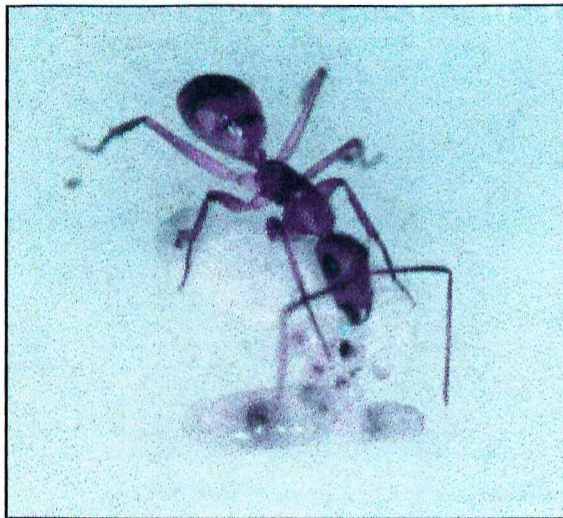


MON  
675.796  
M3213  
TES/MEH

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
DEPARTAMENTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA

ESTUDOS GENÉTICOS E COMPORTAMENTAIS DE  
FORMIGAS CARPINTEIRAS *CAMPONOTUS ATRICEPS*  
SMITH (HYMENOPTERA, FORMICIDAE).



MARCUS TEIXEIRA MARCOLINO

Tese apresentada ao Departamento de  
Genética e Bioquímica da Universidade  
Federal de Uberlândia como pré-requisito para  
a obtenção do título de Mestre em Genética.

Uberlândia  
Minas-Gerais – Brasil  
Junho – 1999

Universidade Federal de Uberlândia  
Departamento de Genética e Bioquímica

Estudos Genéticos e Comportamentais de Formigas  
Carpinteiras *Camponotus atriceps* Smith  
(Hymenoptera, Formicidae).

Marcus Teixeira Marcolino

Tese apresentada ao Departamento de  
Genética e Bioquímica da Universidade  
Federal de Uberlândia como pré-requisito para  
a obtenção do título de Mestre em Genética.

**ORIENTADOR**

Prof. Dr. Malcon Antônio Manfredi  
Brandeburgo

Uberlândia  
Minas-Gerais – Brasil  
Junho – 1999

**DIRBI/UFU**



1000187153

02595/99 ex. 1

08.10.99 - D.A/99

FU-00010097-1

0083-34260

Marcolino, Marcus Teixeira, 1973-

Estudos genéticos e comportamentais de formigas carpinteiras *Camponotus atriceps* Smith (Hymenoptera, Formicidae) / Marcus Teixeira Marcolino. Uberlândia, 1999.

62f.: il.

Orientador: Malcon Antônio Manfredi Brandeburgo.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia. Centro de Ciências Biomédicas.

Bibliografia: f. 54-60.

1. Formiga - *Camponotus atriceps*. 2. Biologia - Comportamento. 3. Genética. I. Universidade Federal de Uberlândia. II. Título.

CDU: 595.796-15

Universidade Federal de Uberlândia  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA  
Campus Umuarama, Bloco 2E, sala 33  
38400-902. Uberlândia - MG

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
MESTRE EM GENÉTICA

1- Título da Tese: Estudos Genéticos e Comportamentais de Formigas  
Carpinteiras *Camponotus atriceps* Smith  
(Hymenoptera, Formicidae).

2- Aluno: Marcus Teixeira Marcolino

3- Professor Orientador: Dr. Malcon Antônio Manfredi Brandeburgo

4- Data: 21-06-1999.

Banca Examinadora:

Titular: Dr. Malcon Antônio Manfredi Brandeburgo

Titular: Dr. Odair Correa Bueno

Titular: Dr.<sup>a</sup> Cecília Lomônaco de Paula

Suplente: Dr. Warwick Estevan Kerr

Suplente: Dr. Jairo Roberto Mendonça Lyra.

## AS FORMIGAS

*Há... vários caminhos nos quais formigas e humanos são semelhantes. Ambos estão procurando histórias de sucessos na evolução... e ambos tem alcançado seu sucesso pôr meio de sua habilidade de formar grupos sociais, em se comunicar e por manipular seu meio ambiente com grande destreza.*

Edward O. Wilson  
From an Interview, 1990

*Os maiores inimigos das formigas são outras formigas, assim como os maiores inimigos do homens são outros homens.*

Auguste Forel  
Les Fourmis de la Suisse, 1874.

*Há uma profunda inquietude inspirada por estas criaturas tão incomparavelmente melhores armadas e equipadas que nós mesmos, são nossos inimigos misteriosos que estão guardando energia, nossos maiores rivais em épocas passadas e talvez nossos sucessores.*

Maurice Maeterlinck  
The Life of the Bee, 1901.

À MÔNICA, MINHA QUERIDA ESPOSA  
COM AMOR E CARINHO.

## AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Malcon Brandeburgo, pela orientação, confiança, incentivo e esclarecimentos, além da grande amizade.

Ao Prof. Dr. Warwick Estevan Kerr, pelos inúmeros esclarecimentos, pelo exemplo, honrosa participação na elaboração dessa tese e pela grande amizade demonstrada.

Aos Professores, Dr. Odair Correa Bueno, Dr.<sup>a</sup> Cecília Lomônaco de Paula e Dr. Jairo Roberto Mendonça Lyra pelas críticas e sugestões apresentadas.

À minha mãe, Vanir Teixeira Marcolino, pelo seu amor, trabalho e exemplo, a meu pai e amigo, José Carlos Marcolino, pelos conselhos, incentivos e apoio em todos os momentos e a minha irmã, Patrícia Teixeira Marcolino, pelo companheirismo.

Aos amigos José Maurício Dias Bezerra e Vania Alves Nascimento, pelo auxílio direto na realização desse trabalho

Aos amigos, Ana Paula, Ana Flávia, Andreia, Bárbara, Bonetti, Carlos Humberto, Cícero, Cláudio, Coletto, Cristina, Flávia, Gerson, Gislene, Guilherme, Gustavo, Jaír, Jaqueline, Juliana, Katiere, Kleber, Machaim, Mantovani, Maria Alice, Míriam, Neuzeli, Ney, Rosana, Roselys, Soraya, Vanessa, Viviane e Waldesse.

Ao corpo docente do Departamento de Genética e Bioquímica da UFU, pelos ensinamentos.

Aos meus familiares e amigos, que contribuíram de forma direta ou indireta, na realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (Capes) e Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio financeiro.

## SUMÁRIO

	Pág.
1. Introdução.....	1
1.1. Aspectos Gerais.....	1
1.2. Himenopteros e a Razão Sexual.....	3
1.3. Fundação de Colônias.....	5
1.4. Organização Social.....	6
1.5. Citogenética.....	8
1.6. Morfometria e Análise de Componente Principal.....	9
1.7. <i>Camponotus atriceps</i> SMITH, 1858.....	10
2. Objetivos.....	12
3. Material e Métodos.....	13
3.1. Obtenção e manutenção dos ninhos de formigas.....	13
3.2. Fundação de colônias .....	14
3.3. Etogramas.....	17
3.4. Técnica de preparação para análise cromossômica.....	18
3.5. Análise morfométrica.....	20
4. Resultados e Discussão .....	23
4.1. Localização dos ninhos de formigas.....	23
4.2. Fundação de colônias.....	27
4.3. Etograma.....	30
4.4. Análises morfométricas e estatística multivariada.....	39
4.5. Citogenética.....	50
5. Conclusões.....	52
6. Resumo.....	53
7. Bibliografia.....	54
8. Apêndice.....	61



## LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Ninhos artificiais de <i>Camponotus atriceps</i> , (sem a tampa de papelão). A: ninho com uma segunda bandeja com talco neutro (colônia poligínica). B: Vista superior mostrando recipientes com água, mel e caixa de papel no centro (colônia monogínica).....	15
2	A: Ninho em potes de cerâmica interligados por tubos plásticos. B: Pote em destaque mostrando a subdivisão de vidro (seta amarela) e a faixa de TEFLON TE 306 <sup>A</sup> (seta preta).....	16
3	Algumas fases de desenvolvimento de <i>Camponotus atriceps</i> . A seta indica a larva utilizada para preparo das lâminas.....	19
4	Medidas morfométricas (em micrômetros- $\mu\text{m}$ ) efetuadas e <i>Camponotus atriceps</i> A: operária e B soldado.....	21
5	Número de ninhos capturados de <i>Camponotus atriceps</i> por tipo de caixas iscas, Uberlândia, MG no período de 20 meses.....	26
6	Distribuição temporal da captura e coleta de <i>Camponotus atriceps</i> , no período de 20 meses.....	26
7	Frequência de atos comportamentais de operárias de <i>Camponotus atriceps</i> , com 50 horas de observação, Uberlândia MG .....	33
8	Frequência de atos comportamentais de soldados de <i>Camponotus atriceps</i> , com 50 horas de observação, Uberlândia MG.....	33
9	Alguns atos comportamentais de <i>Camponotus atriceps</i> observados em laboratório. Em sentido horário, começando no canto superior direito: operária sobre a cria, rainha fisogástrica, soldado limpando a antena, trofalaxia entre soldados, trofalaxia entre rainha e macho e uma operária transportando outra pela mandíbula.....	35
10	Divisão de trabalho de 5 operárias, em colônia monogínica de <i>Camponotus atriceps</i> , durante os primeiros 84 dias de vida.(20 horas de observação em condições de laboratório).....	37

11	Divisão de trabalho de 5 operárias, em colônia poligínica de <i>Camponotus atriceps</i> , durante os primeiros 84 dias de vida (20 horas de observação em condições de laboratório).....	37
12	Divisão de trabalho de 5 soldados, em colônia monogínica de <i>Camponotus atriceps</i> , durante os primeiros 84 dias de vida (20 horas de observação em condições de laboratório).....	38
13	Divisão de trabalho de 5 soldados, em colônia poligínica de <i>Camponotus atriceps</i> , durante os primeiros 84 dias de vida (20 horas de observação em condições de laboratório).....	38
14	Correlação entre cada uma das 12 medidas morfológicas de <i>Camponotus atriceps</i> (D1 a D12) com os componentes 3 principais (CP1, CP2 e CP3). Nos gráficos 1, 2 ao 3, são correlacionados as medidas de operárias e do 4 ao 6, as de soldados.....	41
15	Primeiro e segundo componentes principais da matriz de correlação de medidas morfométricas de <i>Camponotus atriceps</i> . Gráficos 1 operárias e os gráfico 2 soldados. As elipses abrangem 90% dos dados, P = poliginia e M = monoginia .....	42
16	Primeiro e segundo componente principal (CP1 e CP2) da matriz de correlação de caracteres morfológicos de <i>Camponotus atriceps</i> . Gráfico 1 operária/ monoginia, 2 operária/ poliginia, 3 soldado/ monoginia e 4 soldado/ poliginia.....	43
17	Primeiro e terceiro componente principal (CP1 e CP3) da matriz de correlação de caracteres morfológicos de <i>Camponotus atriceps</i> . Gráfico 1 operária/ monoginia, 2 operária/ poliginia, 3 soldado/ monoginia e 4 soldado/ poliginia.....	44
18	Segundo e terceiro componente principal (CP2 e CP3) da matriz de correlação de caracteres morfológicos de <i>Camponotus atriceps</i> . Gráfico 1 operária/ monoginia, 2 operária/ poliginia, 3 soldado/ monoginia e 4 soldado/ poliginia.....	45
19	Metáfase (1) e cariótipo (2) de <i>Camponotus atriceps</i> (aumento de 2000x). As setas indicam dois pontos de sobreposição.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Pág.
1 Colônias de formigas <i>Camponotus atriceps</i> coletadas no Campus Umuarama e meliponário UFU – Kerr, Uberlândia, MG no período de junho de 1997 a janeiro de 1999.....	24
2 Número de colônias de formigas capturadas pelos diversos tipos de caixas iscas, Uberlândia, MG no período de junho de 1997 a janeiro de 1999.....	25
3 Cronograma de fundação de colônia de <i>Camponotus atriceps</i> (fundação haplometrose - claustral).....	28
4 Categorias de atos comportamentais de Operárias de <i>Camponotus atriceps</i> , com 50 horas de observação, Uberlândia MG.....	31
5 Categorias de atos comportamentais de soldados de <i>Camponotus atriceps</i> , com 50 horas de observação, Uberlândia MG.....	32
6 Correlação dos 3 componentes com as 12 características morfológicas analisadas em operárias de <i>Camponotus atriceps</i> . Dados submetidos à análise de componente principal.....	40
7 Correlação dos 3 componentes com as 12 características morfológicas analisadas em soldados de <i>Camponotus atriceps</i> . Dados submetidos a análise de componente principal.....	40
8 Alocação canônica entre os grupos monogínico (M) e poligínico (P), baseada nas 12 características morfométricas obtidas em cabeças de operárias de <i>Camponotus atriceps</i> .....	47
9 Alocação canônica entre os grupos monogínico (M) e poligínico (P), baseada nas 12 características morfométricas obtidas em cabeças de soldados de <i>Camponotus atriceps</i> .....	47
10 Coeficientes das funções discriminantes dos grupos M e P. baseada nas 12 características morfométricas obtidas em cabeças de operárias de <i>Camponotus atriceps</i> .....	48

11	Coeficientes das funções discriminantes dos grupos M e P baseada nas 12 características morfométricas obtidas em cabeças de soldados de <i>Camponotus atriceps</i> .....	48
12	Análise de variância multivariada, entre operárias e soldados M e P de <i>Camponotus atriceps</i> .....	49
13	Coeficiente canônico (CAN1) e suas 12 características correlacionadas (r1). Análise entre M e P em operárias e soldado de <i>Camponotus atriceps</i> .....	49

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Aspectos Gerais

As formigas pertencem à ordem Hymenoptera, que também engloba vespas e abelhas. São da família Formicidae que possui 16 subfamílias, 296 gêneros e 9.944 espécies (BOLTON, 1995). Estima-se que o número de espécies possa atingir 20.000 (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Nos neotrópicos o número ultrapassa 3.000 espécies e só no estado de São Paulo estima-se a ocorrência de 500 espécies (FOWLER, 1996). As formigas, na maioria dos ecossistemas, constituem um dos maiores grupos, tanto em riqueza de espécies quanto em abundância ou número de indivíduos (WILSON, 1987; FOWLER *et al.*, 1991; HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; FOWLER, 1996). Esses insetos ocorrem em quase todos os ecossistemas, onde possuem um importante papel nos fluxos de energia e nutrientes (WILSON, 1987). Os insetos sociais, especialmente térmitas e formigas, são os mais abundantes artrópodes, nas florestas tropicais onde representam 50% da biomassa animal (WILSON, 1982; HOYT, 1998). Há registros fósseis de formigas da Era Mesozóica (WILSON, 1971). O sucesso ecológico das formigas, por mais de 50.000.000 de anos, parece decorrer do fato delas terem sido uns dos primeiros insetos predadores a explorar o solo e a vegetação da terra (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

Entre os insetos, a sociabilidade encontra-se desenvolvida em diferentes níveis. De acordo com o grau de desenvolvimento, podem ser subdivididos em insetos subsociais, comunais, semi-sociais e eusociais, sendo esse último tipo encontrado somente nos Isoptera e Hymenoptera (DIEHL-FLEIG, 1995).

Todas as formigas são eusociais, ou seja, apresentam superposição de gerações, indivíduos estéreis e reprodutivos e cuidado cooperativo com a prole (WILSON, 1971).

O comportamento social destes insetos resulta da interação das instruções herdadas com o ambiente em que se desenvolve o organismo. A sociabilidade das formigas, aliada ao tamanho das suas forrageiras, facilita a obtenção de recursos alimentares em locais inacessíveis a outros insetos. Esse caráter possibilita às formigas nidificarem em solo, entre rochas, raízes, troncos, folhas (DIEHL-FLEIG, 1995), inclusive em ambientes antrópicos (FOWLER, 1990; FOWLER, *et al.*, 1991; DIEHL-FLEIG, 1995; FOWLER, *et al.*, 1995; FOWLER, 1996). Entretanto, é importante ressaltar que formigas operárias não são aladas, ficando portanto, restritas a um pequeno raio de ação ao redor da colônia onde forrageiam sobre a superfície (FOWLER, *et al.*, 1991).

A comunicação da descoberta de uma fonte alimentar e a eficiência na exploração desse recurso são essenciais à sobrevivência, crescimento e reprodução dos animais sociais. Na maioria das formigas a descoberta de recursos tende a ser um comportamento individual, e sua exploração, em geral, um comportamento coletivo ou social (FOWLER *et al.*, 1991; FOWLER, 1993). Operárias forrageiras ao encontrarem recursos recrutam outras operárias para explorá-los. Isso se dá via feromônios, outros tipos de sinais ou mesmo sons. Segundo HÖLLDOBLER (1978) os feromônios podem alterar o comportamento dos insetos sociais de diferentes formas. O autor classifica os feromônios em: de alarme, sexual, territorial e de recrutamento. Há ainda em abelhas feromônios que alteram a fisiologia dos indivíduos receptores, como o feromônio real, emitido pela rainha, que é capaz de inibir o desenvolvimento ovariano das operárias. Suspeita-se que esse feromônio

também exista nas formigas (VILELA & DELLA-LUCIA, 1987; FOWLER *et al.*, 1991)

## 1.2. Himenoptéros e a Razão Sexual

Todos os himenoptéros são haplodiplóides, com machos originando-se por arrenotoquia e fêmeas a partir de ovos fecundados. O comportamento social nos haplodiplóides tem sido sugerido como dependente do grau de parentesco entre os indivíduos de uma colônia. Da mesma forma, o altruísmo, conflito rainha x operária, taxa de investimento reprodutivo, valor adaptativo e outros conceitos são influenciados pela assimetria haplodiplóide dos himenoptéros (MAYR, 1977; CROZIER, 1979; BOOMSMA & GRAFEN, 1990; DIEHL-FLEIG, 1995).

Insetos sociais exibem formas extremas de altruísmo em que alguns indivíduos permanecem estéreis e ajudam outros indivíduos na reprodução (GADAGKAR, 1997). A evolução do altruísmo é bem exemplificada nos insetos sociais e pode ser explicada pelo grau de parentesco decorrente do sistema haplodiplóide dos himenoptéros. Segundo HALLIDAY (1996) o altruísmo é definido como um comportamento em que o indivíduo que promove a ação tem uma baixa no *fitness* (sobrevivência e sucesso reprodutivo) individual, mas aumenta o *fitness* de outros indivíduos.

HAMILTON (1964) mostrou a seleção parental como responsável pela evolução do altruísmo. Nos casos dos insetos eusociais, ele argumentou que a assimetria haplodiplóide levaria a um maior grau de parentesco entre irmãos do que essas com seus próprios descendentes. Dessa forma as operárias apresentariam um maior valor adaptativo mesmo sendo estéreis, já que

operárias entre si compartilham um *pool gênico* de 75% do total de genes, desde que sejam filhas de uma rainha monoândrica (HALLIDAY, 1996).

FISHER (1930) estabeleceu a teoria da proporção sexual. Em que a razão sexual autossomal de uma população panmítica é dependente da frequência, levando assim a um investimento igual de recursos na descendência de machos e fêmeas. Apesar disso, muitas vezes a razão sexual varia da proporção esperada de 1:1.

Em formigas TRIVERS & HARE (1976) verificaram que os custos para se produzir um macho reprodutivo, comparado aos custos de produção de uma fêmea variam em torno de 10:1 (macho:fêmea). No entanto, como a razão sexual é inversamente correlacionada, aos custos de produção, fêmeas passam a ter um custo maior do que os machos. Consequentemente menos fêmeas tendem a ser produzidas. Além disto mortalidade diferencial de machos durante o período de investimento parental também afeta os custos relativos de machos e de fêmeas. Neste caso, o sexo que morre mais rápido (macho) é gerado mais rapidamente. Deste modo, a proximidade genética entre operárias e rainhas, faz com que as operárias tendam a um investimento desigual, com proporção sexual 1:3. Porém a rainha busca uma proporção sexual de 1:1. Assim, o grau parentesco das operárias com suas irmãs é integralmente cancelado pelo grande sucesso reprodutivo de seus irmãos, devido ao seu grande número na colônia.

Nas formigas, a estrutura social está estreitamente relacionada à existência de duas castas físicas. As rainhas e as operárias diferem em suas formas internas (músculos alares e órgãos reprodutivos) e externas (asas e tamanho). A ergatoginia ou ocorrência de intercasta, que combina caracteres externos e internos de rainhas e operárias, está presente em algumas espécies de formigas. Em certas espécies da subfamília Ponerinae, as ergatoginas



podem ser fecundadas e se reproduzir com sucesso. Em outras espécies que não apresentam rainhas são as operárias (gamergates) inseminadas que se reproduzem (PEETERS, 1991). Segundo HÖLLDOBLER & WILSON (1990) a presença de castas totalmente estéreis é mais rara. ROSS & KELLER (1998) mostram que a organização social nas formigas lava-pés *Solenopsis invicta* é influenciada por controle genético. O gene codificador de proteína 6p-9 modifica os fenótipos reprodutivos e as estratégias comportamentais das rainhas. Esse gene controla também a tolerância de uma ou várias rainhas fisogástricas na colônia.

O número de operárias deixa de ser importante, quando comparado à capacidade das mesmas em obter e converter energia em novas fêmeas e machos reprodutivos. Isto ocorre porque, sob o ponto de vista evolutivo, A característica mais importante de uma colônia não é seu tamanho ou sua força, mas sua capacidade de gerar novas colônias nas próximas gerações (*fitness*).

### 1.3. Fundação de Colônias

Entender como uma colônia é formada, considerando os processos de fundação e o número de rainhas envolvidas, é fundamental para o entendimento da biologia da espécie envolvida (HAVE *et al.*, 1988).

Segundo HÖLLDOBLER & WILSON (1990) a fundação de uma colônia pode ocorrer de diferentes formas: a) por sociotomia, que consiste na divisão de uma colônia em duas ou a transferência de uma rainha acompanhada por um número de operárias que formariam uma nova colônia; b) por haplometrose, que seria a fundação de uma colônia por uma única

rainha recém fecundada e c) por pleometrose, em que uma colônia é fundada por várias rainhas recém fecundadas.

A rainha que funda uma colônia pode apresentar dois tipos de comportamentos distintos. Ela pode ser claustral, onde buscaria energia proveniente da absorção dos músculos alares, após ter sido fecundada e perdido as asas, para criar a prole inicial; ou semiclaustral, em que a rainha sairia algumas vezes em busca de recursos para suas larvas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

Uma colônia com apenas uma rainha é monogínica. Assim, uma colônia fundada por haplometrose seria monogínica, enquanto uma fundada por pleometrose seria poligínica. Uma colônia com duas rainhas pode ser chamada de oligogínica (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Podem ser encontradas espécies que apresentam os dois tipos de colônias, monogínica e poligínica. Tais espécies são classificadas como poligínicas facultativas (DIEHL-FLEIG, 1995).

A poliginia pode ocorrer por três meios: pleometrose, adoção de uma rainha extra recém fecundada (poliginia facultativa) ou por fusão de colônias pré existentes (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

#### **1.4. Organização Social**

A complexa organização social, juntamente com o comportamento altruístico, levaram as formigas a desenvolverem uma intrincada divisão de trabalho. Há operárias especializadas em apenas poucos repertórios comportamentais. Por exemplo, um grupo busca alimento, enquanto um outro recebe e transfere o alimento para a prole. Não há um grupo executando todas

as tarefas. Outro aspecto da especialização está relacionada e associada, em muitas espécies, à idade e experiência do indivíduo (polietismo etário) ou à morfologia e tamanho (polietismo físico ou polimorfismo). As operárias de qualquer espécie de formiga variam em tamanho, em sensibilidade a estímulos e a quantidade de atividades que executam. Assim, pode-se dizer que essas variações são de extrema importância no sucesso das formigas, levando grupos de indivíduos a executarem tarefas específicas (BRANDÃO, 1978; HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; FOWLER *et al.*, 1991; DIEHL-FLEIG, 1995).

A descrição dos atos comportamentais de um animal ou animais é chamado de catálogo comportamental ou etograma (WILSON, 1976; FAGEN & GOLDMAN, 1977). Existem na literatura diversos exemplos de etogramas em formigas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). No entanto, para as espécies tropicais do novo mundo, não há quase nada feito.

Pode-se dizer que uma colônia seria um superorganismo, sendo as formigas suas células (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Sendo assim, é possível analisar, considerando a divisão de tarefas e a ocorrência de castas morfológicas, comportamentais e/ou fisiológicas, quais os processos que favorecem um maior *fitness* da colônia como um todo (DIEHL-FLEIG, 1995).

A grande diversidade de espécies de formigas reflete não somente a quantidade de variedades de *habitats* que possibilitam sua nidificação, mas também o sucesso ecológico obtido pela divisão de trabalho (WILSON, 1987). Por isso, as formigas seriam organismos especiais para estudos de comportamento, investigação de teorias como seleção parental e seleção de grupo; ou fenômenos como o altruísmo e competição entre níveis de organização individual, colonial e populacional (ROSS & FLETCHER, 1985; HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; HOYT, 1998).

## 1.5. Citogenética

As formigas são apontadas como um dos grupos mais bem estudados citogeneticamente, entre os himenopteros (IMAI, *et al.*, 1977, 1984). Todavia, estes estudos, em sua maioria, foram feitos em espécies de formigas da fauna do Hemisfério Norte e da Austrália (IMAI, *et al.*, 1977).

Segundo GUERRA (1988), o cariótipo de uma espécie pode ser caracterizado quanto a forma e o número de cromossomos. Estudos com cerca de 500 espécies de formigas mostraram que, a frequência no número de cromossomos apresenta uma distribuição bimodal, com um antimodal de  $n=12$ . Assim espécies de formigas podem ser classificadas em dois grupos: com baixo ( $n \leq 12$ ) e com alto número de cromossomos ( $n \geq 12$ ) (IMAI, *et al.*, 1988). A caracterização cromossômica é extremamente importante para a reconstrução e melhor entendimento das rotas evolutivas (IMAI, *et al.*, 1984).

As colônias de insetos sociais quando são constituídas de membros geneticamente mais próximos, tendem a ser mais harmônicas. Isso deve ser favorecido pela seleção natural a nível de colônia (seleção de parentesco), isto é de rainhas (SHERMAN, 1979 *apud* HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Um dos caminhos para o aumento do parentesco seria a redução da diferença genética como resultado do aumento do número de cromossomos. Nesta situação os genes estariam empacotados em grandes blocos por *linkage*, sendo seus constituintes igualmente distribuídos aos membros da colônia durante a meiose e a fertilização. O aumento nas taxas de *crossing over* produziriam o mesmo resultado (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Apoiando esta hipótese está o fato de que as formigas e térmitas assim como outros insetos eusociais apresentam maior número de cromossomos que espécies solitárias (SHERMAN, 1979 *apud* HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

## 1.6. Morfometria e Análise de Componente Principal

Grande parte das variações morfológicas é de origem quantitativa, e estas seriam responsáveis por inúmeras mudanças evolutivas. O acúmulo de pequenas mudanças seriam então de grande importância para a evolução adaptativa ( REIS, 1988; LEAL, 1991).

Análises morfométricas em estudos evolucionistas podem ser utilizadas para quantificar variações morfológicas, decompondo-as em elementos de forma e tamanho (REIS, 1988; REIS *et al.*, 1987). Uma das aplicações dos valores obtidos por esse método pode ser a comparação dos caracteres morfológicos com outros fatores (SKLORZ, 1992).

Segundo LEAL (1991) a formação de clines baseado em características morfológicas pode ser explicada por três diferentes formas. A primeira seria por fatores ambientais (temperatura, umidade, ritmo circadiano, precipitação e outros) que variam de forma gradual. Conseqüentemente, graduais seriam os caracteres que responderiam de diferentes formas à seleção natural. A segunda explicação, estaria relacionada com a migração entre populações, que sofrendo pressões seletivas distintas culminariam em clines. Uma terceira e ultima forma seria imposta pela migração após diferenciação genética devido à deriva por efeito fundador).

Determinar a forma de um indivíduo por meio de uma figura geométrica simples nem sempre é fácil. Assim, na tentativa de melhorar a compreensão da morfologia, têm-se usado análises multivariadas para estudos de tamanho e forma (JAMES & McCULLOCH, 1990).

Tradicional e geométrica, seriam as divisões existentes atualmente na análise morfométrica. A primeira baseada em estatística multivariada, e por isso, conhecida por morfometria multivariada. A segunda, caracterizada a

partir da geometria de uma estrutura, que comparada e quantificada entre organismos, possibilita a visualização da figura geométrica em planos bi ou tridimensionais (ROHLF & MARCUS, 1993; MONTEIRO, 1997)

A análise de componente principal permite examinar as relações de dependência existente entre características quantitativas e determinar como estas variações ocorrem dentro de uma população. Essa técnica foi originalmente descrita por Pearson em 1901 e depois aprimorada por Hotelling em 1933 e 1936 (LEAL, 1991). A utilização dos componentes principais depende da possibilidade de resumir o conjunto de variáveis originais em poucos componentes, os dados oriundos de  $n$  variáveis ou  $n$  dimensões correlacionadas ( $n$  = número de caracteres estudados), que seriam reduzidos a valores bi ou tridimensionais não correlacionados. Essa técnica simplifica de forma considerável a análise dos dados e conseqüentemente a sua interpretação, principalmente quando o  $n$  estudado é grande (LEAL, 1991; SKLORZ, 1992; CRUZ & REGAZZI, 1994; MONTEIRO, 1997).

### 1.7. *Camponotus atriceps* SMITH, 1858.

As formigas do gênero *Camponotus* estão distribuídas por todo o mundo e possuem cerca de 1000 espécies (WILSON, 1971; HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; HANSEN & AKRE, 1990). São conhecidas por formigas carpinteiras pelo fato de construírem seus ninhos, geralmente, em madeiras em processo de decomposição e troncos de árvores. São formigas de hábito noturno e facilmente atraídas por substâncias doces.

Nos últimos anos, a espécie estudada *Camponotus atriceps* (antes denominada *Camponotus abdominalis atriceps* {BOLTON, 1995}), tem

apresentado uma intensa atividade sinantrópica. Essa adaptação a ambientes urbanos, tem provocado prejuízos econômicos como os que já ocorrem com outras espécies de *Camponotus* nos EUA (FOWLER, 1990). No oeste dos EUA, formigas carpinteiras *C. modoc*, *C. vicinus*, e à leste *C. pennsylvanicus*, *C. herculeanus* são tidas como pragas estruturais. Já *C. abdominalis floridanus* é considerada importante inimigo natural das colônias de abelhas nos estados de Missouri e Flórida (BURRILL, 1926 *apud* AKRE & HANSEN, 1990). Segundo WINSTON *et al.* (1979) algumas formigas carpinteiras podem apresentar o mesmo comportamento predador na América do Sul.

Na região de Uberlândia MG, as formigas *C. atriceps* vêm causando incômodo e prejuízos econômicos. Constróem ninhos em diferentes locais das habitações humanas, causando danos em aparelhos eletrônicos e estruturas de madeiras. Prejudicam a apicultura e meliponicultura da região, sendo que, em determinadas situações, uma colônia inteira de abelhas pode ser eliminada em poucas horas pelas formigas (MARCOLINO 1996; TEIXEIRA *et al.*, 1997).

## 2. OBJETIVOS

Estudar alguns aspectos biológicos de *Camponotus atriceps*,  
priorizando:

descrever modos de fundação de colônias.

quantificar e qualificar os atos comportamentais de operárias e soldados,  
por meio de catálogos comportamentais, em condições de laboratório.

verificar o padrão de divisão de trabalho entre operárias e soldados.

caracterizar, por meio de medidas morfométricas e análise de  
componentes principais, os possíveis polimorfismos entre operárias e  
soldados em colônias monogínicas e poligínica.

determinar o número de cromossomos dessa espécie.

estabelecer um meio alternativo de controle dessa formiga em áreas  
urbanas, por meio de caixas iscas.



### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O material biológico deste trabalho é proveniente da coleta manual e captura com uso de armadilhas (caixas iscas) de ninhos de formigas *Camponotus atriceps*, no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia – UFU e meliponário UFU- Kerr.

Todos os experimentos foram conduzidos no laboratório de Genética do Departamento de Genética e Bioquímica, da UFU.

#### **3.1. Obtenção e manutenção dos ninhos de formigas.**

Para a captura dos ninhos de formigas foram usados diversos tipos de caixas iscas: madeira, papelão e compensado. Tamanho e forma dessas caixas não foram padronizados. As caixas iscas de compensados consistiam de retalhos de divisórias, usadas para dividir cômodos na universidade. Os retalhos foram furados para permitir a entrada das formigas (BUENO, comunicação pessoal). As caixas de madeira e papelão seguiram o mesmo padrão.

As caixas foram distribuídas em 6 prédios do Campus Umuarama: Blocos 2E, 2D, 4C, mini apiário, biblioteca e hospital. Duas caixas de cada tipo foram colocadas em cada prédio em locais com conhecida incidência de formigas. Ninhos de formigas encontrados no Campus e em suas proximidades, também foram coletados.

As colônias capturadas ou coletadas, foram levadas para o laboratório e acondicionadas em 3 tipos de ninhos artificiais. Um dos tipos consistia de bandejas plásticas (capacidade aproximada 10 litros), havendo no interior dessas uma caixa de papel (9x9x5 cm), recipientes contendo mel, água e uma fonte protéica (larva de abelha ou biscoito de polvilho doce). Para que as formigas não pudessem escapar, as paredes internas das bandejas foram revestidas com uma camada de TEFLON TE 306<sup>A</sup> da DUPONT BRASIL, que impossibilita a aderência das formigas às paredes da bandeja. Uma tampa de vidro transparente e uma outra de papelão sobre o ninho, fechavam o sistema.

Alguns ninhos com grande número de indivíduos foram colocados dentro de uma segunda bandeja que possuía em seu interior talco neutro, para evitar o escape de formigas para o laboratório no momento das revisões (Figura 1). Foram usados também 4 potes de cerâmica interligados por tubos plásticos. Em um dos potes havia uma subdivisão, fazendo com que esse ficasse com um segundo pavimento. Os substratos de alimentação e proteção, foram os mesmos usados nas bandejas, (Figura 2).

As formigas eram alimentadas em intervalos de 2 dias. A temperatura média do laboratório variou de  $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$  durante o período de estudo. Umidade e iluminação não foram acompanhadas.

### **3.2. Fundação de colônias**

Durante os meses de setembro a novembro de 1998, período de acasalamento (coincidente com o início das chuvas na região) várias rainhas aladas foram coletadas e colocadas em ninhos artificiais para serem observadas.

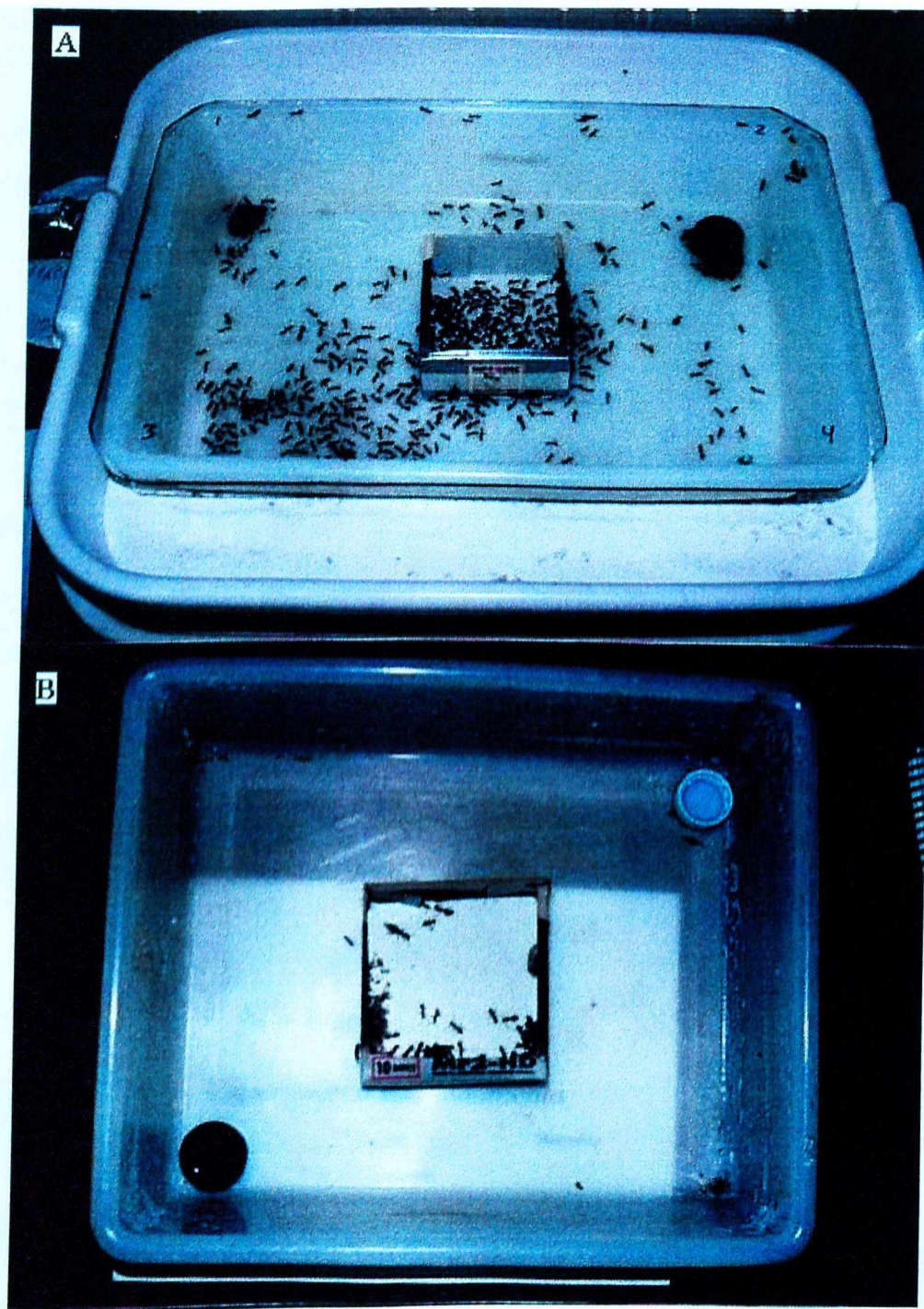


Figura 1. Ninhos artificiais de *Camponotus atriceps*, (sem a tampa de papelão). A: ninho com uma segunda bandeja com talco neutro (colônia poligínica). B: Vista superior mostrando recipientes com água, mel e caixa de papel no centro (colônia monogínica).





Figura 2. A: Ninho em potes de cerâmica interligados por tubos plásticos. B: Pote em destaque mostrando a subdivisão de vidro (seta amarela) e a faixa de TEFLON TE 306<sup>A</sup> (seta preta).

Algumas colônias poligínicas foram acondicionadas em ninhos de barro com várias câmaras para serem analisadas quanto a ocorrência de divisão de colônia.

### 3.3. Etogramas

Previamente à confecção dos etogramas, foram realizados estudos de qualificação comportamental, estabelecendo um catálogo comportamental do grupo em estudo (soldado ou operária). A quantificação desses atos comportamentais, foi feita por meio de sessões de observação (scannings) sobre a superfície do ninho artificial. Os períodos de observação foram de meia hora por sessão, totalizando 50 horas distribuídas ao longo de 20 semanas.

Após este estudo preliminar foram feitos etogramas para se estabelecer o padrão de divisão de trabalho entre soldados e operárias. Para isto, foram acompanhados 4 grupos de 5 indivíduos de cada casta, sendo 2 grupos em colônia poligínica e 2 em colônia monogínica. As colônias possuíam um pequeno número de indivíduos. Esses, marcados com corretivo à base d'água (Marca HELIOS), foram observados desde o início da vida adulta até o final de 20 horas de observação, em sessões de meia hora diárias, em um período de 12 semanas. O registro dos comportamentos foram usados para gerar catálogos comportamentais referentes à divisão de trabalho.

Antes de cada sessão de observação, as tampas de papelão eram removidas. Porque a remoção das tampas de papelão pudessem perturbar as formigas, as observações iniciavam-se somente após cerca de 10 minutos.

Os etogramas foram feitos, utilizando-se colônias monogínicas, com exceção dos dois grupos observados em colônias poligínicas. A coleta dos

indivíduos para o estudo em colônias poligínicas foram feitas ao acaso, não se sabendo de que rainha eram descendentes.

### **3.4. Técnica de preparação para análise cromossômica.**

Cariótipos foram obtidos usando-se a técnica de IMAI *et al.* (1988), que produz uma alta qualidade de metáfases convencionais.

As soluções utilizadas foram: colchicina estoque (0,1% solução 0,1g colchicina / 1ml de H<sub>2</sub>O). Solução hipotônica (1% solução de citrato de sódio/ solução citrato trisódio dihidratado / 100ml de H<sub>2</sub>O). Solução colchicina hipotônica (0,005% colchicina: 0,5 ml solução estoque de colchicina / 9,5 ml solução hipotônica – preparada na hora). Fixador I (60% 1:1 ácido acético – etanol: ácido acético glacial 3ml / etanol 99,5% 3ml / H<sub>2</sub>O 4 ml – preparado na hora). Fixador II (1:1 ácido acético – etanol: ácido acético glacial 2ml / etanol 99,5% 2ml – preparado na hora). Fixador III (ácido acético glacial ).

Como material biológico utilizou-se: gânglio cerebral de pré - pupa, em um estágio posterior a defecação. (Figura 3).

As lâminas foram preparadas utilizando-se um estereomicroscópio (Marca WILD, modelo 308700) realizaram-se os seguintes procedimentos: o gânglio cerebral foi dissecado em solução hipotônica de colchicina, sobre lâmina pré lavada. Usaram-se pinças e estiletos para remover excesso de gordura e tecidos. Cada órgão obtido foi então transferido para um recipiente individual contendo solução hipotônica de colchicina, onde permaneceu por 20 minutos à temperatura ambiente protegido de luz. Cada gânglio hipotonizado foi colocado sobre lâmina inclinada à 45°, afim de drenar o



excesso de solução hipotônica. Duas gotas do fixador I foram colocadas sobre o gânglio e, para facilitar a dissociação do tecido foram usados estiletes. Antes que o fixador I evaporasse, adicionaram-se sobre a lâmina 2 gotas do fixador II, para retirada do excesso de água. Sobre o fixador II colocaram-se 2 gotas do fixador III. A secagem deu se à temperatura ambiente. A lâmina foi corada com Giensa por 20 minutos. Depois enxaguada em água corrente e analisada em microscópio óptico (marca NIKON, modelo MICROPHOT- FXA).

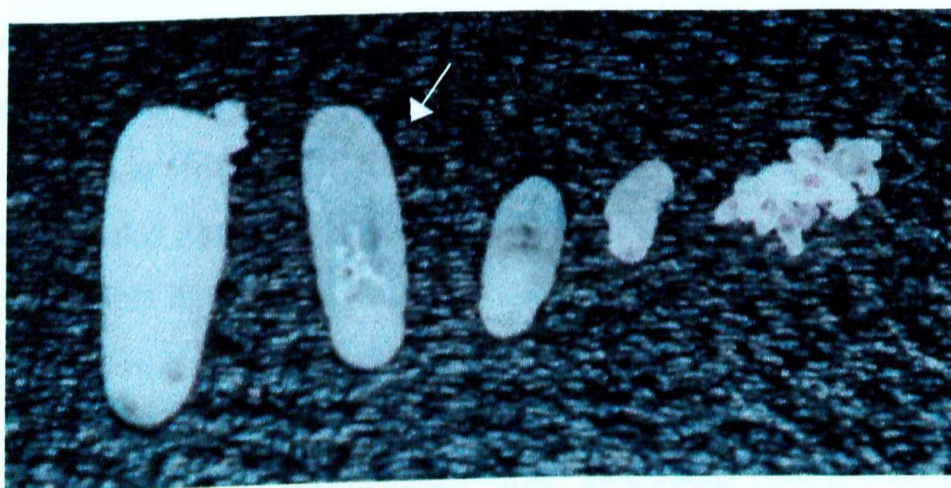


Figura 3. Algumas fases de desenvolvimento de *Camponotus atriceps*. A seta indica a larva utilizada para preparo das lâminas.

### 3.5. Análise morfométrica.

A análise morfométrica foi realizada com 32 indivíduos de cada colônia, sendo 16 operárias e 16 soldados, totalizando 160 indivíduos. As amostras foram retiradas em 5 colônias, sendo 3 monogínicas e 2 poligínicas. Os indivíduos foram mortos com CO<sub>2</sub>. As cabeças foram retiradas e fixadas em lâmina com Verniz Cristal Brilhante (marca Ypiranga). Cada lâmina foi identificada com etiquetas, indicando a origem dos exemplares.

Fotografou-se cada cabeça em estereomicroscópio (Marca WILD, modelo 308700), utilizando-se película colorida (35mm, asa 400). As medidas foram feitas nas fotos.

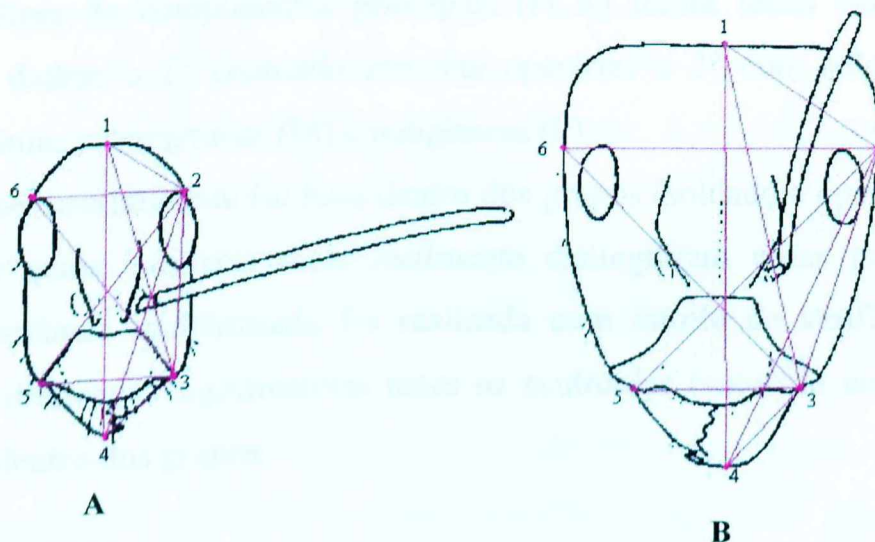
Para a análise morfométrica estabeleceram-se seis pontos de referência nas cabeças das formigas, sendo um na parte superior, dois laterais logo acima dos olhos, dois na inserção da mandíbula e um ponto na parte mais distal da mandíbula (Figura 4).

Com as coordenadas geradas a partir desses pontos montou-se um sistema cartesiano. As coordenadas foram calculadas com uso de uma mesa digitalizadora (SUMMASKETCH III), acoplada a um computador (marca IBM, modelo PC 350 P75). Os dados obtidos foram submetidos ao programa DISTANCE (criado por Richard E. Strauss em 1988) para o cálculo da distância entre os pontos. Para cada cabeça foram tomadas 12 medidas, que expressam as distâncias ou áreas entre os seis pontos referenciais. A matriz com os resultados gerados pelo programa DISTANCE, está descrita no apêndice.

As medidas e pontos de referências (*landmarks*) foram escolhidos com base no método de treliça (*network truss*) sugerido por BOOKSTEIN *et al.*



(1995). Eles devem ser pontos de fácil reconhecimento, localizados homologicamente em cada conjunto de dados.



Medidas de contorno, tomadas em linha reta.

D1: perímetro da figura, medido entre os pontos 1-6 e 1, D2: 1-2, D3: 2-3, D4: 3-4.

Medidas diagonais, tomadas em linha reta.

D5: 2-6, D6: 3-5, D7: 2-5, D8: 3-6, D9: 1-3, D10: 2-4, D11: 1-4.

Medida de área

D12: raiz quadrada da área compreendida entre os pontos 1-6 e 1

Figura 4. Medidas morfométricas (em micrômetros- $\mu\text{m}$ ) efetuadas e *Camponotus atriceps* A: operária e B soldado.

## Análise Estatística

Os dados obtidos com a mesa digitalizadora foram analisados com o programa SYSTAT 5.0 FOR WINDOWS (WILKINSON, 1992).

As análises de componentes principais (PCA) foram feitas em dois conjuntos de dados: o 1º contendo somente operárias e 2º com soldados, ambos de colônias monogínicas (M) e poligínicas (P).

A análise discriminante foi feita dentro dos grupos (soldado e operária), para verificar quais variáveis mais facilmente distinguiram esses grupos. Análise de variância multivariada foi realizada com intuito de verificar a existência de diferenças significativas entre os centróides (vetor de médias) pré definidos dentro dos grupos .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Localização dos ninhos de formigas.

Os ninhos de formigas *Camponotus atriceps* foram encontrados e coletados nos mais variados locais (Tabela 1), como por exemplo: sob estufas, em forros de geladeiras, dentro de computadores, no interior de portas, em arquivos de madeira contendo papéis e, principalmente, dentro de caixas de papel e caixas de madeira utilizadas para criar abelhas.

As caixas iscas mais eficientes na captura de ninhos foram as que possuíam estruturas de madeira e de papel. Em um período de 20 meses foram capturados respectivamente 26 e 20 ninhos nas caixas tipo madeira e papelão (Tabela 2). Caixas que já haviam capturado mais de um ninho, tiveram maior sucesso, provavelmente atraídas por restos metabólicos depositados na caixa, por colônias anteriores. Em uma caixa de madeira no mini apiário foram capturados 10 ninhos. As caixas iscas de madeira foram as únicas caixas que capturaram ninhos em todos os locais, até mesmo no Hospital Universitário, que recebe periodicamente tratamentos para controle de pragas.

O sucesso desse tipo de caixa, talvez seja devido às condições microambientais encontradas pelas formigas em seu interior, semelhantes às condições naturais da espécie, que nidifica em árvores mortas, tronco no solo e raízes no cerrado da região. A ocorrência constante em outros tipos de estruturas de madeiras, como portas, arquivos, móveis e caixas de abelhas pode comprovar essa hipótese.

Caixas de compensado tiveram pouco sucesso. Nelas apenas dois ninhos foram capturados (Figura 5).

O cronograma de captura dos ninhos, no período de junho de 1997 a janeiro de 1999, é mostrado na Figura 6.

Tabela 1. Colônias de formigas *Camponotus atriceps* coletadas no Campus Umuarama e meliponário UFU – Kerr, Uberlândia, MG no período de junho de 1997 a janeiro de 1999.

Local	Estrutura	Número de ninhos
Bloco 2E	Caixa de papel / papelão	8
	Atrás do rodapé da parede	1
	Dentro de portas	2
	Dentro de gavetas	2
	Dentro de caixa de isopor	3
	Dentro de microscópio	1
	Arquivo de madeira contendo papel	2
	Computador (CPU)	1
	Sob estufa	2
4C	Caixa de papel / papelão	3
	Bancada de madeira	1
	Forro de geladeira	1
2D	Caixa de papel / papelão	1
Mini apiário	Caixa de abelha (apicultura)	5
	Dentro de armário	1
Meliponário UFU- Kerr	Caixa de abelha (apicultura e meliponicultura)	9
Total		43

A distribuição temporal da captura das formigas, revelou os menores índices nos meses de junho. As baixas temperaturas desse período na região podem ter influenciado nesse número. Todavia, chuvas e temperaturas mais elevadas parecem elevar o número de dispersões, já que esses coincidem com o período de maior precipitação pluviométrica na região.

A alimentação feita com biscoito de polvilho doce (água 400ml, polvilho doce 1Kg, óleo vegetal 200ml, leite 200ml, 3 ovos e sal 15g) se mostrou mais eficiente que biscoito de polvilho azedo, que não foi consumido

por nenhum indivíduo durante o experimento. A alimentação com larvas de abelhas, assim como biscoitos, apresentou aumento na produção de novas crias.

Tabela 2. Número de colônias de formigas capturadas pelos diversos tipos de caixas iscas, Uberlândia, MG no período de junho de 1997 a janeiro de 1999.

Local	Tipo de caixa	Número de colônia
2E	Papel / papelão	9
	Madeira	5
	Compensado	0
2D	Papel / papelão	4
	Madeira	3
	Compensado	1
4C	Papel / papelão	3
	Madeira	5
	Compensado	0
Mini apiário	Papel / papelão	3
	Madeira	11
	Compensado	1
Biblioteca	Papel / papelão	1
	Madeira	1
	Compensado	0
Hospital	Papel / papelão	0
	Madeira	1
	Compensado	0
Total		48

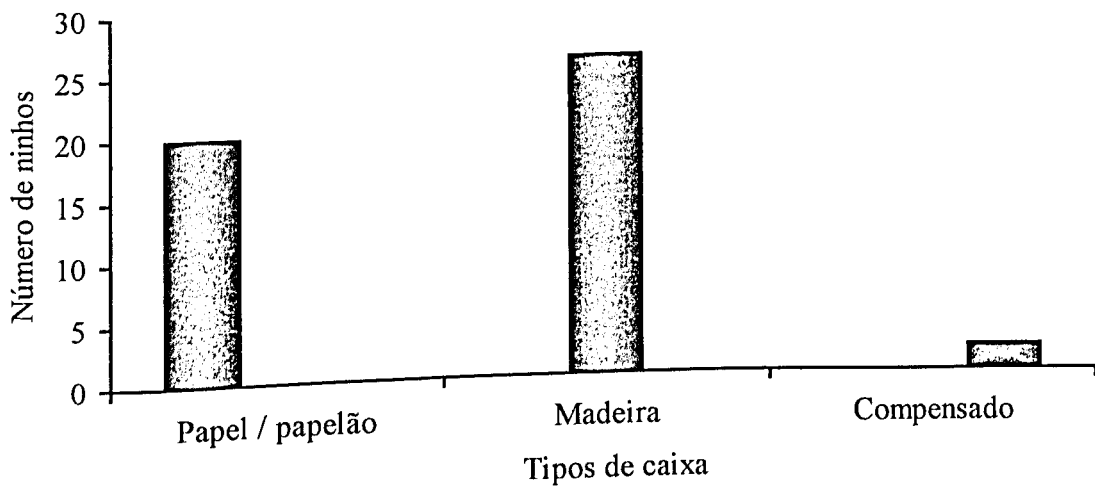


Figura 5. Número de ninhos capturados de *Camponotus atriceps* por tipo de caixas iscas, Uberlândia, MG no período de 20 meses.

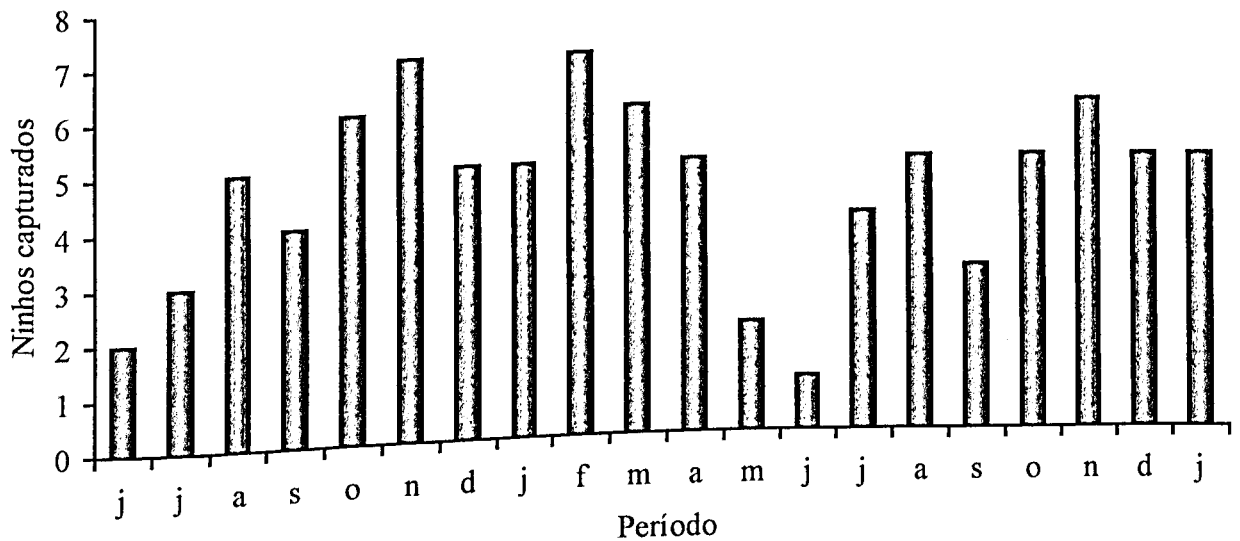


Figura 6. Distribuição temporal da captura e coleta de *Camponotus atriceps*, no período de 20 meses.

## 4.2. Fundação de colônias.

Inúmeras rainhas aladas foram coletadas após revoadas e colocadas em ninhos artificiais. Apenas uma delas fundou colônia. A rainha apresentou comportamento claustral, isto é, não saiu da colônia para buscar alimento, mesmo havendo recipientes com mel e uma fonte protéica disponíveis na arena da bandeja. Esse comportamento também foi verificado em *Camponotus ligniperda* e outras formigas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; DIEHL-FLEIG, 1995; ARON & PASSERA, 1999). Segundo WHEELER & BUCK (1996) o consumo das reservas de lipídios e proteínas acumulados no mesossoma e gáster são tão importantes quanto o consumo do músculo alar, para alimentar as primeiras crias.

A rainha, após uma semana no ninho, começou a ovipor. De um aglutinado de ovos inicial, apenas duas operárias nasceram. Essas operárias passaram a auxiliar a rainha e a buscar alimento para a nova colônia. A população então aumentou progressivamente, apresentando no segundo mês 4 indivíduos adultos e no terceiro mês, 6 indivíduos, além da rainha. Duas operárias morreram no segundo mês (Tabela 3). Essas eram visualmente menores, se comparadas a outras. A presença de soldados não ocorreu até o final do terceiro mês.

De acordo com OSTER & WILSON (1978) a vida de uma colônia pode ser dividida em três fases: a primeira é a de fundação, quando a fêmea alada, fecundada, perde suas asas e inicia a colônia; a segunda fase é o estágio ergonômico, no qual a população cresce após alguns meses da fundação, aumentando inclusive o tamanho médio das operárias. Nessa fase as atividades são voltadas para a manutenção do ninho. A terceira fase é o estágio reprodutivo, quando se inicia a produção de indivíduos reprodutivos.

Tabela 3. Cronograma de fundação de colônia de *Camponotus atriceps* (fundação haplometrose - claustral).

Dia	Eventos
1° (26/01/1999)	Captura das rainhas
2°	Acondicionamento das rainhas em ninhos artificiais
3°	Uma das rainha ovipõe um aglutinado de ovos em uma das câmaras.
7° (1 semana)	A rainha e sua prole são separadas das demais rainhas
14°	Mais ovos são produzidos. Eclosão de 3 larvas
21°	Presença de 2 pupas, 4 larvas e ovos
32° (1 mês)	Presença de 2 operárias, 3 pupas, 3 larvas e ovos
60°	Presença de 4 operárias, 2 pupas, 5 larvas, ovos e 2 operárias mortas
90°	Presença de 6 operárias, 7 pupas, 4 larvas, ovos

Uma colônia poligínica capturada que possuía duas rainhas fisogástricas foi acondicionada em um ninho de barro contendo 4 câmaras. Depois de 2 meses de sua captura a colônia sofreu divisão espontânea, ocorrendo assim, uma fundação por sociotomia. Uma das rainhas com um grupo de operárias (aproximadamente 35% do total de indivíduos) separou-se do grupo principal e se instalou em uma das câmaras do ninho. As formigas após a divisão, continuaram a compartilhar a mesma fonte de alimento, não usando, contudo, o mesmo lixo.

Após um período de 15 dias, a inclusão de uma segunda fonte alimentar, próxima à nova colônia, fez com que as duas se separassem totalmente, não havendo nenhum tipo mais de interação entre ambas. É interessante ressaltar que a colônia antes de se dividir passou por um processo de ninho satélite, onde indivíduos e crias ocuparam a câmara antes que a rainha migrasse.



*Camponotus atriceps* apresentou desse modo, dois tipos de formação de ninhos monogínicos em laboratórios: um por fundação e outro por divisão. Entretanto, inúmeros ninhos poligínicos dessa formiga foram capturados. Segundo HÖLLDOBLER & WILSON (1990) ninhos monogínicos podem adotar rainhas fecundadas por serem poligínicas facultativas. Em ambientes com grande incidência de ninhos, as rainhas recém fecundadas dificilmente encontram um local para iniciar sua colônia, aumentando assim a poliginia facultativa. *Solenopsis invicta* por exemplo em determinada região é primariamente monogínica e em outra poligínica (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Tal variação está provavelmente associada à disponibilidade de locais para nidificação.

Embora, segundo FOWLER *et al.*, (1991) existam poucos trabalhos sobre fundação de colônias em Formicinae, já foram verificadas fêmeas fundando colônias em grupos e colônias monogínicas se fundindo para formar colônias poligínicas.

A vantagem da fundação individual, originando colônias monogínicas está no maior grau de parentesco entre os indivíduos, o que geraria menor competição intraespecífica, exclusividade de territórios e manutenção do comportamento social (HÖLLDOBLER & WILSON 1990). A existência de colônias poligínicas pode ser vantajosa por gerar uma melhor adaptação em situações especiais, em que o *fitness* reprodutivo da colônia é melhorado, por redução na competição por território e recursos alimentares. As colônias poligínicas de *C. atriceps* capturadas ou coletadas (20 do total de 91 colônias), possuíam 2 rainhas e tinham número muito maior de indivíduos, quando comparado às colônias com apenas uma rainha.

HÖLLDOBLER & WILSON (1977) associam poliginia a ambientes efêmeros ou estáveis de distribuição irregular. Em *C. atriceps*, essas condições

são encontradas em ambientes urbanos, onde geralmente nidificam em locais de fácil acesso a recursos alimentares (cozinhas, copas e despensas).

É possível que *C. atriceps* siga o seguinte esquema de dispersão: a partir de colônias monogínicas já estabelecidas, pode haver fusão de ninhos ou adoção de novas rainhas, propiciando aumento no número de indivíduos. Colônias populosas podem originar ninhos satélites, levando à formação de ninhos monogínicos por sociotomia. A seqüência desses atos formariam um ciclo alternando monoginia e poliginia. Para a confirmação desta hipótese, faz-se necessário estudos em ambientes naturais.

#### 4.3. Etograma.

Foram observados 41 atos comportamentais, divididos em 6 categorias, no repertório de *Camponotus atriceps*. Operárias apresentaram um número total de atos de 16.443 (Tabela 4) e soldados um total de 10.456 (Tabela 5). Análises dos atos comportamentais mostraram que as operárias dispensaram 35,15 % do seu tempo em limpeza corporal. Desses 19,13 % foi gasto somente com as antenas e 1º par de pernas: cerca de 22,96 % dos atos comportamentais foram usados na alimentação; 11,85 % no cuidado parental; 12,48 % em comunicação; 4,27 % em defesa e 13,13 % em exploração do ninho (Figura 7). Os soldados devotaram mais tempo à alimentação (52,31 %). A trofalaxia entre soldados foi freqüente (31,10 %). O investimento em limpeza teve um percentual de 32,71 %, dentre os comportamentos executados, sendo a antena a estrutura limpa um maior número de vezes. Comportamentos de comunicação representaram 6,08%; de defesa 3,14 %; exploração da arena 3,71 % e cuidado parental 1,85 % (Figura 8).

Tabela 4. Categorias de atos comportamentais de Operárias de *Camponotus atriceps*, com 50 horas de observação, Uberlândia MG.

Categoria de atos comportamentais	n	n fracionado
<b>Limpeza</b>	3146	0.1913
01. Auto limpeza 1º par de pernas e antenas	928	0.0570
02. Auto limpeza 2º par de pernas	560	0.0340
03. Auto limpeza 3º par de pernas	269	0.0163
04. Auto limpeza anus	9	0.0005
05. "Allogrooming" macho	674	0.0409
06. "Allogrooming" operárias	88	0.0053
07. "Allogrooming" rainha (s)	102	0.0062
08. "Allogrooming" soldado		
<b>Alimentação</b>	2456	0.1493
09. Trofalaxia operária – operária	34	0.0020
10. Trofalaxia operária - fêmea alada	11	0.0006
11. Trofalaxia operária – macho	361	0.0219
12. Trofalaxia operária – soldado	47	0.0028
13. Trofalaxia operária – fêmea aptera	1	0.0000
14. Canibalismo de imaturos	8	0.0004
15. Alimentando-se de exúvia	384	0.0233
16. Alimentando-se de mel	483	0.0293
17. Alimentando-se de larvas ou biscoito		
<b>Cuidado parental</b>	247	0.0150
18. Operária parada sobre ovo	361	0.0219
19. Operária parada sobre larva	328	0.0199
20. Operária parada sobre pupa	33	0.0020
21. Manipulando ovo	170	0.0103
22. Manipulando larva	189	0.0114
23. Manipulando pupa	26	0.0015
24. Carregando ovo	66	0.0040
25. Carregando larva	198	0.0120
26. Carregando pupa	154	0.0093
27. Alimentando larva	85	0.0051
28. Limpando larva	90	0.0054
29. Limpando pupa	12	0.0007
30. Auxiliando eclosão		
<b>Comunicação</b>	1438	0.0874
31. Antenando operária	446	0.0271
32. Antenando soldado	165	0.0100
33. Antenando Fêmeas	1	0.0000
34. Antenando macho	6	0.0003
35. Marcando trilha com ácido		
<b>Defesa</b>	306	0.0186
36. Parando na porta do ninho	68	0.0041
37. Carregando operária morta	207	0.0124
38. Carregando lixo	50	0.0030
39. "Jerking"		
<b>Exploração</b>	77	0.0046
40. Escavando caixa de papel	2159	0.1313
41. Explorando arena		
<b>Total</b>	<b>16443</b>	<b>1.0000</b>

Tabela 5. Categorias de atos comportamentais de soldados de *Camponotus atriceps*, com 50 horas de observação, Uberlândia MG.

Categorias comportamentais	n	n fracionado
<b>Limpeza</b>	2147	0.2053
01. Auto limpeza 1º par de pernas e antenas	359	0.0343
02. Auto limpeza 2º par de pernas	262	0.0250
03. Auto limpeza 3º par de pernas	114	0.0109
04. Auto limpeza anus	33	0.0031
05. "Allogrooming" macho	61	0.0058
06. "Allogrooming" operárias	50	0.0047
07. "Allogrooming" rainha (s)	398	0.0380
08. "Allogrooming" soldado		
<b>Alimentação</b>	3252	0.3110
09. Trofalaxia soldado - soldado	20	0.0019
10. Trofalaxia soldado - fêmea alada	333	0.0318
11. Trofalaxia soldado - macho	1222	0.1168
12. Trofalaxia soldado - operária	24	0.0022
13. Trofalaxia soldado - fêmea aptera	9	0.0008
14. Canibalismo de imaturos	0	0.0000
15. Alimentando-se de exuvia	201	0.0192
16. Alimentando-se de mel	413	0.0394
17. Alimentando-se de larvas ou biscoito		
<b>Cuidado Parental</b>	6	0.0005
18. Soldado parado sobre ovo	27	0.0025
19. Soldado parado sobre larva	68	0.0065
20. Soldado parado sobre pupa	1	0.0000
21. Manipulando ovo	20	0.0019
22. Manipulando larva	7	0.0006
23. Manipulando pupa	3	0.0002
24. Carregando ovo	10	0.0009
25. Carregando larva	6	0.0005
26. Carregando pupa	49	0.0046
27. Alimentando larva	0	0.0000
28. Limpando larva	4	0.0003
29. Limpando pupa	0	0.0000
30. Auxiliando eclosão		
<b>Comunicação</b>	226	0.0216
31. Antenando operária	242	0.0231
32. Antenando soldado	90	0.0086
33. Antenando Fêmeas	12	0.0011
34. Antenando macho	67	0.0064
35. Marcando trilha com ácido		
<b>Defesa</b>	22	0.0021
36. Parando na porta do ninho	29	0.0027
37. Carregando operária morta	63	0.0058
38. Carregando lixo	0	0.0000
39. "Jerking"		
<b>Exploração</b>	218	0.0208
40. Escavando caixa de papel	388	0.0371
41. Explorando arena		
<b>Total</b>	<b>10456</b>	<b>1.0000</b>

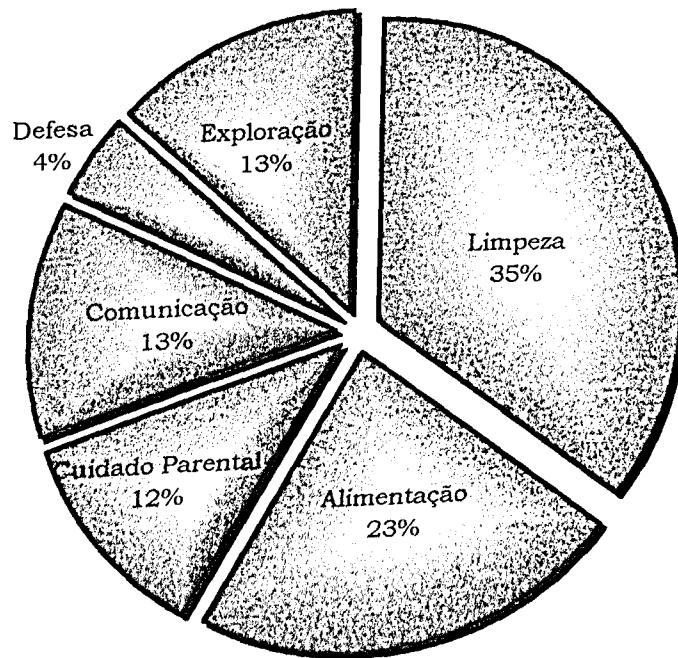


Figura 7. Frequência de atos comportamentais de operárias de *Camponotus atriceps*, com 50 horas de observação, Uberlândia MG.

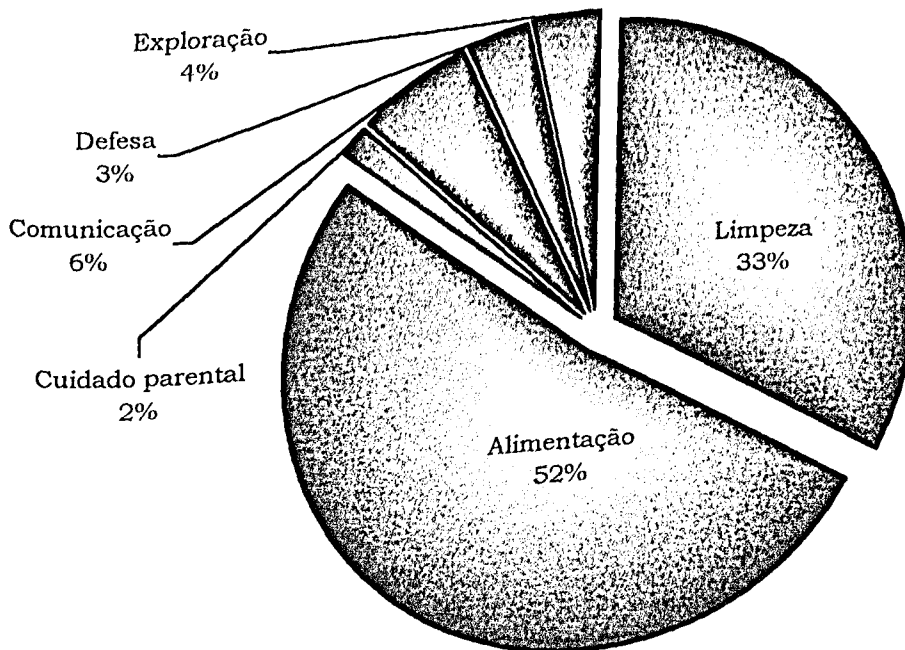


Figura 8. Frequência de atos comportamentais de soldados de *Camponotus atriceps*, com 50 horas de observação, Uberlândia MG.

Os soldados gastaram 85% do seu tempo em alimentação e limpeza. O tempo utilizado em defesa (3%) foi portanto muito baixo. A falta de situações, como por exemplo, intrusos na colônia e captura de presas poderiam explicar a baixa frequência desse comportamento.

Comparando as duas castas vemos que entre operárias, há distribuição mais regular de tarefas, o que mostra serem elas a base da organização social da colônia. A comunicação e o cuidado parental e a exploração do ambiente comportamentos típicos desta casta, fundamentam a estrutura da organização social.

Em ambos os grupos (operária e soldado), a distribuição de alimento por trofalaxia foi muito freqüente (Figura 9), e geralmente precedida de antenação. Algumas trofalaxias ocorreram até entre 4 indivíduos, principalmente soldados. A trofalaxia, além da troca de alimentos, inclui também trocas químicas importantes entre os membros da colônia (HOYT, 1998). A palavra trofalaxia, não se referem apenas troca de alimento oral ou anal (trofobiose entre pulgões e formigas) entre os indivíduos, mas também às trocas de informações (HOYT, 1998). As formigas lava-pés por exemplo transferem rapidamente alimento por trofalaxia para a cria. Essas regurgitam o excesso de alimento, agora processado, que por sua vez é coletado pelas formigas que cuidam das crias (*nurse workers*), e oferecido à rainha. Isso faz com que haja aumento na oviposição. Esse processo é chamado de ciclo de resposta positiva (*positive feedback loop*) (HOYT, 1998).

Durante a quantificação do etograma outros tipos de atos comportamentais foram observados: como alto índice de *allogrooming* em operárias recém nascidas. As operárias, quando auxiliam a eclosão, geralmente fazem um corte transversal anterior no casulo, facilitando a eclosão.



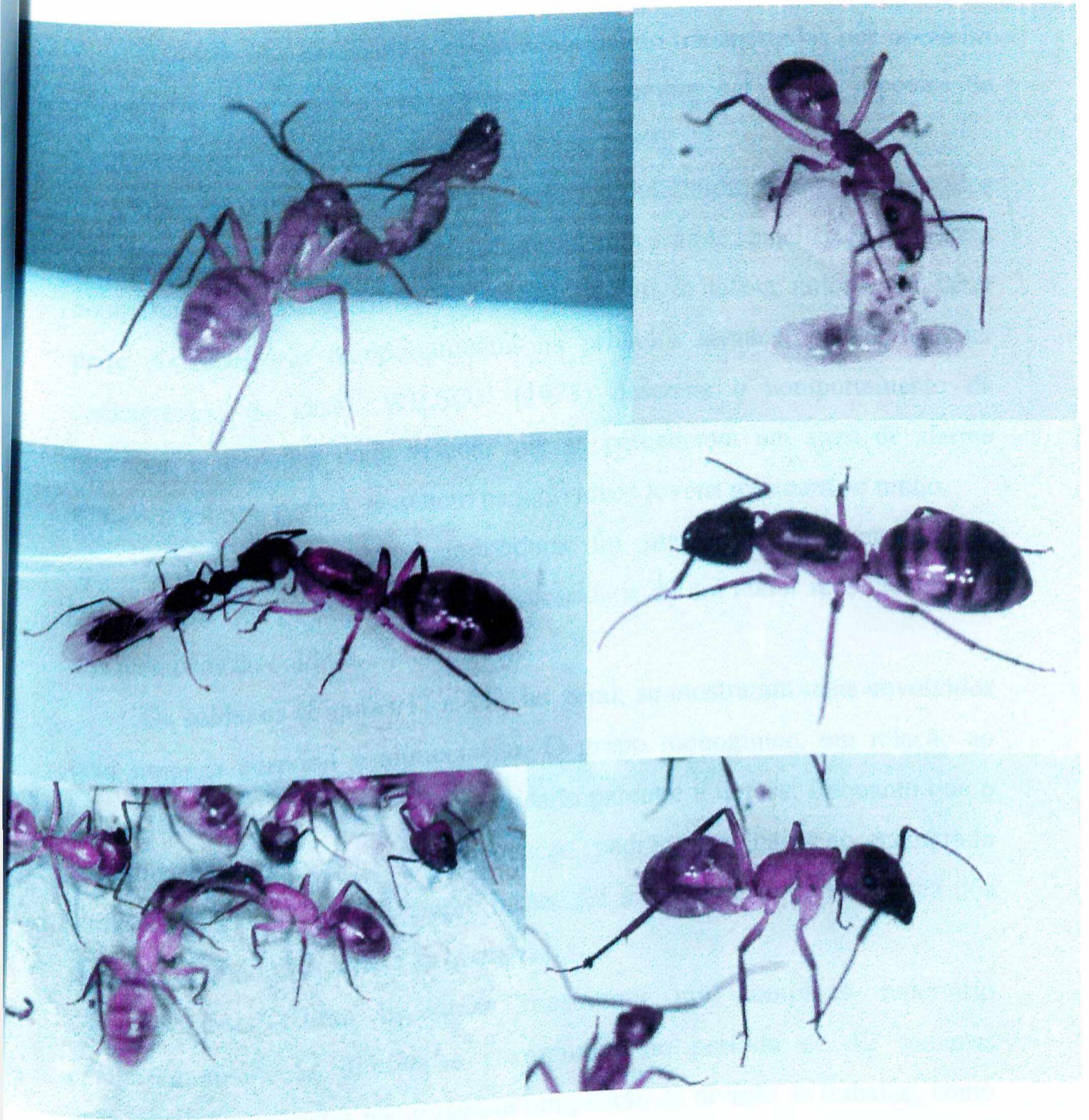


Figura 9. Alguns atos comportamentais de *Camponotus atriceps* observados em laboratório. Em sentido horário, começando no canto superior direito: operária sobre a cria, rainha fisogástrica, soldado limpando a antena, trofalaxia entre soldados, trofalaxia entre rainha e macho e uma operária transportando outra pela mandíbula.

Machos não apresentam resistência quando transportados por operárias (Figura 9). Esse último comportamento é comum em várias espécies de *Camponotus* (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

Etogramas de colônias monogínicas e poligínicas estão representados nas figuras 10 e 11. Entre os dois grupos há uma grande semelhança no padrão comportamental das operárias. O comportamento de defesa, único a não fazer parte do repertório comportamental na primeira semana, parece não ser característico da casta. WILSON (1975) descreve o comportamento de operárias e soldados mais velhos, que ao perceberem um sinal de alarme avançam sobre o perigo, enquanto os indivíduos jovens retornam ao ninho.

A comunicação entre indivíduos foi mais freqüente em colônia poligínica, o que pode ser devido à necessidade de um maior reconhecimento dos membros da colônia.

Os soldados (Figuras 12 e 13), no geral, se mostraram mais envolvidos com limpeza corporal e alimentação. O grupo monogínico, em relação ao poligínico, gastou mais tempo em cuidado parental e defesa. Enquanto que o poligínico investiu mais em comunicação, padrão semelhante ao encontrado entre operárias. A defesa, sempre baixa, foi a tarefa mais característica dos soldados quando comparado às operárias.

As duas castas estudadas mostraram um complexo repertório comportamental. As diferenças encontradas no período de 12 semanas mostraram que as castas não possuem um padrão de divisão de trabalho, como acontece em *Apis mellifera*. Nessas abelhas a idade indica qual o papel que deverão desempenhar dentro da colônia (RÖSCH, 1925; RIBBANDS, 1953; WINSTON *et al.*, 1979; FREE, 1980 e OLIVEIRA JR, 1999).



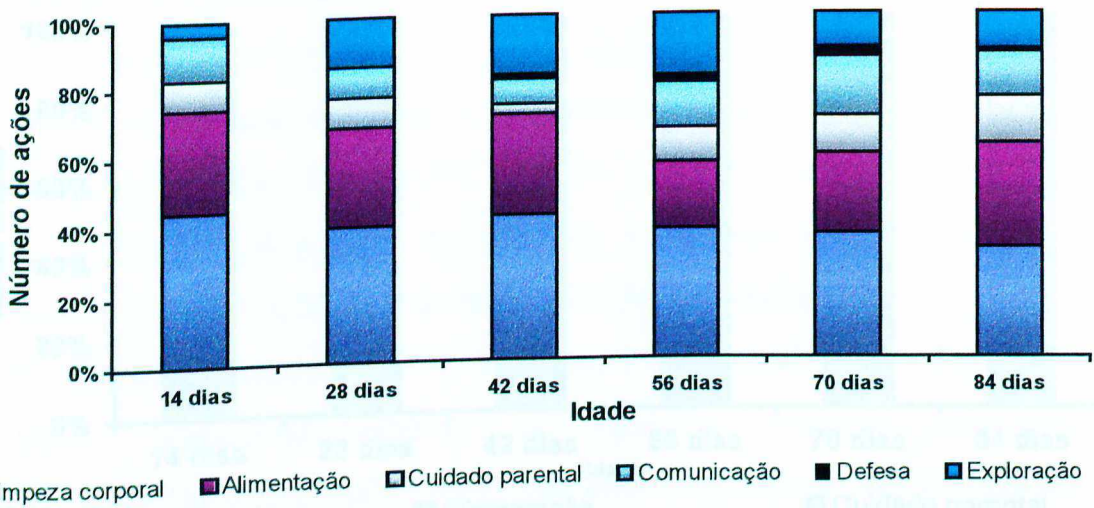


Figura 10. Divisão de trabalho de 5 operárias, em colônia monogínica de *Camponotus atriceps*, durante os primeiros 84 dias de vida. (20 horas de observação em condições de laboratório).

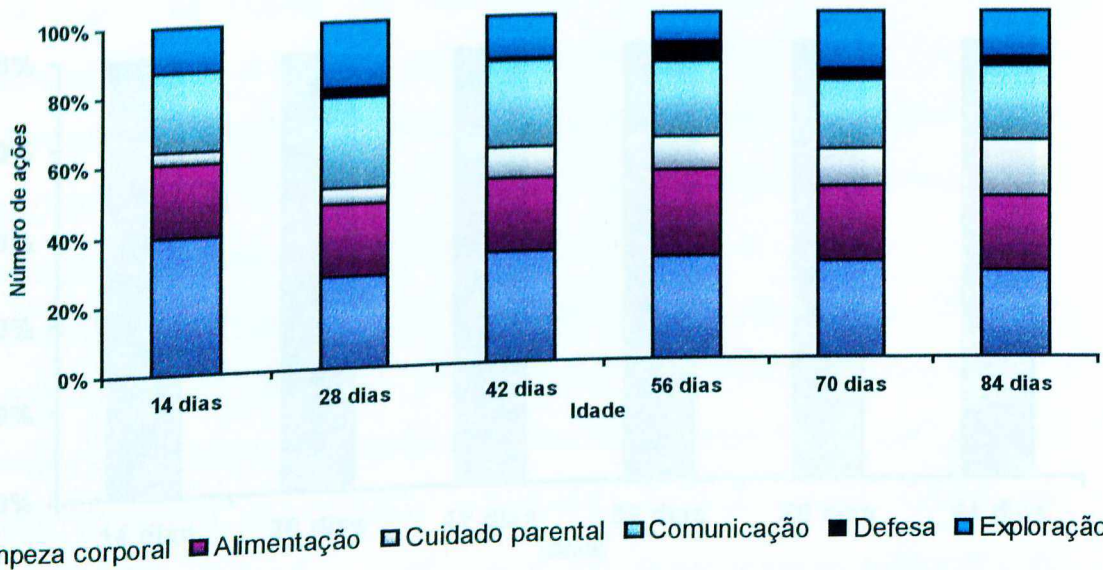


Figura 11. Divisão de trabalho de 5 operárias, em colônia poligínica de *Camponotus atriceps*, durante os primeiros 84 dias de vida (20 horas de observação em condições de laboratório).

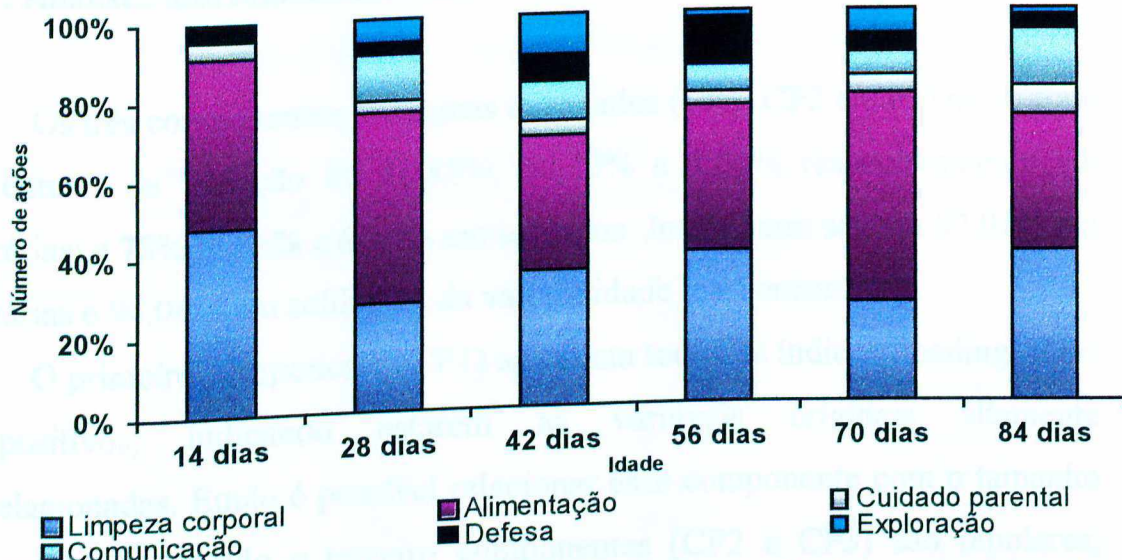


Figura 12. Divisão de trabalho de 5 soldados, em colônia monogínica de *Camponotus atriceps*, durante os primeiros 84 dias de vida (20 horas de observação em condições de laboratório).

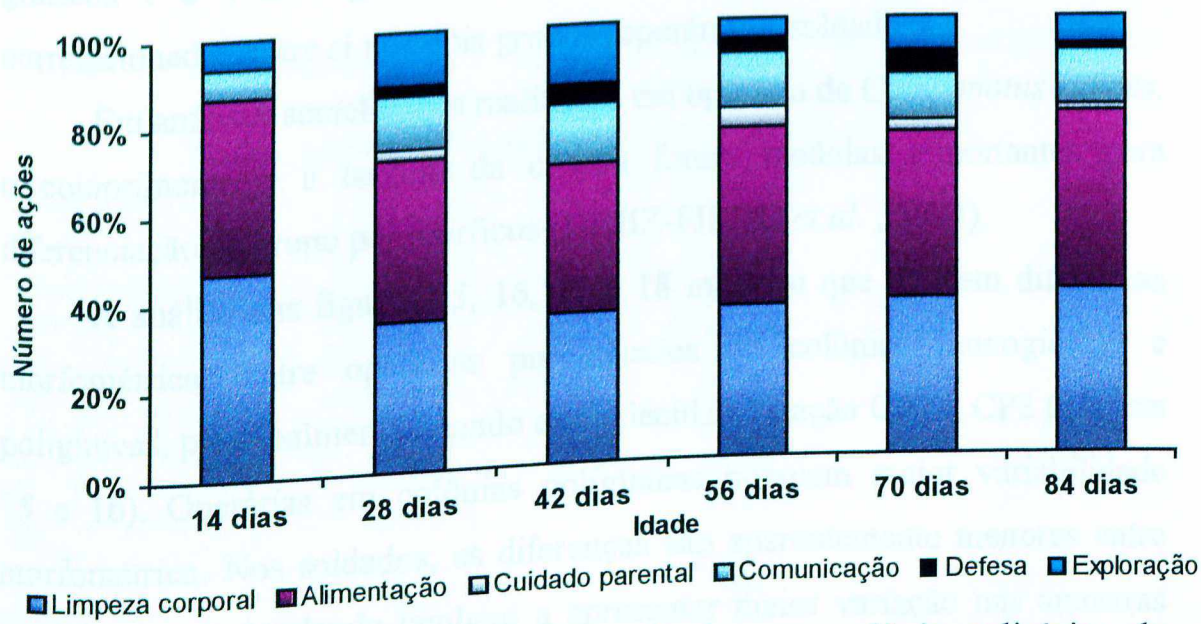


Figura 13. Divisão de trabalho de 5 soldados, em colônia poligínica de *Camponotus atriceps*, durante os primeiros 84 dias de vida (20 horas de observação em condições de laboratório).

#### 4.4 . Análises morfométricas e estatística multivariada

Os três componentes principais analisados (CP1, CP2 e CP3) mostraram percentuais de variação de 81,85%, 10,30% e 4,86% respectivamente em operárias; e 78%, 9,66% e 6,38% em soldados. Juntos representam 97,01% em operárias e 94,04% em soldados, da variabilidade total encontrada.

O primeiro componente (CP1) apresenta todos os índices (loading) altos e positivos, indicando estarem as variáveis originais altamente correlacionadas. Então é possível relacionar esse componente com o tamanho em geral. O segundo e terceiro componentes (CP2 e CP3) são bipolares, podendo ser relacionados com a forma (MONTEIRO, 1997) (Figura 14).

Em operárias, as características D4 e D6 tiveram as mais baixas correlações com CP1 e as mais altas correlações com CP2 (Tabela 6). Em soldados, estas características apresentaram o mesmo padrão (Tabela 7). Os gráficos 1 e 4 da Figura 14, sugerem que as medidas D4 e D6 estão correlacionados entre si nos dois grupos (operárias e soldados).

Em análises semelhantes realizadas em operária de *Camponotus rufipes*, o comprimento e a largura da cabeça foram medidas importantes para diferenciação de grupo polimórficos (DINIZ-FILHO *et al.* , 1994).

A análise das figuras 15, 16, 17 e 18 mostrou que existem diferenças morfométricas entre operárias provenientes de colônias monogínicas e poligínicas, principalmente quando estabelecida a relação CP1 x CP2 (Figuras 15 e 16). Operárias em colônias poligínicas possuem maior variabilidade morfométrica. Nos soldados, as diferenças são aparentemente menores entre os dois grupos, tendendo também a apresentar maior variação nas amostras poligínicas (Figuras 15, 16, 17 e 18). A menor variação apresentada em

amostras monogínicas de soldados, pode ser devido ao maior grau de parentesco entre os indivíduos ou que reduziria a variabilidade entre eles.

Tabela 6. Correlação dos 3 componentes com as 12 características morfológicas analisadas em operárias de *Camponotus atriceps*. Dados submetidos à análise de componente principal.

Característica	r 1	r 2	r 3
D1	<b>0.999</b>	0.007	-0.009
D2	0.849	0.015	<b>-0.492</b>
D3	0.855	0.420	0.285
D4	0.595	<b>-0.760</b>	.0200
D5	0.904	0.019	<b>-0.341</b>
D6	0.765	<b>-0.602</b>	-0.021
D7	0.971	0.123	0.123
D8	0.970	0.154	0.006
D9	0.942	0.271	0.009
D10	0.955	0.028	0.276
D11	0.973	0.033	0.071
D12	<b>0.992</b>	-0.067	-0.080
Variação Total	81.85%	10.30%	4.86%

Tabela 7. Correlação dos 3 componentes com as 12 características morfológicas analisadas em soldados de *Camponotus atriceps*. Dados submetidos a análise de componente principal.

Característica	r 1	r 2	r 3
D1	<b>0.995</b>	0.032	-0.024
D2	0.808	0.052	<b>-0.547</b>
D3	0.786	0.462	<b>0.394</b>
D4	0.596	<b>-0.755</b>	0.177
D5	0.879	0.101	-0.323
D6	0.779	<b>-0.543</b>	0.010
D7	0.951	0.088	0.150
D8	0.947	0.113	0.077
D9	0.927	0.206	-0.094
D10	0.918	0.034	0.354
D11	0.935	-0.035	-0.042
D12	<b>0.992</b>	-0.034	-0.089
Variação Total	78%	9.66%	6.38%

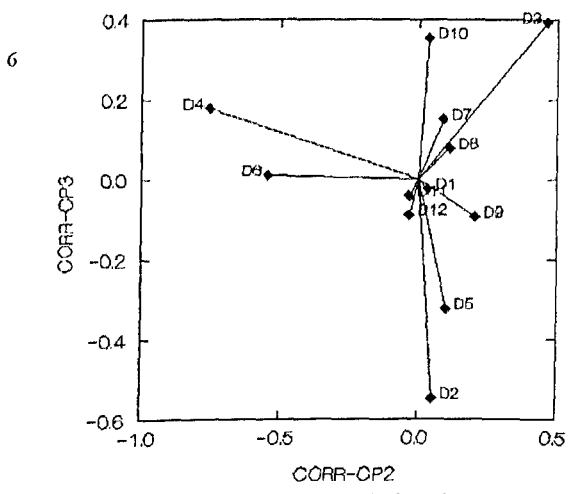
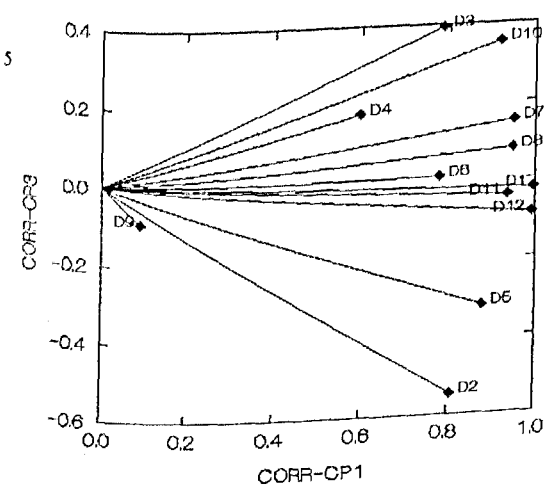
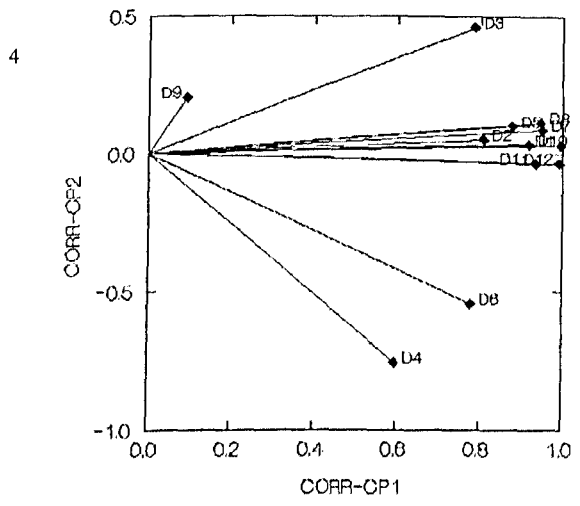
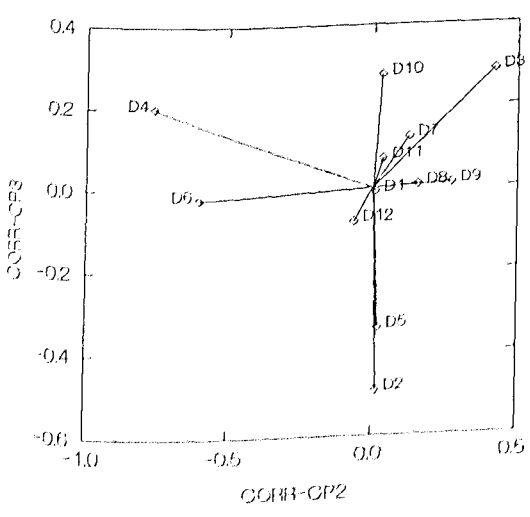
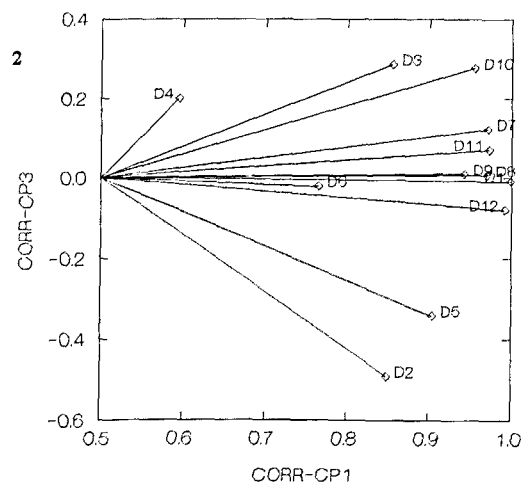
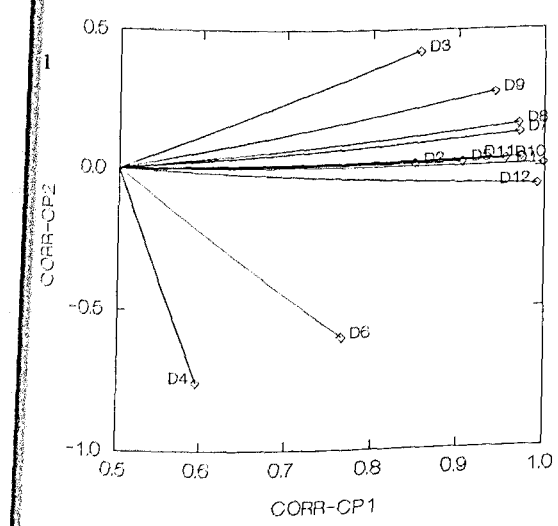


Figura 14. Correlação entre cada uma das 12 medidas morfológicas de *Camponotus atriceps* (D1 a D12) com os componentes 3 principais (CP1, CP2 e CP3). Nos gráficos 1, 2 ao 3, são correlacionados as medidas de operárias e do 4 ao 6, as de soldados.



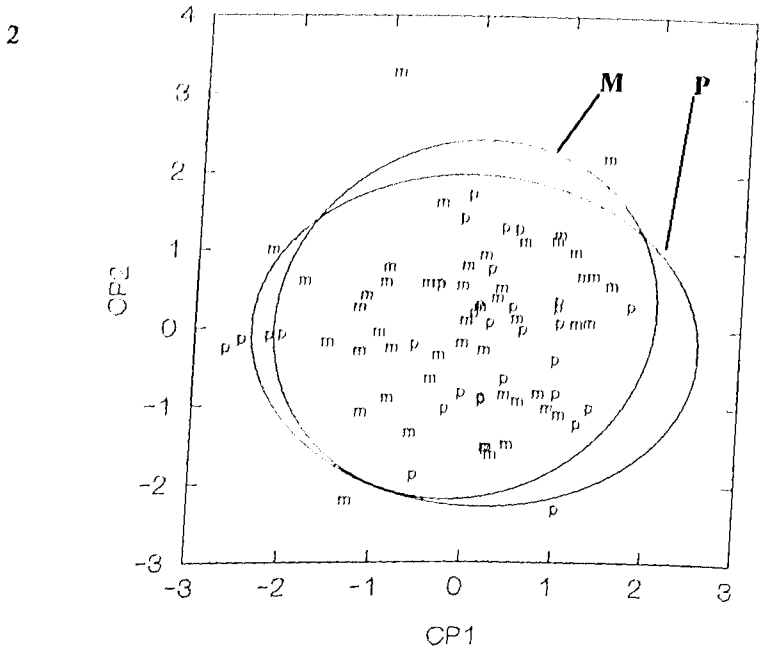
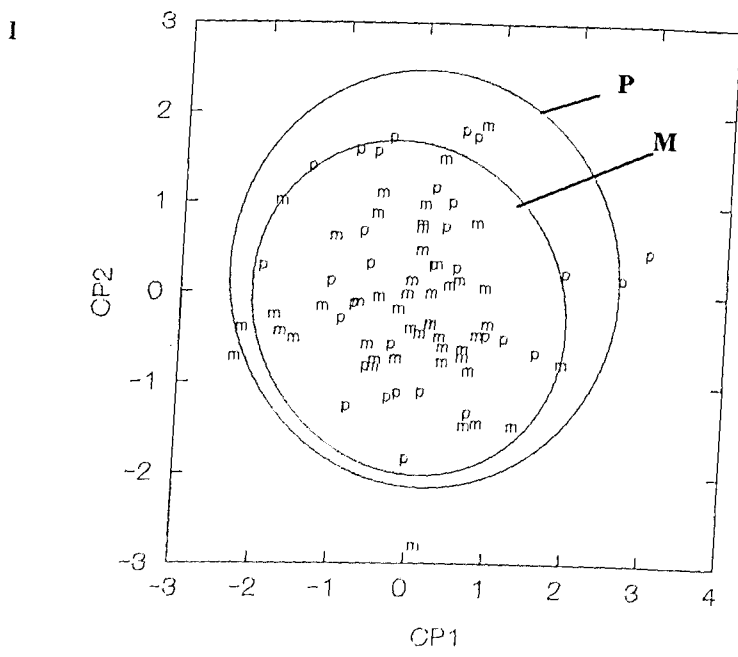


Figura 15. Primeiro e segundo componentes principais da matriz de correlação de medidas morfométricas de *Camponotus atriceps*. Gráficos 1 operárias e os gráfico 2 soldados. As elipses abrangem 90% dos dados, P = poliginia e M = monoginia.

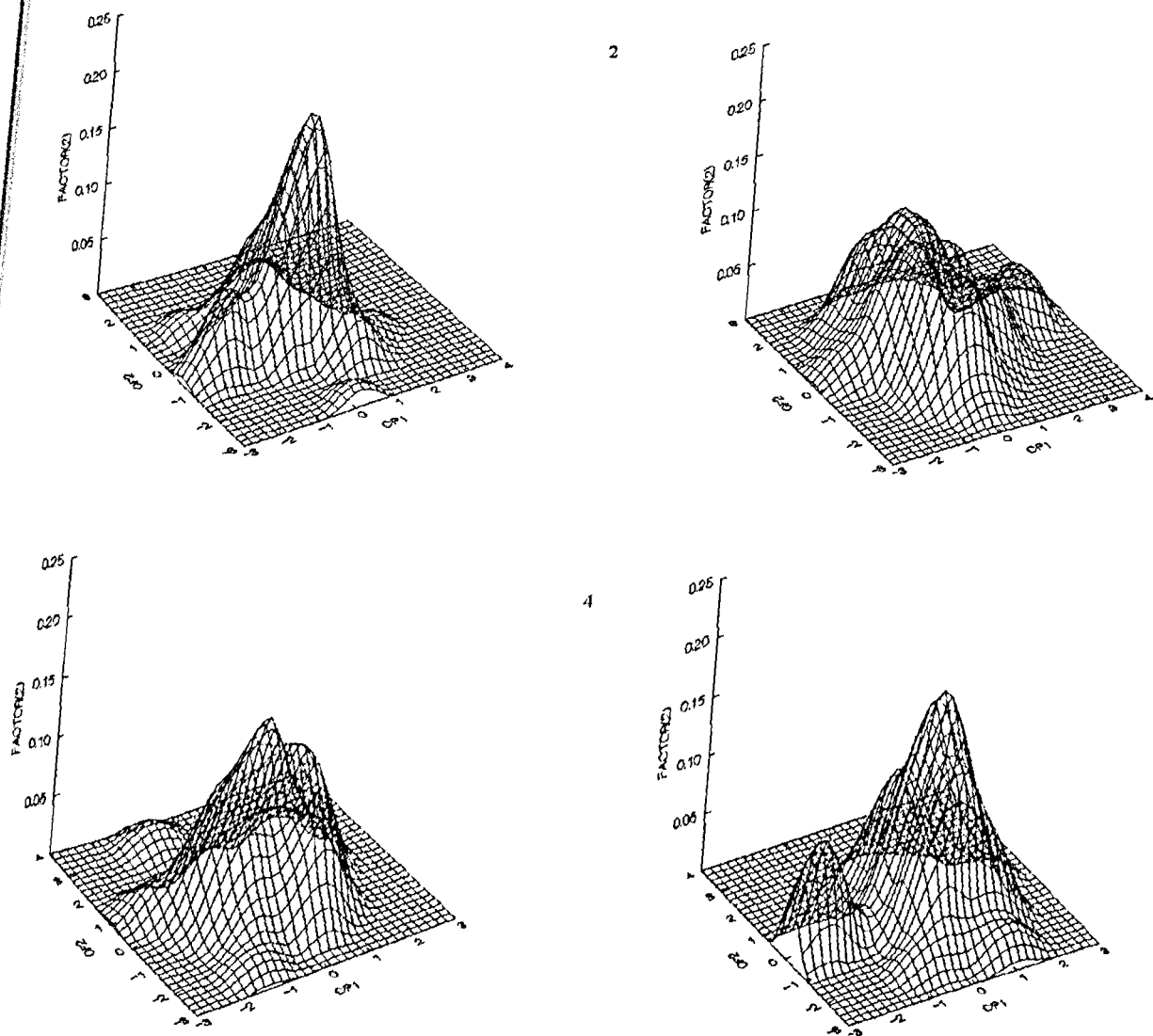


Figura 16. Primeiro e segundo componente principal (CP1 e CP2) da matriz de correlação de caracteres morfológicos de *Camponotus atriceps*. Gráfico 1 operária/ monoginia, 2 operária/ poliginia, 3 soldado/ monoginia e 4 soldado/ poliginia.

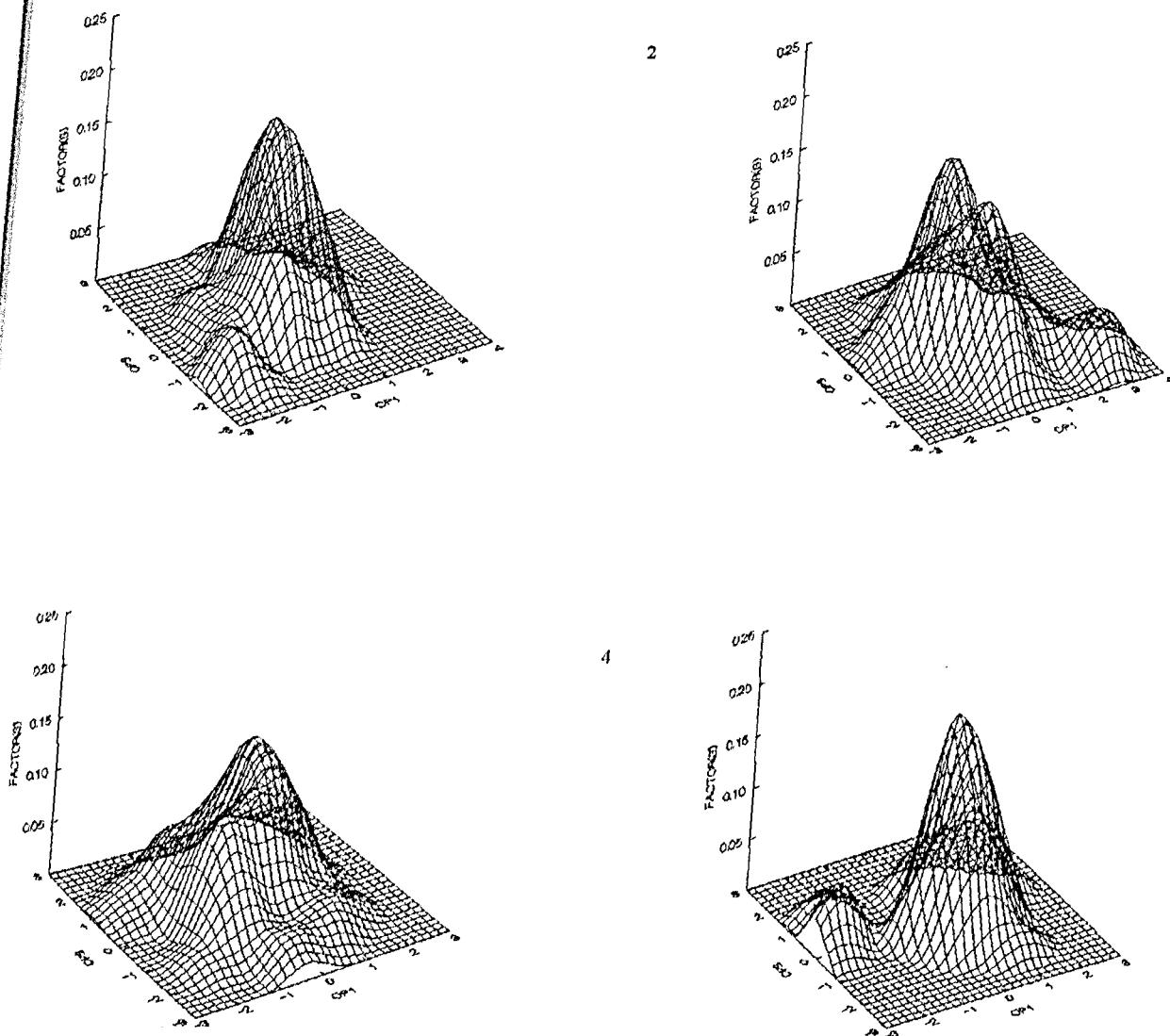


Figura 17. Primeiro e terceiro componente principal (CP1 e CP3) da matriz de correlação de caracteres morfológicos de *Camponotus atriceps*. Gráfico 1 operária/ monoginia, 2 operária/ poliginia, 3 soldado/ monoginia e 4 soldado/ poliginia.



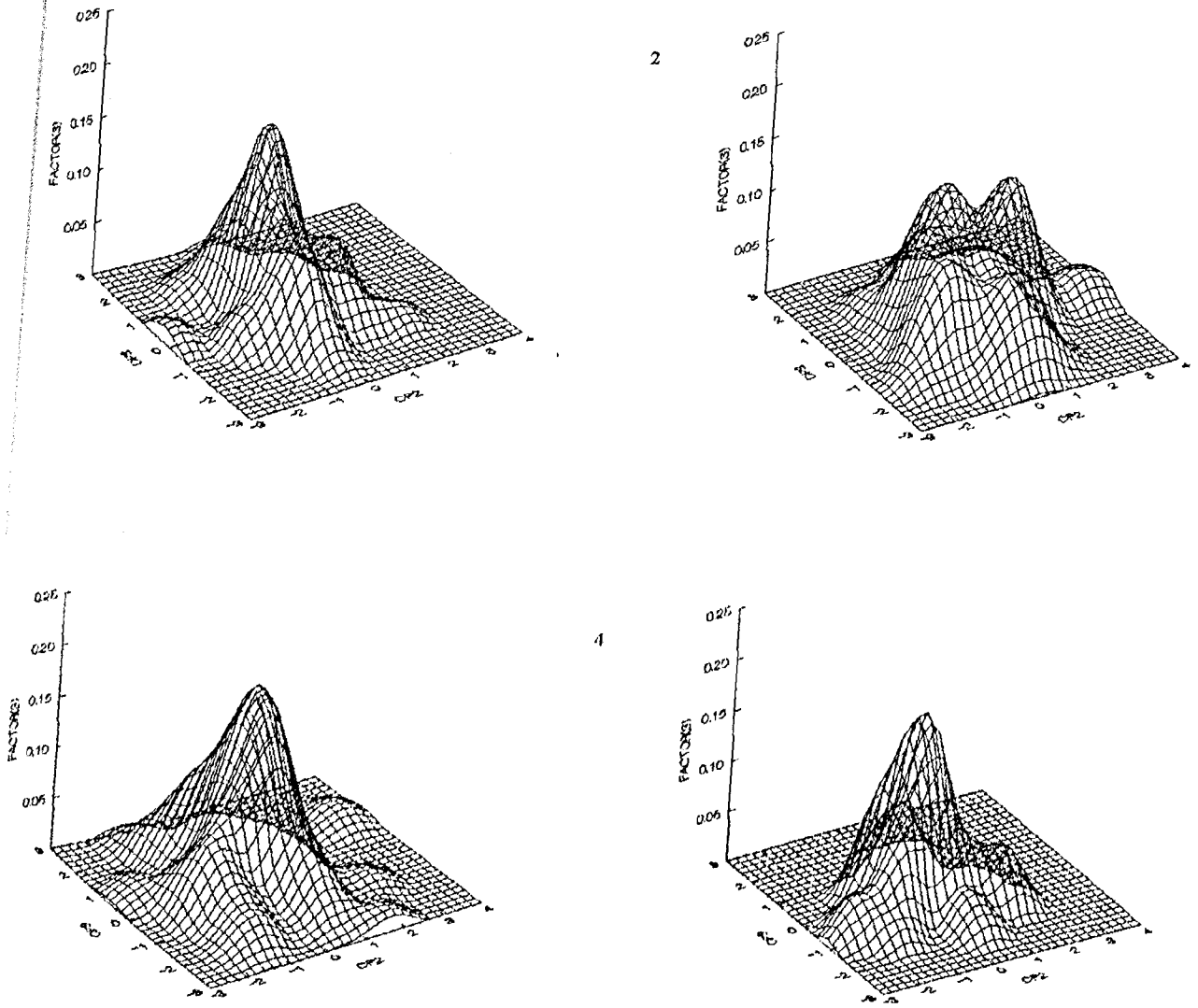


Figura 18. Segundo e terceiro componente principal (CP2 e CP3) da matriz de correlação de caracteres morfológicos de *Camponotus atriceps*. Gráfico 1 operária/ monoginia, 2 operária/ poliginia, 3 soldado/ monoginia e 4 soldado/ poliginia.

## Análise discriminante

A análise discriminante utilizando dados morfométricos de soldados e operárias teve por objetivo verificar quais variáveis poderiam distinguir grupos monogínicos (M) e poligínicos (P). As Tabelas 8 e 9 mostram os resultados obtidos nesta análise. O percentual de erro nos dois grupos foi de 27,5% para as operárias e 36,25% para os soldados. Esses percentuais dão uma idéia do quanto as operárias variam a mais que os soldados. Nas tabelas 10 e 11 temos os coeficientes das funções discriminantes dos grupos M e P entre operárias e soldados.

## Análise de variância multivariada

O valor de Lambda apresentado pela análise de variância multivariada, tomando-se como fatores os tipos de colônia M e P (MANOVA) foi de  $\lambda = 0,786$  para operárias e  $\lambda = 0,896$  para soldados (Tabela 12). Em ambos os casos diferenças entre os centróides não foram significativas ( $P > 0,05$ ). A Tabela 13 mostra os valores da variável canônica (CAN1) e os coeficientes de correlação ( $r_1$ ) de cada dependente. As medidas (D2, D6 e D9) relacionadas à altura da cabeça e largura da mandíbula (Figura 4), foram as mais importantes dentro dos grupos para discriminação das castas de operária e soldado entre colônias poligínicas e monogínicas.

Segundo DINIZ-FILHO *et al.* (1994) a análise estatística multivariada é uma ótima ferramenta para discriminar variações em castas. Além de possuir inúmeras vantagens sobre outras técnicas bi – variadas, geralmente usadas.

Tabela 8. Alocação canônica entre os grupos monogínico (M) e poligínico (P), baseada nas 12 características morfométricas obtidas em cabeças de operárias de *Camponotus atriceps*.

Grupo ao qual o Indivíduo pertence	Grupo onde foi alocado		Total
	M	P	
M	36	12*	48
P	10*	22	32
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>34</b>	<b>80</b>

\* erro de classificação

Tabela 9. Alocação canônica entre os grupos monogínico (M) e poligínico (P), baseada nas 12 características morfométricas obtidas em cabeças de soldados de *Camponotus atriceps*.

Grupo ao qual o Indivíduo pertence	Grupo onde foi alocado		Total
	M	P	
M	33	15*	48
P	14*	18	32
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>33</b>	<b>80</b>

\* erro de classificação

Tabela 10. Coeficientes das funções discriminantes dos grupos M e P. baseada nas 12 características morfométricas obtidas em cabeças de operárias de *Camponotus atriceps*.

Característica	M	P
Constante	-79.266	-82.258
D1	0.036	0.157
D2	-0.318	-0.374
D3	-1.647	-1.871
D4	-0.529	-0.596
D5	-0.406	-0.360
D6	-0.376	-0.319
D7	0.014	0.021
D8	-0.048	-0.079
D9	1.188	1.412
D10	1.408	1.577
D11	-1.213	-1.424
D12	1.095	0.657

Tabela 11. Coeficientes das funções discriminantes dos grupos M e P baseada nas 12 características morfométricas obtidas em cabeças de soldados de *Camponotus atriceps*.

Característica	M	P
Constante	-351.534	-347.772
D1	0.529	0.506
D2	-0.654	-0.672
D3	-1.935	-2.098
D4	-0.848	-0.945
D5	-0.246	-0.240
D6	-0.236	-0.229
D7	-0.297	-0.290
D8	-0.527	-0.509
D9	1.651	1.741
D10	1.802	1.964
D11	-1.539	-1.606
D12	0.131	0.160

Tabela 12. Análise de variância multivariada, entre operárias e soldados M e P de *Camponotus atriceps*.

Variável Canônica	Poli e Monoginia em operárias	Poli e Monoginia em soldados
Wilk's $\lambda$	0.789	0.896
F	1.520	0.650
G.L.	12.67	12.67
Prob.	0.139	0.792

Tabela 13. Coeficiente canônico (CAN1) e suas 12 características correlacionadas (r1). Análise entre M e P em operárias e soldado de *Camponotus atriceps*.

Variáveis	Operárias		Soldados	
	CAN1	r1	CAN1	r1
D1	61.405	0.213	-13.546	0.157
D2	-5.240	<b>0.385</b>	-2.339	<b>0.450</b>
D3	-31.846	0.266	-25.992	-0.264
D4	-5.480	-0.185	-10.080	0.206
D5	7.310	0.254	1.213	0.248
D6	6.320	-0.127	1.091	<b>0.485</b>
D7	1.241	0.182	1.611	0.101
D8	-4.915	0.255	3.513	0.108
D9	37.765	<b>0.374</b>	15.364	0.136
D10	29.733	0.134	30.986	-0.115
D11	-41.307	0.243	-12.683	0.126
D12	-58.401	0.183	4.503	0.249

#### 4.5 Citogenética.

Foram dissecadas cerca de 100 larvas. Destas apenas 30 apresentaram metáfases. Cerca de 50 metáfases foram analisadas. Houve variação do número de cromossomos entre indivíduos e no mesmo indivíduo. A variação foi de 36 a 45 cromossomos, número diplóide.

A análise foi feita por “scannings” sobre a superfície da lâmina, selecionando-se as metáfases com um número considerável de cromossomos. As metáfases com reduzido número de cromossomos foram desconsideradas.

As alterações observadas no número de cromossomos podem ser explicadas pela perda ou adição de cromossomos de células adjacentes ou devido a sobreposição de cromossomos.

Das metáfases analisadas 78% apresentaram  $2n$  igual a 40 (Figura 19).

No gênero *Camponotus* já foram encontradas variações de 18 a 52 cromossomos ( $2n$ ). Mas grande parte das espécies possui  $2n$  igual a 40 (CROZIER, 1970; IMAI *et al.*, 1977; 1988 e RIBEIRO *et al.*, 1998).

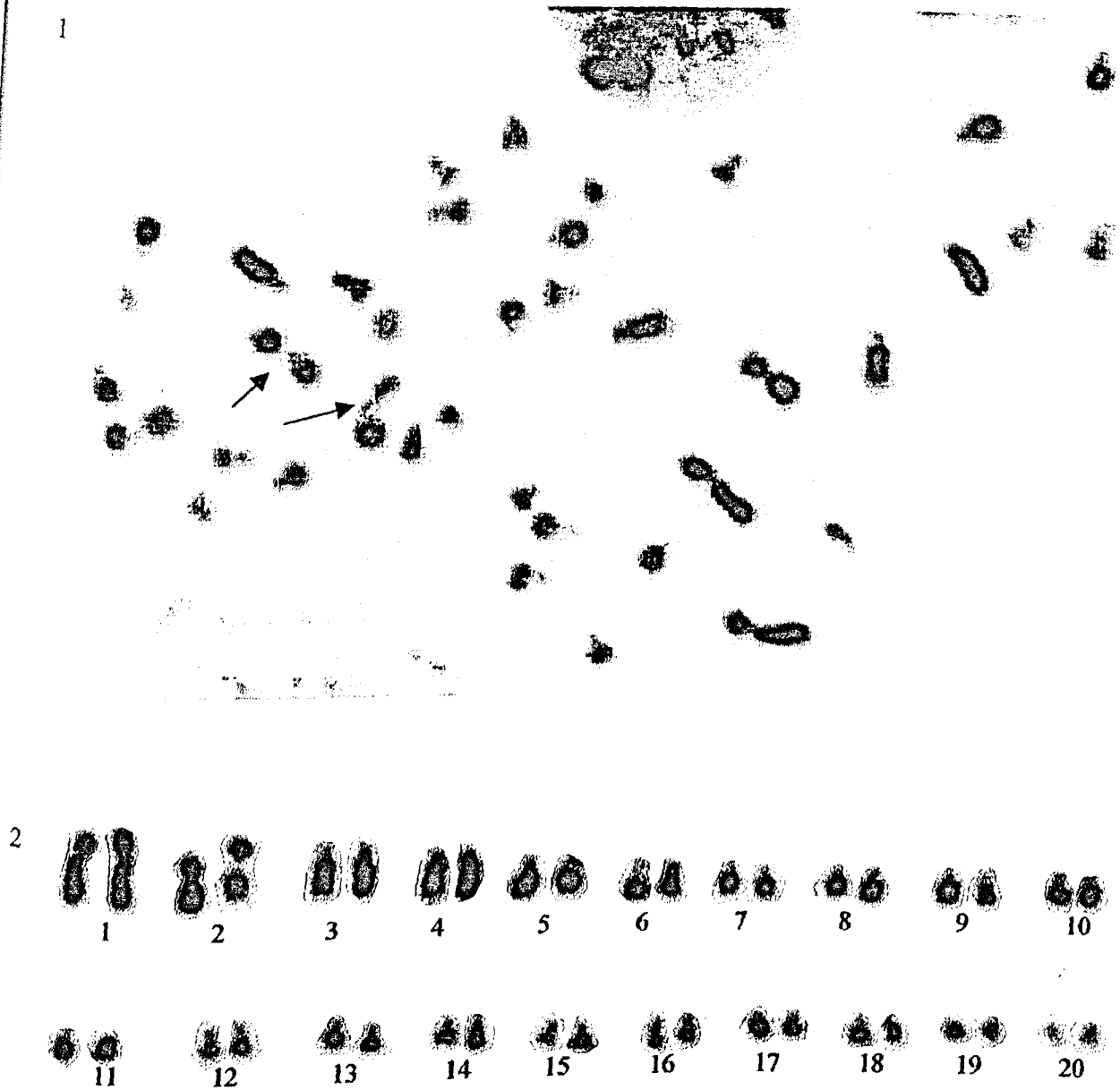


Figura 19. Metáfase (1) e cariótipo (2) de *Camponotus atriceps* (aumento de 2000x). As setas indicam dois pontos de sobreposição.

## 5. CONCLUSÕES

Rainhas de *Camponotus atriceps* apresentam comportamento claustral e são haplometrósicas. Colônias poligínicas apresentam divisão por sociotomia.

Os etogramas mostraram que as operárias tiveram distribuição de tarefas mais homogêneas do que os soldados. O cuidado parental foi acentuado em operárias. Os soldados se mostraram mais envolvidos, com alimentação e trofalaxia.

Os grupos acompanhados, nos dois tipos de colônias (M e P), evidenciaram que a comunicação é mais acentuada em colônias poligínicas.

Colônias poligínicas apresentaram maior número de indivíduos em condições naturais e de laboratório.

As diferenças encontradas, por análise de componentes principais, entre operárias de colônias monogínicas e poligínicas evidenciam maior polimorfismo e variabilidade em colônias poligínicas..

As caixas iscas foram eficientes na captura dessas formigas. Podendo ser usadas para controle, sem o uso de agentes químicos.

O cariótipo em de *C. atriceps* apresentou  $n = 20$  cromossomos.

O uso de biscoitos de polvilho doce, como complemento alimentar para as formigas foi tão satisfatório quanto o uso de larvas de abelhas.



## 6. RESUMO

As formigas *C. atriceps* têm apresentado crescimento exponencial em ambientes antrópicos. Em condições de laboratório foi possível verificar que as colônias são fundadas de forma claustral, por uma só rainha (Haplometrose). Observou-se também a formação de colônias monogínicas (M) a partir de colônia poligínica (P), por sociotomia. Operárias, tanto em M com P apresentaram uma distribuição de tarefas mais homogênea. O comportamento de cuidado parental foi característico em operárias. Em P a comunicação foi mais intensa tanto em soldados quanto operárias. Possivelmente o reconhecimento parental é importante para os indivíduos de espécies eusociais. Análise estatísticas multivariadas feitas, utilizando-se de medidas efetuadas na região da cabeça de operárias e soldados possibilitou a detecção de diferenças de variabilidade entre colônias M e P. O número de cromossomo também foi determinado, sendo o  $n = 20$ . Apesar dos conhecimentos obtidos sobre essa formiga, são necessários mais estudos sobre sua biologia. Principalmente em condições de campo.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- AKRE, R. D. & HANSEN, L. D. (1990). Management of carpenter ants. *In*: R. K. Vander Meer; K. Jaffe & A. Cedeno, (Eds.), **Applied myrmecology a world perspective**. Westview Press, Boulder, Colorado. pp 693-700.
- ARON, S. & PASSERA, L. (1999). Mode of colony foundation influences the primary sex ratio in ants. **Animal Behaviour** **57**: 325-329.
- BOLTON, B. (1995). **A new general catalogue of the ants of the world**. Harvard University Press, Cambridge, London, England. 504p.
- BOOKSTEIN, F. L.; CHERNOFF, B.; ELDER, R. L.; HUMPHRIES JR., J. M.; SMITH, G. R. & STRAUSS, R. E. (1995). **Morphometrics in evolutionary biology**. Academic of Natural Sciences of Philadelphia. 277p.
- BOOMSMA, J. J. & GRAFEN, A. (1990). Intraspecific variation in ant sex ratios and the Trivers-Hare hypothesis. **Evolution** **44**: 1026 – 1034.
- BRANDÃO, C. R. F. (1978). Division of labor within the worker caste of *Formica peprpilosa* wheeler (Hymenoptera: Formicidae). **Psyche** **85**: 229-237.
- BURRIL, A. C. (1926). Ants that infest beehives. **American Bee Journal** **66**: 29-31.
- CROZIER, R. H. (1970). Karyotypes of twenty-one ant species (Hymenoptera; Formicidae), with reviews of the known ant karyotypes. **Can. J. Genet. Cytol.** **12**: 109-128.
- CROZIER, R. H. (1979). Genetics of sociality. pp. 223-287. *In*: Hermann, H. R. (Ed.) **Social Insects** vol. 1 Academic Press. New York.

- CRUZ, C. D. & REGAZZI, A. J. (1994). **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético** Ed. Univ. Fed. Viçosa, Viçosa, MG. 1ed. 390p.
- DIEHL-FLEIG, E. (1995). **Formigas: organização social e ecologia comportamental**. São Leopoldo. Editora Unisinos. 168p.
- DINIZ-FILHO, J. A. F.; VON ZUBEN, C. J.; FOWLER, H. G.; SCHLINDWEIN, M. N. & BUENO, O. C. (1994). Multivariate morphometrics and allometry in a polymorphic ant. **Insectes Sociaux** 41: 153-163.
- FAGEN, R. M. & GOLDMAN, R. N. (1977). Behavioural catalogue analysis methods. **Animal Behaviour** 25: 261 – 274.
- FISHER, R. A. (1930). **The genetical theory of natural selection**. Oxford Univ. Press. Oxford. pp 172.
- FOWLER, H. G. (1990). Carpenter ants (*Camponotus* spp.): pest status and human perception. In: R. K Vander Meer; K. Jaffe & A. Cedeno, (eds.), **Applied myrmecology a world perspective**. Westview Press, Boulder, Colorado. pp 525-532.
- FOWLER, H. G. (1993). Differential recruitment in *Camponotus rufipes* (Hymenoptera, Formicidae) to protein and carbohydrate resources. **Naturalia** 18: 9-13.
- FOWLER, H. G. (1996). **Biodiversidade em assembléias de formigas neotropicais (Hymenoptera: formicidae): efeitos de escala espacial, biogeografia e comportamento específicos sobre a organização e estrutura das diversidades locais e regionais**. Tese livre docente, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Brasil.
- FOWLER, H. G., FORTI, L.C., BRANDÃO, C. R. F., DELABIE, J. H. C. & VASCONCELOS, H. L. (1991). Ecologia nutricional de formigas. p. 131-223. In: Panizzi, A. R. & Parra, J. R. P., (Eds) **Ecologia nutricional de**

- insetos e suas implicações no manejo de pragas.** Editora Manole Ltda. São Paulo, Brasil.
- FOWLER, H. G. BUENO, O. B. & ANARUMA FILHO, F., (1995). Spatial organization of the ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) of a small private hospital in southeastern Brazil. **Naturalia** 20: 83-87.
- FREE, J. B. (1980). **A organização social das abelhas (*Apis*).** EPU: Ed. da Universidade de São Paulo. São Paulo, 79p.
- GADAGKAR, R. (1997). Social evolution-has nature ever rewound the tape? **Current Science** 72 (12): 950-956.
- GRAIG, R. & CROZIER, R. H. (1979). Relatedness in the polygynous ant *Myrmecia pilosula*. **Evolution** 33: 335 – 341.
- GUERRA, M. (1988). **Introdução a citogenética.** Guanabara, São Paulo, Brasil.
- HAMILTON, W. D. (1964). Genetical evolution of social behavior II. **J. Theoretical Biol.** 7: 17-52.
- HALLIDAY, T. (1996). The focus of selection *In*: Skelton, P. **Evolution a biological and palaeontological approach.** Addison Wesley Publ. Comp. Wokingham, England.
- HANSEN, L. D. & AKRE, R. D. (1990). Biology of carpenter ants. *In*: R. K. Vander Meer; K. Jaffe & A. Cedeno, (Eds.), **Applied myrmecology a world perspective.** Westview Press, Boulder, Colorado. pp 274-280.
- HAVE, T. M.; BOOMSMA, J. J. & MENKEN S. B. J. (1988). Sex – investment ratios and relatedness in the monogynous ant *Lasius niger* (L.). **Evolution** 42: 160 – 172.
- HÖLDOBLER, B. (1978). Ethological aspects of chemical communication in ants. **Adv. Stud. Behav.** 8: 75-115.

- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. (1977). The number of queens: an important trait in ant evolution. *Naturwissenschaften* **64**: 8-15.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. (1990). *The ants*. Belknap-Harvard, Cambridge, Massachusetts. 733p.
- HOYT, E. (1998). *The earth dwellers: Adventure in the land of ants*. Mainstream Publishing. London. England. 318p.
- IMAI, H. T.; CROZIER, R. H. & TAYLOR, R. W. (1977). Karyotype evolution in australian ants. *Chromosoma* **59**: 341-393.
- IMAI, H. T.; URBANI, C. B.; KUBOTA, M.; SHARMA, G. P.; NARASIMHANNA, M.N.; DAS, B. C.; SHARMA, A. K.; SHARMA, A.; DEODIKAR, G. B.; VAIDYA, V. G. & RAJASEKARASETTY, M. R. (1984). Karyological survey of indian ants. *Japanese Journal Genetics* **59**: 1-32.
- IMAI, H. T.; TAYLOR, R. M.; CROSLAND, W. J. & CROZIER R. H. (1988). Modes of spontaneous chromosomal mutation and karyotype evolution in ants with reference to the minimum interation hypothesis. *Japanese Journal Genetics* **63**: 159-185.
- JAMES, F.C. & McCULLOCH, C. E. (1990). Multivariate analysis in ecology and systematics: panacea or pandora's box? *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **21**: 129-166.
- LEAL, B. C. P. BM. (1991). *Variação morfológica de *Drosophila mediopunctata* na população do Parque Nacional do Itatiaia*. Tese de Mestrado, Departamento de Genética, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.
- MARCOLINO, M. T. (1996). Aspectos da predação de colônias de abelhas africanizadas *Apis mellifera*, por formigas *Camponotus abdominalis*

- (**Formicidae**). Monografia de bacharelado do curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil.
- MAYR, E. (1977). **Populações, espécies e evolução**. São Paulo, Ed. Nacional - EDUSP. 484p.
- MONTEIRO, S. G. (1997). **Morfometria multivariada de populações naturais de *Drosophila serido***. Tese de Doutorado, Departamento de Genética, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, Brasil.
- OLIVEIRA JR, W. P. (1999). **Análise da expressão gênica diferencial na divisão de trabalho em *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae) por DDRT-PCR**. Tese de Mestrado. Departamento de Genética e Bioquímica, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil.
- OSTER, G. F. & WILSON, E. O. (1978). **Caste and ecology in the social insects**. Monographs in population biology, 12. Princeton University press. 352p.
- PEETERS, C. P. (1991). Ergatogid queens and intercastes in ants: two distinct forms which look morphologically intermediate between workers and winged queens. **Insectes Sociaux 38 (1): 1 – 15**.
- REIS, S. F. (1988). Morfometria e estatística multivariada em biologia evolutiva. **Revista Brasileira de Zoologia 5 (4): 571-580**.
- REIS, S. F.; CUNHA, R. A.; CARAVELHO, J. C. & ABE, A. S. (1987). Discriminação pela forma em relação ao tamanho: um exemplo com peixes do gênero *Leporinus*. **Ciência e Cultura 39 (8): 757-761**.
- RIBBANDS, C. R. (1953). **The behaviour and social life of honeybees**. Bee Research Association Limited, London, 352p.
- RIBEIRO, A. P. O.; NEPOMUCENO, J. C. & POMPOLO, S. G. (1998) **Genetics and Molecular Biology 21 (3): 48**.

- ROHLF, F. J. & MARCUS, L. F. (1993). A revolution in morphometrics. *Tree* 8 (4): 129-132.
- RÖSCH, G. A. (1925). Untersuchungen über die arbeitsteilung im bienenstaat. I die tätigkeiten im normalen bienestaate und ihre beziehungen zum alter der arbeitsbien. *Z. Vergl. Physiol.* 2: 571-631.
- ROSS, K. G. & FLETCHER, D. J. C. (1985). Comparative study of genetic and social structure in two forms of the fire ant *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Behaviour Ecology Sociobiology.* 17: 349-356.
- ROSS, K. G. & KELLER L. (1998). Genetic control of social organization in na ant. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 95: 14232-14237.
- SATOH, T. (1991). Behavioral differences of queens in monogynous and polygynous nests of the *Camponotus nawai* complex (Hymenoptera: Formicidae). *Insectes Sociaux* 38: 37-44.
- SHERMAN, P. W. (1979). Insect chromossome numbers and eusociality. *American Naturalist*, 113 (6): 925-935.
- SKLORZ, R, T. (1992). **Identificação da fauna de *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) da cadeia do espinhaço, e análise morfométrica das população da espécie politípica *D. serido*.** Tese de Doutorado, Departamento de Genética, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, Brasil.
- TEIXEIRA, F. M.; MARCOLINO, M. T. & BRANDEBURGO, M. A. M. (1997) Caracterização do processo de invasão de uma colônia de abelhas africanizadas *Apis mellifera* por formigas carpinteiras *Camponotus atriceps* (Formicidae). **Anais do XV Encontro Anual de Etologia.** Universidade Federal de São Carlos, Brasil.

- TRIVERS, R. L. & HARE, H. (1976). Haplodiploidy and the evolution of the insects. **Science** 191: 249 – 263.
- VILELA, E. F. & DELLA LUCIA, T. M. C. (1987). **Feromônios de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas**. Viçosa, UFV. 155p.
- WHEELER, D. E. & BUCK, N. (1996). Depletion of reserves in ant queens during claustral colony founding. **Insectes Sociaux** 43 (3): 297-302.
- WILKINSON, L. (1992). **SYSTAT: The System for Statistics**. Evanston, IL: Systat, Inc.
- WILSON, E. O. (1971). **The insects societies**. Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, Mass.
- WILSON, E. O. (1975). Enemy specification in the alarm recruitment system of an ant. **Science** 190: 798-800.
- WILSON, E. O. (1976). A social ethogram of the neotropical arboreal ant *Zacryptocerus varians* (FR. Smith). **Animal Behaviour** 24: 354-363.
- WILSON, E. O. (1982). Of insects and man. *In*: Breed, M. D., Michener, C. D. e Evans, H. E. **The biology of social insects**. Westview Press, Boulder, Colorado.
- WILSON, E. O. (1987). Causes of ecological success: the case of the ants. **Journal animal ecology** 56: 1-9.
- WINSTON, M. L. OTIS, G. W. & TAYLOR JR, O. R., (1979). Absconding behaviour of the africanized honeybee in South America. **Journal Apicultural Research** 18: 85 – 94.





Table with multiple columns of numerical data, including various identifiers and values, arranged in a grid format.