldade de localização do orifício de abastecimento mais ativo e possíveis perdas de rendimento operacional, sendo restrito a orifícios de abastecimento de saueiros nas divisas entre plantios de eucalípto e APP, até 30 metros para cada lado.

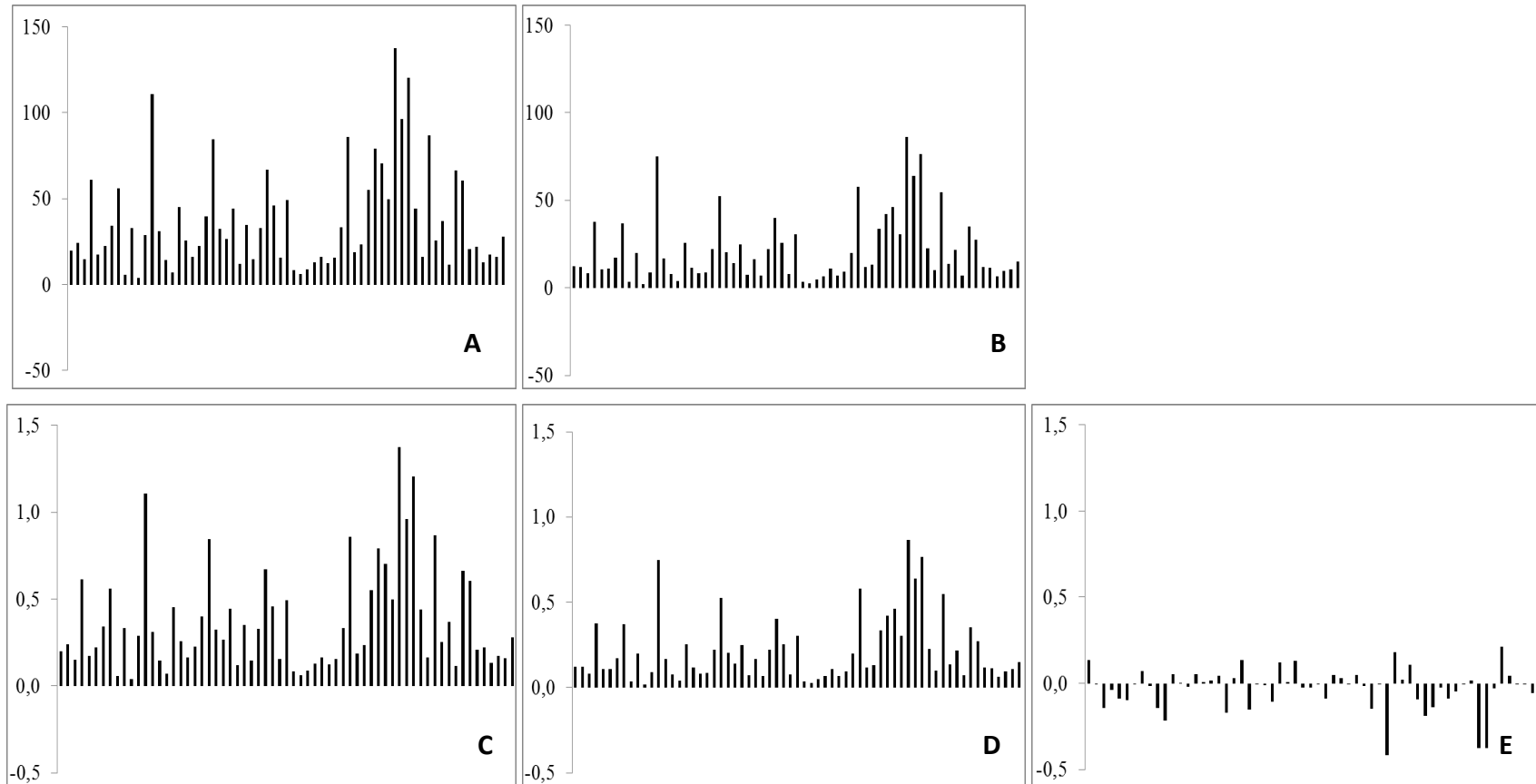


Figura 5: Desvio de precisão na mensuração de área e dosagem. **A:** Mensuração da área aparente do retângulo. **B:** Mensuração da área aparente da elipse. **C:** Dosagem pela área aparente do retângulo. **D:** Dosagem pela área aparente da elipse. **E:** Dosagem pelo método de dose única DU 6-50. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Julho de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

A proporção entre a área real e aparente do retângulo dos 64 ninhos avaliados variou de 0,33 a 0,69, indicando que a área real de um saueiro represente apenas de 33 a 69% da área aparente mensurada pelo método convencional, cuja amplitude resulta em erros na precisão de dosagem. A proporção entre a área real e a aparente da elipse desses ninhos avaliados variou de 0,44 a 0,88 ou 44 a 88% da área real é representada quando o saueiro é mensurado pela elipse, a qual a amplitude foi grande, porém o valor máximo (0,88) chegou mais próximo de 1, mostrando desvio menor com este método que o convencional.

Os fatores de correção mensurados para AAR e AAE foram $fc_{AAR} = 0,4822$ e $fc_{AAE} = 0,6140$, conseqüentemente as áreas aparentes corrigidas do retângulo e da elipse foram:

$$AAR_{\text{corrigida}} = 0,4822.AAR \quad \text{e} \quad AAE_{\text{corrigida}} = 0,6140.AAE$$

Os desvios nas dosagens foram menores com aplicação dos fatores de correção para as áreas aparentes do retângulo e da elipse (Figuras 6A, 6B, 6C e 6D), equiparando-se ao DU 6-50. Os gráficos de desvios mostraram que as áreas corrigidas ($AAE_{\text{corrigida}}$ e $AAR_{\text{corrigida}}$) se equivalem a área real, alternando valores baixos de sub dosagens e super dosagens. Isto ocorre devido os fatores de correção diminuir as diferenças entre as áreas aparentes e a área real dos saueiros.

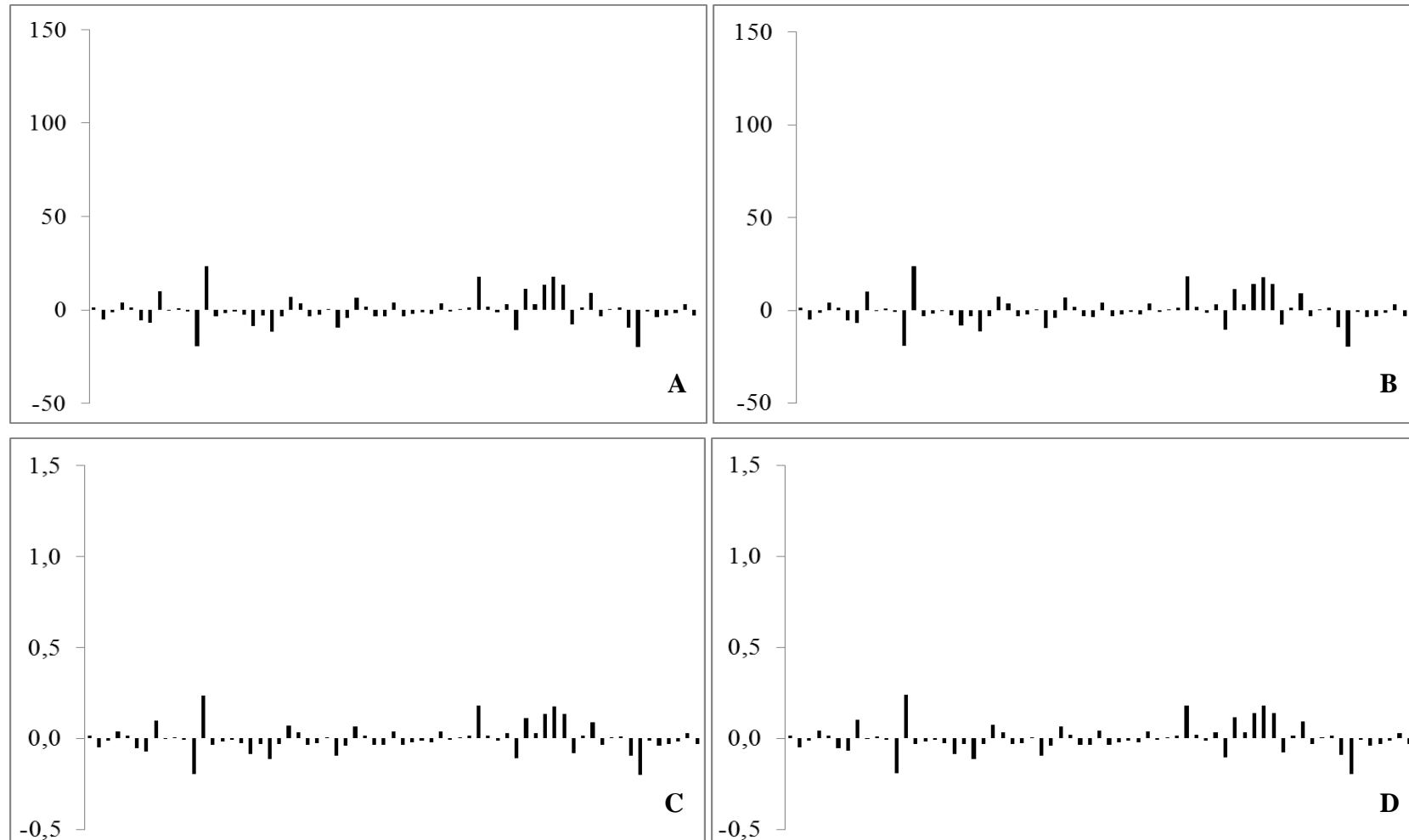


Figura 6: Correção do desvio de precisão na mensuração de área e dosagem. **A:** Mensuração da área aparente corrigida do retângulo. **B:** Mensuração da área aparente corrigida da elipse. **C:** Dosagem pela área aparente corrigida do retângulo. **D:** Dosagem pela área aparente corrigida da elipse. Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Julho de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

As regressões lineares entre a área real e as áreas aparentes (AAR e AAE) geraram os seguintes modelos:

Área aparente do retângulo (Figura 7A):

$$AAR = 2,0832AR - 0,3293 \quad \text{ou} \quad y = 2,0832x - 0,3293$$

Área aparente da elipse (Figura 7B):

$$AAE = 1,6361AR - 0,2587 \quad \text{ou} \quad y = 1,6361x - 0,2587$$

Área aparente corrigida do retângulo (Figura 7C):

$$AAR_{\text{corrigida}} = 0,9999AR - 0,1554 \quad \text{ou} \quad y = 0,9999x - 0,1554$$

Área aparente da corrigida da elipse (Figura 7D):

$$AAE_{\text{corrigida}} = 1,0046AR - 0,1588 \quad \text{ou} \quad y = 1,0046x - 0,1588$$

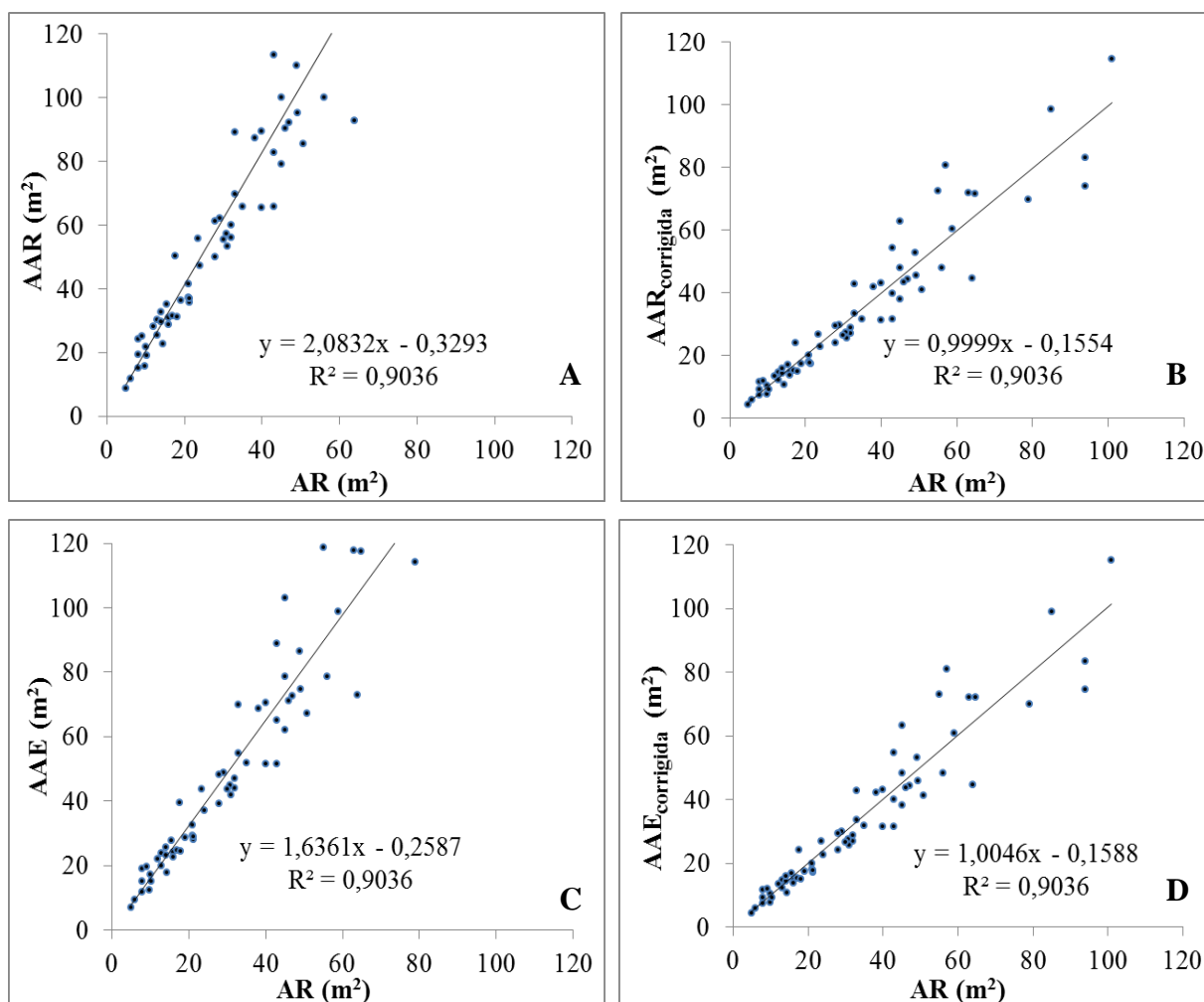


Figura 7: Regressões lineares. **A:** Área aparente do retângulo (AAR). **B:** Área aparente corrigida do retângulo (AAR_{corrigida}). **C:** Área aparente da elipse (AAE). **D:** Área aparente corrigida da elipse (AAE_{corrigida}). Ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Julho de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

Os coeficientes de determinação (R^2) dos modelos lineares entre área real e aparentes (AR e AAR; AR e AAE) mostraram boa precisão nas correlações entre as áreas mensuradas (Figuras 7A e 7C). A intersecção da reta, “b” tem origem em zero ($b = 0$), contudo a inclinação da reta “a” difere de 1 para ambas as regressões, demonstrando baixa acurácia, com o eixo tendendo a superestimar os valores, ou seja, as medições de AAR e AAE superestimam os valores de área real, comprovando que ambas as medidas são inadequadas para mensurar as áreas dos saueiros (Tabela 1).

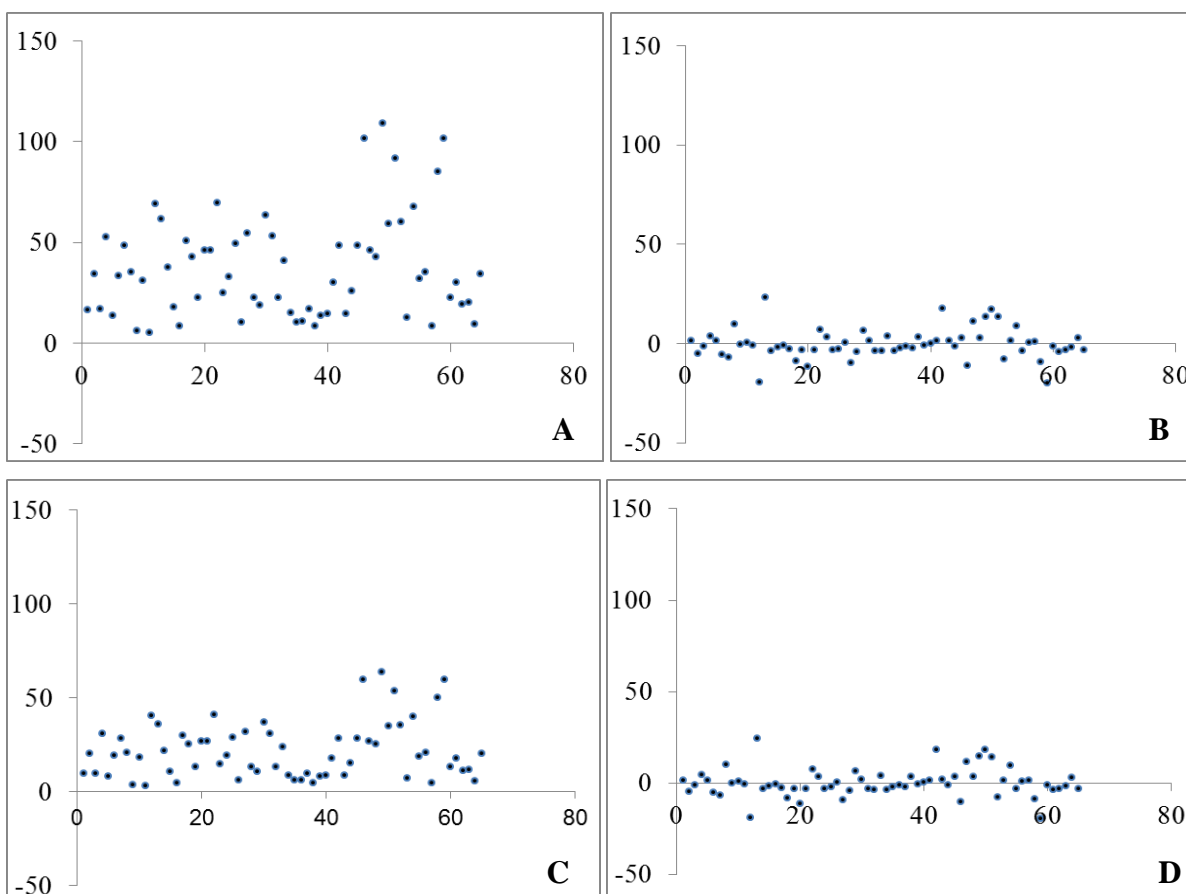
As regressões lineares entre as correlações de área real com as áreas aparentes corrigidas (AR e AAR_{corrigida}; AR e AAE_{corrigida}) mostraram boa precisão e acurácia (Figura 7B e 7D). A inclinação e intersecção da reta, “a” e “b”, não diferem de 1 e 0, respectivamente, demonstrando boa acurácia e sem tendência a superestimativa ou subestimativa. A precisão foi adequada, com coeficiente de determinação de 90% (Tabela 1). Os modelos de regressão mostraram que as áreas aparentes corrigidas são boas estimativas para dimensionar a área real dos ninhos e, conseqüentemente, definir a dosagem adequada, porém não são práticas para controles localizados de ninhos de formigas cortadeiras.

Tabela 1: Acurácia e precisão, representadas pela inclinação (a), intersecção (b) e coeficiente de determinação (R²) nas mensurações de áreas aparentes do retângulo e elipse, e áreas aparentes corrigidas do retângulo e da elipse. Julho de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

Medição	a	b	R ²
AAR	2,0832*	0,2587	0,9036
AAE	1,6361*	0,3293	0,9036
AAR _{corrigida}	0,9999	0,1554	0,9036
AAE _{corrigida}	1,0046	0,1588	0,9036

* Significativamente diferente de 1 (a) ou de 0 (b)

Os erros absolutos (área real vs área aparente) dos modelos de regressão linear simples da área real com as áreas aparentes (AAR, AAE, AAR_{corrigida} e AAE_{corrigida}) superestimaram as áreas aparentes do retângulo e da elipse (Figuras 8A e 8C), e apresentaram estimativas próximas da área real para as aparentes corrigidas do retângulo e da elipse (Figuras 8B e 8D).



Figuras 4.12: Erros absolutos (área aparente menos área real) dos modelos de regressão linear para medição de ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae): **A:** Área real menos área aparente do retângulo. **B:** Área real menos área aparente corrigida do retângulo. **C:** Área real menos área aparente da elipse. **D:** Área real menos área aparente corrigida da elipse. Julho de 2012. Aracruz, Espírito Santo.

4.4 CONCLUSÕES

- As correlações entre a área real e as áreas aparentes do retângulo e da elipse não são representativas para cálculo da área real dos saueiros.
- As medições dos saueiros pelas áreas aparentes do retângulo e da elipse superestimam a dosagem, o que aumenta o desperdício, o impacto ambiental e o custo da aplicação;
- O método DU 6-50 apresenta o menor desvio de dosagens entre os métodos de aplicação localizada, portanto é mais adequado para o controle de formigas cortadeiras;
- As áreas aparentes corrigidas do retângulo e da elipse, pelas análises de regressão linear, são representativas para cálculo da área real dos saueiros.
- As áreas aparentes corrigidas do retângulo e da elipse apresentam baixo desvio de dosagens e são adequadas para o controle ou pesquisa para se estabelecer a área dos ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*;
- A regressão logística mostrou dose mínima de isca formicida de 15 g/m² de área real para controlar saueiros de *A. sexdens rubropilosa*.

5 REFERÊNCIAS

ABREU, J. M.; DELABIE, J. H. C. Controle das formigas cortadeiras em plantios de cacau. **Theobroma**, Ilhéus, v. 16, n. 4, p. 199-211, 1986.

ABREU, J. M.; DELABIE, J. H. C. Controle das formigas cortadeiras em plantios de cacau. In: PACHECO, P.; BERTI FILHO, E. **Formigas cortadeiras e o seu controle**. Piracicaba: IPEF/GTFC, 1987. p. 113-128.

ALMADO, R. P. Manejo de formigas cortadeiras na Arcelor Mittal Florestas. **O Biológico**, São Paulo, v. 69, p. 133, 2007. Suplemento.

ALVES, J. B. et al. Métodos de distribuição de isca granulada em formigueiros de *Atta laevigata* (F. Smith). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 111-116, jan./fev. 1996.

ALVES, J. B. et al. Paralisação de forrageamento e controle de *Atta laevigata* (F. Smith) (Hymenoptera: Formicidae) com Mirex-S (Sulfluramida) em duas metodologias de medição de formigueiros. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 141-146, jan. /fev. 1997.

AMANTE, E. Prejuízos causados pela formiga saúva em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* no estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 6, p. 355-363, 1967.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2010**: ano base 2009. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatistica/ABRAF10-BR.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS.

Anuário estatístico da ABRAF 2011: ano base 2010. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF11/ABRAF11-BR.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS.
Anuário estatístico da ABRAF 2012: ano base 2011. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

ATTA-KILL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS LTDA. **Dossiê Técnico MIPIS Evolution.** Rio Claro, 2011. Disponível em: <http://www.mirex-s.com.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=16>. Acesso em: 04 mar. 2012.

ATTA-KILL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS LTDA.
Formicidas Mirex-S: dicas de utilização. Rio Claro, 2011. Disponível em: <<http://www.mirex-s.com.br/index.php/control/dicas-de-utilizacao>>. Acesso em: 04 mar. 2012.

AUTUORI, M. Contribuição para o conhecimento da saúva (*Atta* spp. - Hymenoptera-Formicidae). I - Evolução do saúveiro (*Atta sexdens rubropilosa*, Forel, 1908). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 12, p. 197-228, 1941.

AUTUORI, M. Contribuição para o conhecimento da saúva (*Atta* spp. - Hymenoptera-Formicidae). II – O saúveiro inicial (*Atta sexdens rubropilosa*, Forel, 1908). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 13, p. 67-88, 1942a.

AUTUORI, M. Contribuição para o conhecimento da saúva (*Atta* spp. - Hymenoptera-Formicidae). III - Escavação de um saúveiro (*Atta sexdens rubropilosa*, Forel, 1908). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 13, p. 136-148, 1942b.

AUTUORI, M. Contribuição para o conhecimento da saúva (*Atta* spp. - Hymenoptera-Formicidae). IV - O saúveiro depois da 1ª revoada (*Atta sexdens rubropilosa*, Forel, 1908). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 18, p. 39-70, 1947.

BERTORELLI, M. V.; MONTILLA, J. HERNÁNDEZ, J. Efecto de la defoliación por hormigas cortadoras de hojas (Formicidae: Attini) sobre el rendimiento de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista de la Facultad de Agronomía**, Caracas, v. 23, n. 3, p. 310-318, jul. 2006.

BITENCOURT, A. A. Expressão matemática do crescimento de formigueiros de *Atta sexdens rubropilosa* representado pelo aumento do número de olheiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 229-236, 1941.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2012. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 14 mar. 2012.

CHAPELA, I. H. et al. Evolutionary history of the symbiosis between fungus-growing ants and their fungi. **Science**, New York, v. 266, p. 1691-1694, dec.1994.

CHERRETT, J. M. Some factors involved in the selection of vegetable substrate by *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) in tropical rain forest. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 41, n. 3, p. 647-660, oct. 1972.

CHERRETT, J. M. The foraging behaviour of *Atta cephalotes* L. (Hymenoptera, Formicidae). **Journal of Animal Ecology**, London, v. 37, n. 2, p. 387-403, jun.1968.

COSTA, A. N. et al. Do herbivores exert top-down effects in Neotropical savannas? Estimates of biomass consumption by leaf-cutter ants. **Journal of Vegetation Science**, Washington, DC, v. 19, n. 6, p. 849-854, 2008.

COUTO, L. et al. Avaliação da eficiência do controle de *Atta sexdens rubropilosa* através do sistema de termonebulização, na região de Aracruz, ES. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 1, n. 1, p. 9-16, 1997.

CRUZ, A. P. et al. Eficiência de iscas à base de Sulfloramida e de clorpirifós no controle de *Atta sexdens sexdens* (Hymenoptera: Formicidae), no trópico úmido. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 26, n. 3, p. 145-150, 1996.

DANS, D.; ANGLADA, M. M.; MAIDANA, A. Caracterización del daño de hormigas cortadoras en el cultivo de sorgo (*Sorghum* spp.). **Revista Científica Agropecuária**, Ouro Verde, v. 13, n. 1, p. 7-15, 2009.

DELABIE, J. H. C. The ant problems of cocoa farms in Brazil. In: VANDER MEER, R. K.; JAFFÉ, K.; CEDEÑO, A. (Org.). **Applied Myrmecology: a world perspective**. Boulder: Westview Press, 1990, p. 555-569.

DELABIE, J. H. C. et al. Biogeografia das formigas cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini) de importância econômica no leste da Bahia e nas regiões periféricas dos estados vizinhos. **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 9, n. 2, p. 49-58, 1997.

DELABIE, J. H. C. et al. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, New York, v. 16, p. 2359-2384, 2007.

DELABIE, J. H. C. et al. Distribuição das formigas-cortadeiras dos gêneros *Acromyrmex* e *Atta* no Novo Mundo. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Org.). **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. p. 80-101.

- DELABIE, J. H. C. Novas opções para o controle das formigas cortadeiras, *Acromyrmex subterraneus bruneus* (Hymenoptera: Formicidae: Attini), na região cacauzeira da Bahia, Brasil. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 1, n. 3, p. 173-180, 1989.
- DELLA LUCIA, T. M. C.; SOUZA, D. J. Importância e história de vida das formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Org.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1993. p. 13-26.
- DELLA LUCIA, T. M. C.; FOWLER, H. G.; MOREIRA, D. D. O. Espécies de formigas cortadeiras no Brasil. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Org.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1993. p. 27-31.
- DELLA LUCIA, T. M. C.; VILELA, E. F.; MOREIRA, D. D. O. Feromônios de formigas pragas. In: VILELA, E. F., DELLA LUCIA, T. M. C. (Org.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Riberão Preto: Holos, 2001. p. 73-82.
- DUSSUTOUR, A. et al. Crowding increases foraging efficiency in the leaf-cutting ant *Atta colombica*. **Insectes Souciaux**, Paris, v. 54, n. 2, p. 158-165, mai. 2007.
- ENGEL, V. L.; FONSECA, R. C. B.; OLIVEIRA, R. E. Ecologia de lianas no manejo de fragmentos florestais. **IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 43-64, 1998.
- FERSOL. **Clorpirifós Fersol 480 EC**. Disponível em: <http://www.fersol.com.br/45/cultivando_nossa_terra/produtos_agricolas/clorpirifos_fersol_480_ec.html>. Acesso em: 28 jun. 2012.
- FORTI, L. C. **Ecologia da saúva *Atta capiguara* Gonçalves 1944 (Hymenoptera - Formicidae) em pastagens**. 1985. 224 f. Tese (Doutorado em Entomologia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.
- FORTI, L. C.; SILVEIRA NETO, S. Distribuição de substrato em colônia de *Atta capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera, Formicidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 18, n. 2, p. 348-356, 1989.
- FORTI, L. C.; CROCOMO, W. B.; GUASSU, C. M. O. **Bioecologia e controle de formigas cortadeiras de folhas em florestas implantadas**. Botucatu: FEPAF, 1987. 30 p. Boletim Didático.
- FORTI, L. C.; NAGAMOTO, N. S.; PRETTO, D. R. Controle de formigas cortadeiras com isca granulada. In: BERTI FILHO, E.; MARICONI, F. A. M.; FONTES, L. R (Org.). **Anais do Simpósio sobre Formigas Cortadeiras dos Países do Mercosul**, Piracicaba: Fealq, 1998, p. 113-132.
- FORTI, L. C.; PRETTO, D. R.; NAGAMOTO, N. S. Dispersal of the delayed action insecticide sulfluramida in colonies of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, Chico, v. 50, n. 3, p. 1149-1163, 2007.

- FORTI, L. C. et al. Nidificação e arquitetura de ninhos de formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Org.). **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. p. 102-125.
- FORTI, L. C. et al. Pesquisas com sulfluramida, no período de 1989 a 1993, para o controle de *Atta* spp. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PEST ANTS, 4.; ENCONTRO DE MIRMECOLOGIA, 11., 1993, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: [s.n.], 1993. p. 23.
- FOWLER, H. G. Foraging trails of leaf-cutting ants. **Journal of the New York Entomological Society**, New York, v. 86, n. 3, p. 132-136, set. 1978.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: Fealq, 2002. 920 p.
- GARCIA, I. P. **Atividade forrageira da saúva *Atta sexdens* L., 1758 (Hymenoptera, Formicidae) em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e em mata secundária**. 1998. 135 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- GRANDEZA, L. A. O.; MORAES, J. C.; ZANETTI, R. Estimativa do crescimento externo de ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* Forel e *Atta laevigata* (F. Smith) (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de reflorestamento com eucalipto. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 59-64, 1999.
- HART, A. G.; ANDERSON, C.; RATNIEKS, F. L. W. Task partitioning in leafcutting ants. **Acta Ethologica**, Heidelberg, v. 5, p. 1-11, 2002.
- HERNÁNDEZ, J. V.; JAFFÉ, K. Dano econômico causado por populações de formigas *Atta laevigata* (F. Smith) em plantações de *Pinus caribaea* Mor. E elementos para o manejo da praga. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 24, n. 3, p. 287-298, 1995.
- HERNÁNDEZ, J. V. Growth of *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) nests in pine plantations. **The Florida Entomologist**, Gainesville, v. 82, n. 1, p. 97-103, mar. 1999.
- HOWARD, J. J. Costs of trail construction and maintenance in the leaf-cutting ant *Atta colombica*. **Behavioural Ecology Sociobiology**, Berlin, v. 49, p. 348-356, apr. 2001.
- HUNTER, M. D. Landscape structure, habitat fragmentation, and the ecology of insects. **Agricultural and Forest Entomology**, London, v. 4, p. 159-166, 2002.
- JONKMAN, J. Determination of the vegetative material intake and refuse production ratio in two species of grass-cutting ants. **Zeitschrift für Angewandte Entomologie**, Hamburg, v. 84, n. 1, p. 25-34, jan./mar.1977.
- KEMPF, W. W. Catálogo abreviado das formigas da Região Neotropical. **Studia Entomologica**, Petrópolis, v. 15, p. 1-344, ago. 1972.
- KOST, C. et al. Spatio-temporal permanence and plasticity of foraging trails in young and mature leaf-cutting ant colonies (*Atta* spp.). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 21, n. 1, p. 677-688, 2005.

- LAPOINTE, S. L. Manejo de dos plagas clave para forrajes de las sabanas neotropicales. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 15, n. 3, p. 1-9, dic. 1993.
- LARANJEIRO, A. J. **Estabilidade da entomofauna num mosaico de plantações de eucalipto e áreas naturais de conversão**. 2003. 142 f. Tese (Doutorado em Entomologia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- LARANJEIRO, A. J. **Manejo integrado de formigas cortadeiras na Aracruz Celulose**. Piracicaba: PCMIP/IPEF, 1994. p. 28-33.
- LARANJEIRO, A. J.; ALVES, J. E. M.; Evolução do sistema de controle de saúvas com porta-isca na Aracruz Florestal. In: PACHECO, P.; BERTI FILHO, E. **Formigas cortadeiras e o seu controle**. Piracicaba: IPEF/GTFC, 1987. p. 129-142.
- LARANJEIRO, A. J.; ZANUNCIO, J. C. Avaliação da isca a base de sulfluramida no controle de *Atta sexdens rubropilosa* pelo processo dosagem única de aplicação. **IPEF**, Piracicaba, v. 48/49, n. 1, p. 144-152, jan. /dez. 1995.
- LEWIS, T.; POLLARD, G. V.; DIBLEY, G. C. Rhythmic foraging in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini). **Journal of Animal Ecology**, London, v. 43, n. 1, p. 129-141, fev. 1974a.
- LEWIS, T.; POLLARD, G.V.; DIBLEY, G. C. Micro-environmental factors affecting diel patterns of foraging in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini). **Journal of Animal Ecology**, London, v. 43, n. 1, p. 143-153, feb. 1974b.
- LEWIS, O. T.; MARTIN, M.; CZACZKES, T. J. Effects of trail gradient on leaf tissue transport and load size selection in leaf-cutter ants. **Behavioral Ecology**, Oxford, v. 19, n. 4, p. 805-809, jul. 2008.
- LITTLEDYKE, M.; CHERRETT, J. M. Direct ingestion of plant sap from cut leaves by the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Formicidae, Attini). **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v. 66, p. 205-217.
- LOPES, E.T. et al. Efeito do tamanho de formigueiros de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) na dosagem de iscas granuladas por olheiro ativo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 473-478, jul./ago. 1999.
- LOECK, A. E.; NAKANO, O. Distribuição de substratos no interior de um saúveiro de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera – Formicidae). **O Solo**, Piracicaba, v. 74, p. 43-47, jan./dez.1982.
- MARICONI, F. A. M. **As saúvas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1970. 167 p.
- MAYHÉ-NUNES, A. J.; JAFFÉ, K. On the biogeography of Attini (Hymenoptera: Formicidae). **Ecotropicos**, Mérida, v. 11, n. 1, p. 45-54, jan. /jun.1998.

- MEYER, S. et al. Ecosystem engineering by leaf-cutting ants: nests of *Atta cephalotes* drastically alter forest structure and microclimate. **Ecological Entomology**, Newcastle, v. 36, n. 1, p 14-24, 2011.
- MOREIRA, A. A.; FORTI, L. C. Comparação entre o volume externo e interno de ninhos de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 23, p. 355-358, 1999.
- MOREIRA, A. A. et al. Nest architecture of *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, Tübingen, v. 39, n. 2, p. 109-116, 2004.
- MOREIRA, A. A. et al. Comparação entre parâmetros externos e internos de ninhos de *Atta bisphaerica* Forel, 1908 (Hymenoptera, Formicidae). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 2, p. 369-373, 2002.
- MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. C.; DAVIDSON, E. A. Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia. **Ecology**, Washington, DC, v. 84, n. 5, p. 1265-1276, 2003.
- OLIVEIRA, M. A. **Identificação de formigas-cortadeiras e efeito do desfolhamento simulado em plantas de *Eucalyptus grandis***. 1996. 61 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.
- OLIVEIRA, M. C. et al. Espécies forrageiras preferidas para o corte por *Atta bisphaerica* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 49, n. 283, p. 321-328, 2002.
- PINHÃO, M. A. S. et al. Mirex-S (sulfluramid): uma nova sulfonamida fluorossilicada para o controle de *Atta* (Hymenoptera, Formicidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., Piracicaba, **Resumos...** Londrina: SEB, 1993, p. 511.
- PRECETTI, A. A. C. M. et al. Perdas de produção em cana-de-açúcar causadas pela saúva-mata-pasto, *Atta bisphaerica*. Parte I. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, v. 42, p. 19-26, 1988.
- PRETTO, D. R. **Arquitetura dos túneis de forrageamento e do ninho de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hym., Formicidae), dispersão de substrato e dinâmica de inseticida**. 1996. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.
- RAMOS, V. M. **Determinação do território de forrageamento e avaliação do uso de micro porta-isca para as saúvas *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 e *Atta laevigata* Fr. Smith, 1858 (Hymenoptera, Formicidae)**. 2002. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

ROBINSON, S. W.; FOWLER, H. G. Foraging and pest potential of Paraguayan grass-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex* to the cattle industry in Paraguay. **Zeitschrift für Angewandte Entomologie**, Hamburg, v. 93, n. 1-5, p. 42-54, dec./jan.1982.

ROCES, F. Individual complexity and self-organization in foraging by leaf-cutting ants. **Biological Bulletin**, Woods Hole, v. 202, n. 3, p. 306-313, jun. 2002.

ROCKWOOD, L. L. The effects of seasonality on foraging in two species of leaf-cutting ants (*Atta*) in Guanacaste Province, Costa Rica. **Biotropica**, Lawrence, v. 7, n. 3, p. 176-193, sep. 1975.

ROCKWOOD, L. L. Foraging patterns and plant selection in Costa Rican leaf cutting ants. **Journal of the New York Entomological Society**, New York, v. 85, n. 4, p. 222-233, dec. 1977.

ROCKWOOD, L. L. Plant selection and foraging patterns in two species of leaf-cutting ants (*Atta*). **Ecology**, Washington, DC, v. 57, n. 1, p. 48-61, jan. 1976.

ROCKWOOD, L. L.; HUBBELL, S. P. Host-plant selection, diet diversity, and optimal foraging in a tropical leaf-cutting ant. **Oecologia**, Berlin, v. 74, p. 55-61, 1987.

SEELEY, T. D.; HEINRICH, B. Regulation of temperature in the nests of social insects. In: HEINRICH, B. (Ed.). **Insect thermoregulation**. New York: John Wiley & Sons, 1981. p. 159-234.

SILVA, M. B. **Caracterização das trilhas de forrageamento em formigas cortadeiras de gramíneas (Formicidae, Attini): transferência de informações durante o recrutamento em *Atta bisphaerica***. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Zoologia)- Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SOSSAI, M. F. et al. Transects to estimate the number of leaf-cutting ant nests (Hymenoptera: Formicidae) in *Eucalyptus urophylla* plantations. **Sociobiology**, Chico, v. 46, n. 3, p. 667-676, 2005.

SOUSA-SOUTO, L. et al. Ant nests and soil nutrient availability: the negative impact of fire. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 24, n. 6, p. 639-646, nov. 2008.

SOUSA-SOUTO, L. et al. Determinação do fator de conversão em colônias de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) e sua relação com a qualidade do material vegetal cortado. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 163-166, 2007.

SOUZA, L. F. Plantas preferidas pela saúva. **Divulgação Agronômica**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 23-29, 1965.

SUDD, J. H. Ants: foraging, nesting, brood behavior, and polyethism. In: HERMANN, H. R. (Ed.). **Social Insects**. 4. ed. New York: Academic Press, 1982. p. 107-155.

- TORRES, J. B. et al. Número de olheiros ativos e área de terra solta: Aferição de dosagens para formigueiros de *Atta laevigata*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15., Caxambú. **Resumos...** Londrina: SEB, 1993, p. 545.
- VARON, E. H. et al. Effect of farm diversity on harvesting of coffee leaves by the leaf-cutting ant *Atta cephalotes*. **Agricultural and Forest Entomology**, London, v. 9, n. 1, p. 47-55, feb. 2007.
- VIANA-BAILEZ, A. M.; BAILEZ, O.; MALAQUIAS, K. S. Comunicação química em formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Org.). **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. p. 141-164.
- WEBER, N. A. Fungus-growing ants. **Science**, New York, v. 153, n. 3736, p 587-604, aug. 1966.
- WETTERER, J. K. Load-size determination in the leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*. **Behavioral Ecology**, Oxford, v. 1, n. 2, p. 95-101, mar./apr.1990.
- WHEELER, W. M. The fungus-growing ants of north america. **American Museum of Natural History**, New York, v. 23, p. 669 - 807, sep. 1907.
- WHITEHOUSE, M. E. A.; JAFFE, K. Ant wars: combat strategies, territory and nest defense in the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. **Animal Behaviour**, Londres, v. 51, p. 1207-1217, 1996.
- WILCKEN, C. F. Danos de cupins subterrâneos *Cornitermes* sp. (Isoptera: Termitidae) em plantios de *Eucalyptus grandis* e controle com inseticidas no solo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 329-338, 1992.
- WILCKEN, C. F.; BERTI-FILHO, E. Vespa-da-galha do eucalipto (*Leptocybe invasa*) (Hymenoptera: Eulophidae): nova praga de florestas de eucalipto no Brasil. **Alerta Profef**, Piracicaba, p. 1-11, 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/protecao/alerta-leptocybe.invasa.pdf>>. Acessado em: 29 jun. 2012.
- WILCKEN, C. F. et al. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v. 50, n. 2, p. 184-188, 2010.
- WILCKEN, C. F. et al. Ocorrência de *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) em plantações de eucalipto no estado do Espírito Santo. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 1, p. 113-115, jan./mar. 2008.
- WILCKEN, C. F. et al. Ocorrência de *Phoracantha recurva* Newman (Coleoptera: Cerambycidae) em eucalipto no Estado de São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 149-153, dez. 2002.

- WILCKEN, C. F. et al. Ocorrência do psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) em florestas de eucalipto no Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n. 201, p. 1-11, 2003. Disponível em: <[http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica 23/01/2004](http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica%2023/01/2004)>. Acesso em: 29 jun. 2012.
- WIRTH, R. et al. Increasing densities of leaf-cutting ants (*Atta* spp.) with proximity to the edge in a Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 23, p. 501-505, 2007.
- YACKULIC, C. B.; LEWIS, O. T. Temporal variation in foraging activity and efficiency and the role of hitchhiking behavior in the leaf-cutting ant, *Atta cephalotes* **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 125, n. 1, p. 125-134, 2007.
- ZANETTI, R. et al. Eficiência de iscas granuladas (sulfluramida 0,3%) no controle de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 878-882, jul./ago. 2004.
- ZANETTI, R. et al. Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de saúveiros em eucaliptais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 10, p. 1911-1918, 2000.
- ZANUNCIO, J. C. et al. Aferição de dosagens de iscas granuladas para controle de *Atta laevigata* (F. Smith) pelo número de olheiros ativos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 2, p. 241-246, 1996a.
- ZANUNCIO, J. C. et al. Eficiência da isca granulada Mirex-S, à base de Sulfluramida, no controle da formiga cortadeira *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 16, n. 3, p. 357-361, 1992.
- ZANUNCIO, J. C. et al. Eficiência da isca Mirex-S (Sulfluramida 0,3%) no controle de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae) em três dosagens. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 26, n. 1/2, p. 115-120, nov. 1996b.
- ZANUNCIO, J. C. et al. Eficiência da isca granulada Mirex-S (Sulfluramida 0,3%) no controle da formiga cortadeira *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 17, n. 1, p. 85-90, 1993.
- ZANUNCIO, J. C. et al. Spatial distribution of nests of the leaf cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) in plantations of *Eucalyptus urophylla* in Brazil. **Sociobiology**, Chico, v. 39, n. 2, p. 231-242, 2002.
- ZANUNCIO, J. C. et al. Uso da isca granulada com sulfluramida 0,3%, no controle de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Cerne**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 161-169, 1997.
- ZANUNCIO, J. C. et al. Utilización del cebo Mirex-S (Sulfluramida 0,3%) para el control de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) em área estratificada de hormigueiros. **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 26, p. 157-160, 2000.