

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA



**FORMIGAS DOMICILIARES EM REGIÃO URBANA DE CERRADO
E SUA DIVERSIDADE GENÉTICA**

NARCISA SILVA SOARES

Orientadora: Dr^a. Ana Maria Bonetti
Co-Orientador: Dr. Marcus Teixeira Marcolino

UBERLÂNDIA – MG
2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA

**FORMIGAS DOMICILIARES EM REGIÃO URBANA DE CERRADO
E SUA DIVERSIDADE GENÉTICA**

NARCISA SILVA SOARES

Orientadora: Dr^a. Ana Maria Bonetti

Co-Orientador: Dr. Marcus Teixeira Marcolino

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Uberlândia como requisito parcial
para obtenção do Título de Mestre em
Genética e Bioquímica (Área Genética)

UBERLÂNDIA – MG

2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA

**FORMIGAS DOMICILIARES EM REGIÃO URBANA DE CERRADO
E SUA DIVERSIDADE GENÉTICA**

NARCISA SILVA SOARES

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente: Dr^a. Ana Maria Bonetti (Orientadora)

Examinadores:

Dr. Odair Correa Bueno

Dr. Carlos Roberto F. Brandão

Data de Defesa: 28/02/2005

As sugestões da Comissão Examinadora e as Normas PGGB para o formato da
Dissertação foram contempladas

Dr^a. Ana Maria Bonetti

Uberlândia, ____ / ____ / ____

*Ao meu pai, João Batista,
exemplo de perseverança e humildade*

*À minha mãe, Lucivone pela luta e
dedicação aos filhos*

*Ao André Luiz, Allan Kardec e Hugo Henrique,
Meus queridos irmãos*

*Ao Carlos André, grande amor,
pelo apoio e compreensão*

*A Todos que me auxiliaram durante
esta jornada, dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela saúde e por todos os ensinamentos.

A Prof^a. Ana Maria Bonetti, pela orientação na elaboração deste trabalho e pela confiança depositada em mim.

Ao Prof. Marcos Teixeira Marcolino, grande amigo, pela colaboração, sugestões e discussões ao longo do trabalho.

Ao INGEB, à UFU e ao CNPq pelos recursos e oportunidades geradas para aquisição de maiores conhecimentos.

Ao Prof. Odair Bueno pelo apoio e elucidações sobre o tema trabalhado.

Ao Prof. Jacques Delabie e seus alunos do Laboratório de Mirmecologia do CEPEC, Itabuna (BA), pelo auxílio na identificação das espécies estudadas e por todas as sugestões e esclarecimentos dados ao trabalho.

Aos Professores Malcon, Waldesse e Jair Junior, pela amizade e pelos conhecimentos e experiências transmitidos.

Aos amigos Cauê, Joaquim e Cynara, pela amizade e pelo auxílio na idealização deste trabalho, durante o Simpósio de Mirmecologia, na Pizzaria Hut em Florianópolis,SC.

As amigas do laboratório, que contribuíram de forma direta para realização e finalização deste trabalho, Tininha, Flávia e, em especial, Luciana, irmã companheira e incentivadora em todos os momentos.

Aos colegas dos laboratórios do INGEB, a família Formigão (Thiago, Daniela, Camila, Patrícia, Marcela, Anne, Estefane) e aos amigos Fausto, Juliana e Lúbia.

E um agradecimento especial aos meus familiares, pelo apoio, confiança, força e incentivo para construção de minha trajetória, e ao meu grande amor, Carlos André, primeiramente pelo amor e compreensão em todos os momentos e pelo seu total apoio na elaboração, sugestões, avaliações e correções deste trabalho.

A Todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	05
LISTA DE TABELAS.....	06
LISTA DE FIGURAS.....	07
RESUMO GERAL.....	09
INTRODUÇÃO (REVISÃO DA LITERATURA).....	10

CAPÍTULO I

RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
INTRODUÇÃO.....	26
MATERIAL E MÉTODOS.....	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXO.....	42

CAPÍTULO II

RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	45
INTRODUÇÃO.....	46
MATERIAL E MÉTODOS	
Material Biológico.....	49
Extração de DNA.....	49
Reação de AFLP.....	50
Análises dos resultados.....	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
CONCLUSÃO GERAL.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS

AFLP

Polimorfismo de Tamanho de Fragmentos Amplificados

bp	Pares de bases nitrogenadas
CEPEC	Centro de Pesquisa do Cacau
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
Fig.	Figura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INGEB	Instituto de Genética e Bioquímica
Pág.	Página
RAPD	DNA Polimórfico Amplificado ao Acaso
SET	Solução Tampão de Extração
sp. e spp	Qualquer nome específico para um táxon
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UPGMA	Método Não-Ponderado de Agrupamentos aos Pares

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I	Pág.
Tabela 1: Frequência relativa de Formicidae coletados em ambientes domiciliares na cidade de Uberlândia, MG, abril a agosto de 2004.	31

Tabela 2: Espécies mais freqüentes no interior das residências e sua freqüência relativa (%), conforme estado de conservação das habitações de Uberlândia, MG, abril a agosto de 2004.	36
---	----

CAPÍTULO II

Tabela 1: Primers aleatórios AFLP selecionados para amplificação das amostras de DNA de formigas urbanas.	51
--	----

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO	Pág.
Fig. 1: <i>Tapinoma melanocephalum</i> – formiga fantasma (crédito:	14

James Castner, University of Florida).

- Fig. 2:** *Paratrechina longicornis* - formiga louca (crédito: Alex Wild 2003) 15
- Fig. 3:** *Linepithema humile* – formiga argentina (crédito: Alex Wild 2003). 15
- Fig. 4:** *Solenopsis* spp – formiga lava-pés ou formiga de fogo (crédito: Alex Wild 2003). 16
- Fig. 5:** *Monomorium pharaonis* - formiga do faraó (crédito: James Castner, University of Florida). 17
- Fig. 6:** *Wasmannia auropunctata* – formiga pixixica ou pequena formiga de fogo (crédito: Alex Wild 2003). 18
- Fig. 7:** *Pheidole* spp – formiga cabeçuda (crédito: Alex Wild 2003). 18
- Fig. 8:** *Camponotus* spp – formiga carpinteira (crédito: Alex Wild 2003). 19
- Fig. 9:** *Crematogaster* spp – formiga acrobática (crédito: Alex Wild 2003). 20

CAPÍTULO I

- Fig. 1:** Modelo da isca-armadilha utilizado nas coletas dos domicílios de Uberlândia-MG: a) componentes da armadilha; b) vista lateral; c) vista superior. 29
- Fig. 2:** Frequência das subfamílias de Formicidae no interior das residências da cidade de Uberlândia, MG, abril a agosto de 2004. 32
- Fig. 3:** Frequência de domicílios infestados por formigas em função 33

do número de espécie encontrada por domicílio, em Uberlândia, MG, abril a agosto de 2004.

- Fig. 4:** Ocorrência de formigas por cômodos nas residências de Uberlândia, MG, abril a agosto de 2004. 34
- Fig. 5:** Ocorrência das espécies de formigas urbanas conforme os setores (bairros) de coleta, em Uberlândia, MG, abril a agosto de 2004. 35
- Fig. 6:** Formas de controle de formigas urbanas, descritas pelos moradores de Uberlândia, MG, abril a agosto de 2004. 37

CAPÍTULO II

- Fig. 1:** Perfil eletroforético dos produtos amplificados da reação de AFLP, gerado pelas enzimas *Eco* RI e *Mse* I, utilizando a combinação dos primers E-ECT e M-CTA. **C_m** (*Camponotus melanoticus*), **C_v** (*C. vittatus*), **C_a** (*C. atriceps*), **M_p** (*Monomorium pharaonis*). Setas indicam exemplos de polimorfismos. 53
- Fig. 2:** Dendrograma representativo da distância genética por Porcentagem de Desacordo e agrupamento pelo método UPGMA entre os 4 genótipos (C_MELAN: *Camponotus melanoticus*, C_VITTAT: *C. vittatus*, C_ATTRICE: *C. atriceps*, MONOMOR: *Monomorium pharaonis*) por meio de 247 marcadores de AFLP obtidos por 10 combinações primers Gibco BRL. 54

RESUMO GERAL

A tolerância dos humanos à presença de formigas, em ambientes domiciliares, favorece o sucesso desses insetos, que são considerados como

pragas urbanas quando infestam equipamentos eletrônicos e estruturas de madeira. A identificação taxonômica das espécies facilita na elaboração de estratégias para seu controle. Os marcadores moleculares *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP) tem sido utilizados em análise filogenética e em estudos de variação genética, devido à rapidez e resolução para a análise de alelos polimórficos. O objetivo desse estudo foi o levantamento da biodiversidade de formigas urbanas, que ocorrem em domicílios da cidade de Uberlândia-MG e estimar a divergência genética do grupo de formigas mais freqüente na região, utilizando marcadores AFLP. As formigas foram capturadas com auxílio de uma isca-armadilha, em 120 residências. Foram registradas 14 espécies de formigas, sendo os gêneros *Camponotus*, *Monomorium* e *Tapinoma*, os mais freqüentes. Do gênero mais freqüente, *Camponotus*, foram selecionadas três espécies, morfologicamente similares, das quais foram feitos *pool* de dez indivíduos por espécie para análise da divergência genética, tendo *Monomorium pharaonis* como “*outgroup*”. Foram utilizadas 10 combinações de primers do Kit AFLP™ Starter Primer (Gibco BRL). A distância genética por Porcentagem de Desacordo e UPGMA dividiu os genótipos do gênero *Camponotus* em dois grupos a nível 52% de divergência genética, sendo que a diferenciação genética encontrada neste gênero corrobora com os dados da sistemática morfométrica.

INTRODUÇÃO GERAL

Na atual sociedade humana, 62% da população vive em ambientes urbanos e estima-se que em 2030 cerca de 72% da população viva nas cidades (UNFPA, 2004).

Esse processo é conhecido como urbanização, o qual é o responsável pela criação dos ecossistemas urbanos. Esses são caracterizados como um espaço heterogêneo, que se diferencia de seus arredores pela constante atividade humana e pela alta densidade de habitações, indústrias, centros comerciais, além de poluição e mudanças climáticas (VITOUSEK *et al.*, 1997, McINTYRE *et al.*, 2001).

A interferência causada pelo homem nas demais espécies provoca a redução da biodiversidade, gerando um “*feedback*” negativo para própria população humana. O surgimento das chamadas pragas urbanas é uma consequência da ação antrópica e das modificações dos habitats naturais, tornando-os adequados para o crescimento populacional dessas espécies (PANIZZI & PARRA, 1991; RICKLEFS, 2003).

Os artrópodes são excelentes modelos para o estudo dos efeitos da urbanização nas comunidades bióticas. A principal razão é sua abundância na área urbana e a variedade de funções que esses animais executam no ecossistema (dinâmica trófica, ciclagem e redistribuição de nutrientes) além de muitos apresentarem importância econômica. A maioria dos artrópodes possui o ciclo de vida curto, podendo responder rapidamente aos avanços da urbanização (CLARK & SAMWAYS, 1997; McINTYRE, 2000).

McIntyre *et al.* (2001) realizaram um levantamento de artrópodes em áreas urbanas, residências, indústrias, agroecossistemas e desertos remanescentes e verificaram que 92,7% dos animais capturados pertencem a três grupos: Collembola, Formicidae e Acari, sendo que 15% representam o grupo das formigas, presentes nas quatro áreas amostradas.

Algumas classes de artrópodes, como os insetos, podem exercer papel de vetores em ecossistemas urbanos, em função dos locais que colonizam e da forma que efetivam essa colonização (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999). Os vetores em potencial, como os mosquitos, são responsáveis por inúmeras doenças, como a febre amarela, a dengue e a malária, importantes para saúde pública do Brasil. Assim como a barata, a mosca e a formiga que podem

transportar microrganismos associados às infecções nosocomiais (PEÇANHA, 2000; SANTOS, 2003; MARCOLINO, 2004).

Devido a sua característica social de formar colônias, as formigas são organismos que não apresentam grandes flutuações sazonais de presença/ausência nas comunidades das quais fazem parte. Nos trópicos, o número de espécies de formigas coexistentes aumenta com a complexidade estrutural do habitat (SANTOS & MARQUES, 1996). Ambientes complexos favorecem a diversidade de formigas por possibilitar maior especialização dos sítios de nidificação e possuem grande disponibilidade de recursos alimentares (CAROL & JANZEN, 1973; CASTRO & QUEIROZ, 1987).

Os grandes ecossistemas brasileiros como a Mata Atlântica, a Floresta Amazônica, a Caatinga, o Pantanal e o Cerrado vêm sofrendo intensa modificação, com a utilização indiscriminada dos recursos naturais pelo homem, transformando-se em agroecossistemas e áreas urbanas, antes mesmo que sua biodiversidade seja estimada (OLIVEIRA & MARQUIS, 2002).

Através da atividade mercantil mundial, espécies de formigas foram disseminadas para todas as regiões do planeta, sendo conhecidas como formigas andarilhas (“tramp species”), colonizando regiões em que as condições climáticas lhe eram totalmente desfavoráveis sob o aspecto ecológico (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1998; SUAREZ *et al.*, 2001).

A tolerância dos humanos a presença de formigas em ambientes domiciliares favorece o sucesso desses insetos. Porém, elas podem trazer prejuízos quando instaladas em equipamentos elétrico-eletrônicos (televisores, geladeiras, aparelhos de som, máquinas de lavar roupa) e rede elétrica, comprometendo seu funcionamento, além de apresentarem risco à saúde quando infestam fábricas de alimentos, restaurantes e ambientes hospitalares (FOWLER, 1990; FOWLER & BUENO, 1996 e 1998). Um dos principais riscos para saúde humana, pode estar relacionado ao fato de as formigas serem vetores de bactérias e fungos patogênicos, incluindo *Staphylococcus*, *Enterococcus*, *Candida*, *Escherichia coli* e *Acinetobacter* (FOWLER *et al.*, 1993; PEÇANHA, 2000; ZARZUELA *et al.*, 2002; MARCOLINO, 2004).

As formigas são insetos eussociais da ordem Hymenoptera pertencentes a uma única família, Formicidae, com estimativa cerca de 20.000 espécies

(HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Dados recentes apontam para existência de 23.000 espécies, das quais 11.060 já foram descritas (MARTINS, 2003), sendo que destas, mais de 2.000 já foram encontradas no Brasil, com 20 a 30 espécies consideradas pragas urbanas (BOLTON, 1995; CAMPOS-FARINHA *et al.*, 2002).

Morfologicamente, as formigas são formadas por cabeça, mesossoma (tronco), pecíolo (cintura) e gáster, apresentando grande diversidade de forma, cor, pilosidade e tamanho dentro de um mesmo gênero. A cabeça possui duas antenas, responsáveis pelo tato altamente desenvolvido. Algumas espécies possuem, na extremidade posterior da gáster, um ferrão que funciona como estrutura de defesa, para inoculação de veneno em seus inimigos (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; CAETANO *et al.*, 2002).

Uma colônia de formigas é formada por dezena a alguns milhões de indivíduos, entre adultos e em desenvolvimento (ovos, larvas e pupas). Os adultos, em sua maioria, são fêmeas divididas no mínimo em duas castas: as fêmeas férteis ou rainhas e as fêmeas estéreis (WILSON, 1971; HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

As formas aladas correspondem aos indivíduos sexualmente ativos: rainhas e machos, sendo que estes, geralmente, aparecem uma vez por ano, na época de acasalamento. As rainhas possuem a função primordial de postura de ovos, porém, em algumas espécies mais especializadas a rainha se preocupa em alimentar a primeira geração de operárias com suas secreções salivares (comportamento semiclaustral). Uma colônia pode ter uma rainha (monogínica) ou várias (poligínica) (DIEHL – FLEIG, 1995; KOEHLER & OI, 2002).

O macho é alado e retém suas asas até morte. Machos são produzidos em colônias velhas ou muito grandes, onde há abundância de comida. A função exclusiva do macho é acasalar com a rainha, sendo que depois do acasalamento, morrem. (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; DIEHL – FLEIG, 1995).

As fêmeas estéreis ou operárias realizam as demais atividades da colônia, como: cuidados com prole e com a rainha, forrageamento, construção e defesa do ninho. As operárias apresentam polimorfismo relacionado com a realização de diferentes atividades desempenhadas no ninho (WILSON, 1987; HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; DIEHL – FLEIG, 1995; KOEHLER & OI, 2002).

As formigas são insetos de desenvolvimento holometábolos, apresentando metamorfose completa: ovo, larva, pupa e fase de adulto. Os ovos são quase microscópios em tamanho, as larvas são alimentadas pelas operárias, podendo ser de três formas: colocando o alimento próximo às larvas ou sob estas, em uma bolsa (“trophothylax” ou “praesaepium”) localizada na região ventral da larva ou regurgitando o conteúdo do papo na cavidade bucal da larva. A pupa se assemelha ao adulto, porém é imóvel e incolor (FOWLER *et al.*, 1991; KOEHLER *et al.*, 1997).

O adulto se alimenta somente de substâncias no estado líquido, assim, partículas sólidas são armazenadas na cavidade infrabucal e, frequentemente, são ejetadas sob a forma de “*pellets*”. No caso de espécies de formigas urbanas, somente as larvas de 3° e 4° instar conseguem digerir o alimento sólido em líquido por processo enzimático, o qual retorna ao adulto por trofalaxia (FOWLER *et al.*, 1991; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999; CAMPOS-FARINHA, 2004¹).

As espécies classificadas como formigas urbanas apresentam um conjunto de características, que dificultam o seu controle, tais como: formação de populações unicoloniais, que implica na ausência de agressividade e competição intraespecífica, presença de poliginia, com várias rainhas funcionais, alta taxa de reprodução, forte tendência em migrar e seu comportamento generalista, isto é, alta adaptabilidade a perturbações (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1998).

Levantamentos realizados por Campos-Farinha *et al.* (2002) apontam as principais espécies de formigas urbanas no Brasil e no mundo, compreendidas nas subfamílias Myrmicinae, Formicinae e Dolichoderinae. Dentre todas, destacam-se as formigas invasoras, popularmente conhecidas como formiga fantasma, formiga louca, formiga argentina e lava-pés, sendo as duas primeiras introduzidas no país. São caracterizadas pelo comportamento de domínio de território (expulsam outras espécies do local) e pelo alto número de indivíduos recrutados para o forrageamento (CAMPOS-FARINHA, 2004)¹.

¹CAMPOS-FARINHA, A. E. de C. Palestra sobre Formigas Urbanas (Seminário apresentado na 17ª Reunião Anual do Instituto Biológico, São Paulo, 2004).

comprimento, com cabeça e o mesossoma escuros e gáster e pernas claros, classificada como *Tapinona melanocephalum* (Fig. 1). Importantes como pragas

domésticas, por se alimentarem de substâncias adocicadas, nidificam em batentes de portas, guarnições de janelas e atrás de azulejos. Em ambientes externos podem ser encontradas no solo, madeiras em decomposição e partes de árvores. Apresentam dominância em hospitais, centros de saúde e gabinetes odontológicos (BOLTON, 1995; KOEHLER *et al.*, 1997; PEÇANHA, 2000; MARCOLINO, 2004).



Figura 1 – *Tapinoma melanocephalum* – formiga fantasma (crédito: James Castner, University of Florida).

A espécie *Paratrechina longicornis*, conhecida como formiga louca, devido sua trilha para forrageamento ser irregular, quase em semicírculos, apresenta cor variada do marrom escuro ao preto e antenas longas (Fig. 2). Podem formar colônias grandes, com várias rainhas, nidificando, normalmente, em áreas externas, localizados em calçadas, telhados e fendas de paredes. Apresenta hábito alimentar onívoro, alimentando-se desde insetos a doces, verduras e refrigerantes. Assim como a *Tapinoma melanocephalum*, são dominantes em ambientes hospitalares e seu controle é muito difícil (BUENO & FOLWLER, 1994; KOEHLER *et al.*, 1997; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1998; KING *et al.*, 1998).



Figura 2 – *Paratrechina longicornis* - formiga louca (crédito: Alex Wild 2003)

Uma das espécies de formigas urbanas mais estudadas é a formiga argentina. Presente em quase todos os continentes pela sua alta capacidade de adaptação e dispersão, a *Linepithema humile* (Fig. 3) nidifica próximo a fonte de alimento e água, como pias, vasos de plantas e encanamentos. São monomórficas, com coloração variada de marrom claro ao escuro, apresentando hábito alimentar onívoro. É freqüente em hospitais, sendo sua infestação um perigo à saúde pública, pelo fato de ter a capacidade de transportar microrganismos patogênicos (IPINZA-REGLA *et al.*, 1981; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1998; ZARZUELA *et al.*, 2002).



Figura 3 – *Linepithema humile* – formiga argentina (crédito: Alex Wild 2003).

O fato de expulsarem as outras espécies de formigas do território onde estabelecem seus ninhos favorece a formação de supercolônia de formigas argentinas, dificultando seu controle (CARPINTERO *et al.*, 2003; TSUTSUI *et al.*, 2003). Giraud *et al.*(2002) relatam a existência de uma colônia de formiga argentina, na Europa, com extensão cerca de 10.000 Km² contendo milhões de indivíduos, chegando a abranger os países Itália, França, Espanha e Bélgica.

A formiga lava-pés, *Solenopsis* sp., também chamada formiga de fogo, é outra espécie caracterizada como invasora, porém, além dos problemas ocasionados pela outras formigas, as lava-pés podem, ainda, causar reações alérgicas e choque anafilático, pelos alcalóides alergênicos presente em seu veneno. Classificada no gênero *Sonelopsis*, sua coloração pode variar do amarelo claro a marrom até o preto brilhante, com presença de ferrão na extremidade da gáster (Fig. 4). Nidificam em ambientes abertos, como jardins e canteiros, podendo ocasionalmente, infestar equipamentos eletrônicos e caixa de fiação elétrica (FOWLER *et al.*, 1990; PORTER *et al.*, 1992; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999).



Figura 4 – *Solenopsis* spp – formiga lava-pés ou formiga de fogo (crédito: Alex Wild 2003).

Além das espécies caracterizadas como invasoras, nas regiões Sul da Bahia, Sudeste e Sul do Brasil, tem sido registrado a presença de outras espécies no ambiente urbano como, *Monomorium pharaonis*, *Wasmannia auropunctata*, *Pheidole megacephala* e várias espécies dos gêneros *Pheidole*, *Camponotus* e

Crematogaster (BUENO & FOWLER, 1994; DELABIE *et al.*, 1995; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999; SILVA & LOECK, 1999).

Conhecida como formiga do faraó, a espécie *Monomorium pharaonis* tem sido largamente espalhada pelo mundo através de transporte acidental. São monomórficas, medem de 1,2 a 2,0 mm, com cores variando do amarelado ao marrom claro (Fig. 5). Nidificam em pequenas cavidades no interior de ambientes domésticos, apresentando risco potencial para saúde pública, pois são vetores mecânicos de bactérias patogênicas (FOWLER *et al.*, 1993; BUENO & FOWLER, 1994). De acordo com Bueno & Campos-Farinha (1999) é uma das espécies mais difíceis de ser controlada por apresentarem um crescimento rápido da colônia, além de formarem inúmeras novas colônias por fragmentação (sociotomia).



Figura 5 – *Monomorium pharaonis* - formiga do faraó (crédito: James Castner, University of Florida).

A espécie *Wasmannia auropunctata*, popularmente conhecida de pixixica ou pequena formiga de fogo, é monomórfica com suas operárias tendo, aproximadamente, 1,5 mm de comprimento e presença de ferrão (Fig. 6). Encontradas em ambientes domésticos infestando roupas, camas, berços e alimentos. Quando perturbadas, estas formigas picam dolorosamente e seu veneno pode causar alergia (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1998 e 1999).



Figura 6 – *Wasmannia auropunctata* – formiga pixixica ou pequena formiga de fogo (crédito: Alex Wild 2003).

Presente entre os gêneros mais amplamente distribuídos e freqüentes na região Neotropical, *Pheidole* spp e *Camponotus* spp são as formigas com maior número de espécies no Cerrado (WILSON, 1976; MAJER & DELABIE, 1994; MARINHO *et al.*, 2002). As espécies de *Pheidole*, conhecidas como formiga cabeçuda, são dimórficas, sendo que as maiores fêmeas (soldados) apresentam a cabeça desproporcionalmente maior que o restante do corpo (Fig. 7). Nas residências nidificam em falhas estruturais e alimentam-se de substâncias protéicas (BUENO & FOWLER, 1994; MAY & HETERICK, 2000).



Figura 7 – *Pheidole* spp – formiga cabeçuda (crédito: Alex Wild 2003).

Formigas do gênero *Camponotus* são consideradas por Akre & Hansen (1990) como importantes pragas estruturais nos Estados Unidos. A maioria dessas formigas carpinteiras nidifica em madeira morta, porém, não se alimentam da madeira. Em ambientes domiciliares, fazem seus ninhos em falhas na estrutura (vigas de madeira e molduras de porta), podendo ser encontradas em aparelhos eletrônicos. São bastante polimórficas, medindo de 6 a 20 mm de comprimento, apresentando cores que variam do amarelo ao preto (Fig. 8). Alimentam-se de substâncias adocicadas e protéicas, possuindo hábito noturno (FOWLER, 1990; KOEHLER *et al.*, 1997; MARCOLINO, 2000).



Figura 8 – *Camponotus* spp – formiga carpinteira (crédito: Alex Wild 2003).

No Brasil, apesar de não ocasionarem problemas como outras espécies nativas, *Camponotus* spp está distribuída em todo território nacional, provocando prejuízos econômicos ao nidificarem em equipamentos elétrico-eletrônicos como televisão, vídeo-cassete, aparelho de som, máquinas industriais. Algumas espécies podem atacar abelhas, causando problemas em apiários e meliponinários (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999; MARCOLINO, 2000).

As formigas do gênero *Crematogaster* são facilmente reconhecidas pela forma da gáster em coração, com coloração variada do amarelo, marrom claro ao escuro (Fig. 9). Conhecidas como formigas acrobáticas pelo comportamento de defesa, quando levantam a gáster em ângulo reto, podem morder ou ferocar dolorosamente se perturbadas (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1998 e 1999).



Figura 9 - *Crematogaster* spp – formiga acrobática (crédito: Alex Wild 2003).

A maioria dos estudos com relação à biologia, mecanismos de dispersão e métodos de controle de algumas formigas urbanas foram realizados em países de clima temperado. Nos países de clima tropical, existem poucas informações sobre o assunto. As informações disponíveis mostram que as relações ecológicas estão alteradas nesses países, e constatam também, que não existe um padrão definido na distribuição das formigas urbanas (CAMPOS-FARINHA *et al.*, 2002).

Devido aos problemas e incômodos causados ao homem, as formigas vem sendo consideradas pragas urbanas, sendo seu controle necessário e inevitável nos ambientes domésticos e industriais (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999b). Por muitos anos, o controle tem sido baseado em métodos clássicos, tais como, o uso de substâncias tóxicas e persistentes. Atualmente, para o controle utilizam-se substâncias com baixa toxicidade aos mamíferos, baseado em iscas sólidas e líquidas (KOEHLER & OI, 2002).

É importante salientar que para sucesso do controle é necessária uma combinação de estratégias, sendo facilitada pela identificação correta da espécie, o que permite conhecer os hábitos de nidificação e de forrageamento (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999b).

O conceito de espécie, ecologicamente, é dado como um grupo de populações de fato ou potencialmente intercruzadoras que estão reprodutivamente isoladas de todos os outros tipos de organismo (ODUM, 1985; RICKLEFS, 2003). Com o advento das técnicas bioquímicas e moleculares foi possível identificar casos em que a nova informação molecular aperfeiçoou a

diferenciação entre espécies antes baseada apenas na morfologia. Com a utilização de ferramentas biológicas, verificou-se que organismos antes classificados como próximos filogeneticamente, apresentam alta divergência genética (MIYAKI *et al.*2001).

Atualmente, vem se tornando comum o interesse em genética de formigas com aplicações de novas técnicas que respondam sobre sua filogenia, estrutura da colônia e as inter-relações dentro do ninho (MACARANAS *et al.*, 2001). A diferenciação genética entre as espécies de formigas está fortemente associada à organização sociogenética das colônias e sua dispersão (SUNDSTROM, 1993; SEPPA & PAMILO, 1995; ROSS *et al.*, 1997). Portanto, o seu entendimento auxiliará na elaboração de novas formas de controle para formigas urbanas.

A classificação e a filogenia das formigas apresentam, ainda, controvérsias em muitos aspectos. Estes insetos sociais são caracterizados por comportamentos complexos e às vezes muito especializados. Alguns dos comportamentos sociais, presentes em alguns grupos da família Formicidae, não tem sua origem evolutiva elucidada. (ASTRUC *et al.*, 2004). Em revisão sobre a filogenia de Formicidae, Baroni Urbani *et al.* (1992), propuseram o reconhecimento de 17 subfamílias baseado em análise de caráter morfológico e comportamental, porém, concluíram que todos os dados ainda eram insuficientes para resolver completamente a filogenia das formigas. Em 2004, Astruc e colaboradores, solucionaram um ramo da filogenia Formicidae, combinando dados moleculares com características morfológicas definidas por Baroni Urbani *et al.*(1992).

Seqüências de DNA genômico e mitocondrial associadas a diversas técnicas da Biologia Molecular, vêm sendo utilizadas em estudos filogenéticos da família Formicidae para subfamílias, tribos, gêneros e espécie.

Macaranas e colaboradores (2001) obtiveram a discriminação genética entre dois espécimes de formigas, morfologicamente similares, do Complexo *Camponotus ephippium* através da análise da variação genética de cinco loci por microssatélites.

Utilizando a técnica de RAPD (*Random Amplified Polymorphims DNA*) e AFLP (*Amplified Fragment Lenght Polymorphims*), Grutzmacher *et al.* (2003)

verificaram diferenças intraespecíficas de *Acromyrmex* spp, o que esteve de acordo com os caracteres morfológicos.

Analisando seqüências de DNA de dois genes, *abdominal-A* e *Ultrabithorax*, em 49 espécies de formigas, Astruc *et al.* (2004) reconstruíram a filogenia Formicidae, verificando que as três subfamílias Dolichoderinae, Formicinae e Pseudomyrmecinae formam um grupo monofilético, sendo as duas primeiras, filogeneticamente mais próximas.

Goropashnaya *et al.*(2004) realizaram estudos sobre a especiação de um grupo de formigas *Formica fuva*, pelo fragmento de 2051bp de DNA mitocondrial. A estimativa da divergência interespecífica revelou que a radiação dessa espécie ocorreu no período Pleistoceno, tendo fatores da organização social, como a poliginia, agente promotor da especiação.

Portanto, o conhecimento do genoma, tem papel fundamental na reavaliação da biodiversidade nominal. Estudos da biodiversidade molecular aplicada à estimativa da biodiversidade nominativa, servem para aumentar, na maioria das vezes, do número de espécies conhecidas ou indicando o contrário, que espécies consideradas distintas são variedades ou híbridos de outras espécies. Além disso, auxilia na elaboração de estratégias de controle para espécies invasoras, como na comparação da estruturação genética de populações exóticas (SOLÉ-CAVA, 2001).

Na região de Cerrado, ainda não constam levantamentos com enfoque em espécies de formigas que habitam o meio urbano. Portanto, é necessária a identificação das espécies presentes e sua diversidade molecular, assim como, estudo de seus hábitos para elaboração de estratégias de controle, visando diminuir danos e incômodos à população humana.

Assim, o objetivo desse estudo foi o levantamento da biodiversidade de formigas urbanas que ocorrem nos domicílios no município de Uberlândia, MG, com a identificação das espécies freqüentes e a percepção da população local sobre a presença dessas formigas. Além disso, objetivou-se estimar a divergência genética do grupo de formigas mais freqüente na região, utilizando marcadores AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*).

Capítulo I

**MIRMECOFAUNA DOMICILIAR E SUA PERCEPÇÃO PELA COMUNIDADE DE
UBERLÂNDIA – MG, BRASIL**

MIRMECOFAUNA DOMICILIAR E SUA PERCEPÇÃO PELA COMUNIDADE DE UBERLÂNDIA – MG, BRASIL

Narcisa S. Soares¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Genética e Bioquímica,
Laboratório de Genética do Comportamento,

RESUMO

A cidade de Uberlândia-MG vem apresentando um processo de urbanização acelerado, com crescimento populacional de 3,54% ao ano. Entre problemas causados pela urbanização, está o fornecimento de habitats para uma grande variedade de insetos. Neste trabalho, objetivou-se identificar as espécies de formigas urbanas que ocorrem no interior das residências de Uberlândia-MG, através de isca-armadilha e seus efeitos à população humana, por meio de entrevista com os moradores. Os gêneros das formigas mais frequentes foram *Camponotus*, *Monomorium* e *Tapinoma*, ocorrendo em maior frequência (71%) nos locais de refeições das residências visitadas. A presença das espécies como *C. melanoticus*, *Azteca* spp e *Odontomachus* spp no interior das residências, provavelmente está relacionada ao processo de busca de alimento e a disponibilidade gerada pela recente urbanização dos locais onde foram encontradas, haja visto que, para tais espécies não são consideradas *tramp species*. As espécies encontradas nas coletas confirmam a descrição fornecida pelos moradores, os quais relatam prejuízos causados pelas formigas e a dificuldade em controlá-las. Os resultados do presente trabalho favorecem o conhecimento das espécies regionais, incluindo sua biologia, para propor uma forma de controle mais eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: formigas urbanas, urbanização, Cerrado

ABSTRACT

MYRMECOFAUNA IN HOUSE AND ITS PERCEPTION FOR THE COMMUNITY FROM UBERLÂNDIA – MG, BRAZIL

The City of Uberlândia-MG is presenting an accelerated urbanization process, with population growth of 3,54% a year. The problems caused by the urbanization, supply habitats for a great variety of insects. In this work, it was aimed at to identify the species of urban ants that they happen inside the residences of Uberlândia-MG, through bait-trap and their effects to the human population, through interview with the residents. The genera of the most frequent ants were *Camponotus*, *Monomorium* and *Tapinoma*, happening in larger frequency (71%) in the places of meals of the visited residences. The presence of the species as *C. melanoticus*, *Azteca* spp and *Odontomachus* spp inside the residences, is probably related to the process of food search and its readiness generated by the recent urbanization of the places where they were found, have seen that, for such species characteristics of *tramp species* are not attributed. Those data confirm the description supplied by the residents, which tell damages caused by the ants and the difficulty in controlling them. Therefore, the present work favors the knowledge of the regional species, including its biology, to propose a form of more effective control.

KEY WORDS: urban ants, urbanization, Cerrado

A região do Cerrado Brasileiro representa o segundo maior bioma do país, abrangendo uma área de cerca de 2 milhões de km², o que corresponde a aproximadamente 22% de todo território (RIBEIRO & WALTER, 1998; OLIVEIRA & MARQUIS, 2002). Com o processo de urbanização, os recursos naturais do Cerrado vêm sendo utilizados indiscriminadamente, reduzindo a biodiversidade desse ecossistema, com menos de 30% da sua área original preservada (MYERS *et al.*, 2000).

Além da redução da diversidade ecológica, a urbanização apresenta vários problemas para população humana, como a superpopulação concentrada nos centros urbanos, redução das condições sanitárias e aumento da poluição do ar e da água. Além disso, áreas com saneamento precário fornecem habitats para uma grande variedade de artrópodes, inclusive aos vetores de doenças humanas (McINTYRE *et al.*, 2001).

Muitas formigas tiveram sucesso adaptativo ao colonizarem e explorarem esses ambientes artificiais, onde, as condições para sua sobrevivência são favorecidas de tal modo, que podem causar sérios problemas (WILSON, 1987).

As *tramp species*, como são chamadas as formigas urbanas por estarem associadas ao homem, são encontradas em residências, hospitais, fábricas de alimento, indústrias, biotérios, zoológicos, apiários, cabinas de eletricidade, centrais telefônicas e muitos outros lugares. Nesses ambientes é freqüente sua nidificação em estruturas de madeira e em aparelhos eletrônicos como geladeiras, computadores, forno de microondas, aparelho de som, telefones (FOWLER & BUENO, 1998).

Em estudos recentes, Esquivel *et al.* (2004) demonstraram a influência positiva do campo magnético na migração de formigas e cupins. Assim como, em 1996, Slowik e colaboradores, analisaram a resposta comportamental de formigas do fogo (*Solenopsis* spp) frente ao campo eletromagnético gerado por equipamentos eletrônicos. Esses resultados indicam a causa de infestações freqüentes nesses equipamentos.

A maioria dos estudos com formigas urbanas foi realizada em países de clima temperado. Em 1990, Knight & Rust, coletaram formigas em quatro regiões da Califórnia, sendo que *Linepithema humile* foi a formiga urbana mais comum, ocorrendo 25, 9% das vezes, seguida por *Solenopsis xyloni* (19,3%) e *Tapinoma*

sessile (11,1%). No Noroeste dos Estados Unidos as espécies mais importantes são as do gênero *Camponotus*, consideradas como pragas estruturais (AKRE & HANSEN, 1990).

Estudos apontam que a grande disponibilidade de água e alta temperatura estão positivamente relacionadas com a presença e o número de espécies aos ambientes urbanos. As relações ecológicas entre as formigas, em países de clima tropical como o Brasil, estão alteradas quando comparadas aos países de clima frio, especialmente, quanto à disponibilidade de alimento e competição intra e interespecífica das espécies (DELABIE *et al.*,1995; CAMPOS-FARINHA *et al.*, 2002).

Fowler *et al.* (1993) foram os pioneiros em levantamento de formigas urbanas no Brasil, realizado em hospitais do estado de São Paulo, com registro de 14 espécies, indicando que essas formigas são, potencialmente, vetores mecânicos de bactérias. Peçanha (2000) e Marcolino (2004) fazendo levantamento de formigas em ambientes hospitalares verificaram a presença de bactérias patogênicas como *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus* spp associadas a elas.

Estudando a estrutura de comunidade de formigas que infestam residências na cidade de Ilhéus, BA, Delabie e colaboradores (1995) verificaram que das 100 casas visitadas, todas estavam ocupadas, pelo menos, por uma espécie de formiga, sendo encontradas, no total, 31 espécies. As espécies mais abundantes incluem *Monomorium floricola*, *M. pharaonis*, *Paratrechina longicornis*, *Pheidole megacephala* e *Tapinoma melanocephalum*.

Em levantamento de formigas domiciliares em três bairros de Pelotas, RS, Silva & Loeck (1999) encontraram 24 espécies de formigas de três subfamílias, Myrmicinae, Dolichoderinae e Formicinae. As quatro espécies mais frequentes no interior das residências foram *Linepithema humile*, *Paratrechina fulva*, *Wasmannia auropunctata* e *Brachymyrmex* spp.

As formigas urbanas apresentam um conjunto de características, tais como a formação de populações unicloniais, alta taxa de reprodução e poliginia, associados à variabilidade da espécie, que contribuem para dificultar seu controle (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999b). Em relação ao controle, o que tem sido feito, em sua maioria, é a aplicação intensiva de defensivos químicos, como os

inseticidas tradicionais (aerossóis e pó seco), os quais acentuam o processo de fragmentação das colônias, provocando crescimento desordenado da população, com seleção dos indivíduos resistentes aos inseticidas (CAMPOS-FARINHA *et al.*, 2002).

A utilização de iscas com baixa toxicidade tem se mostrado uma das metodologias de controle de formigas urbanas mais eficientes. As operárias ao entrarem em contato com a isca, levam-na para o interior da colônia, onde é compartilhada com os outros indivíduos por meio da trofalaxia. Desta forma, nem todas as formigas necessitam entrar em contato direto com o inseticida para que ele produza seu efeito (KLOTZ *et al.*, 2000).

Pouco se conhece sobre as formigas que vivem no ambiente urbano de bioma Cerrado. Nesse contexto, um levantamento da mirmecofauna de Uberlândia - MG contribuirá para o entendimento do comportamento sinantrópico desses insetos na região, uma vez que, essa cidade vem sofrendo uma rápida urbanização, gerando impactos na biodiversidade do Cerrado.

O presente trabalho teve como objetivo identificar espécies de formigas urbanas que ocorrem nos domicílios de Uberlândia, MG, relacionando a estrutura dos bairros e das residências com a ocorrência das espécies de formigas encontradas, além de verificar, por meio de entrevista, a influência das formigas urbanas aos moradores locais.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta das formigas, nas residências, foi realizada no período de abril a agosto de 2004, na cidade de Uberlândia (18° 55' 23" S; 48° 17' 19" W) localizada na Região Nordeste do Triângulo Mineiro, Minas Gerais, a uma altitude aproximada de 863m, inserida no ecossistema Cerrado. A cidade apresenta uma média de crescimento populacional anual de 3,54%, sendo superior ao índice brasileiro (IBGE, 2004).

Para quantificação da mirmecofauna domiciliar, foram realizadas 120 coletas em 12 bairros, que foram classificados de acordo com o tempo de urbanização, estrutura e localização:

Setor 1: bairros mais antigos, com intensa atividade comercial e com pequena área verde (Bairros Lídice, Martins, Roosevelt e Santa Mônica);

Setor 2: bairros com as características intermediárias (Bairros Jaraguá, Laranjeiras, Mansour e Umuarama);

Setor 3: bairros mais recentes, caracterizado como bairro residencial com grande área verde (Bairros Guarani, Jardim Ipanema I, Morada da Colina e Residencial Gramado).

Foram visitadas 131 residências as quais 120 serviram de ambiente para a coleta, sendo 10 coletas por bairro. Para captura das formigas, foi utilizada uma isca-armadilha (Fig. 1) atrativa composta por uma solução açucarada com extrato de camomila (ROSA *et al.*, 2004) distribuída nos locais de maior infestação dentro das casas, como cozinha, banheiro, salas ou dormitórios, onde foi mantida por 24 horas.

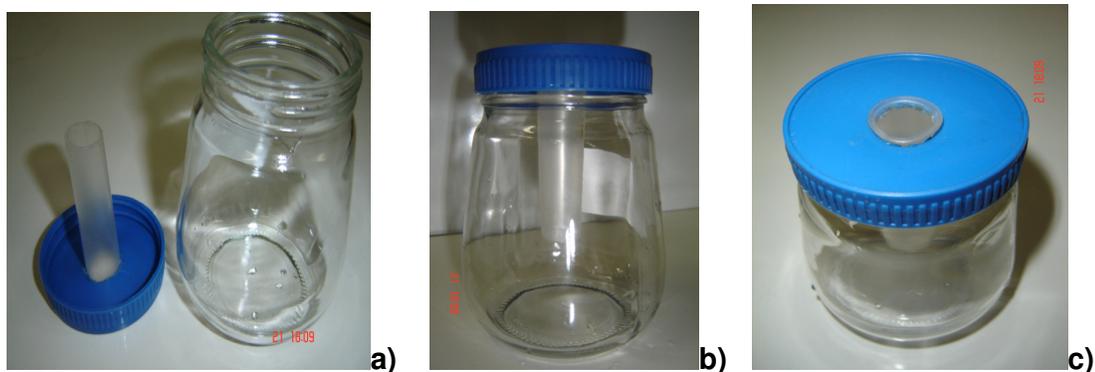


Figura 1 – Modelo da isca-armadilha utilizado nas coletas dos domicílios de Uberlândia-MG: a) componentes da armadilha; b) vista lateral; c) vista superior.

Para relacionar o estado de conservação das residências com a presença de determinada espécie de formiga urbana, as condições físicas (piso, parede, forro ou lage) das casas e apartamentos foram classificadas em 3 categorias, segundo o modelo criado por Silva & Loeck (1999):

Ótimo: construção sem necessidade de reparos;

Bom: construção necessitando de reparos em alguma estrutura;

Regular: construção com necessidade de reparos em mais de duas estruturas, mas não comprometida;

Após permanecerem 24 horas nas casas, as iscas-armadilhas foram levadas ao laboratório, onde as formigas foram transferidas para vidros contendo álcool 70% para posterior identificação até gênero, utilizando-se uma lupa estereoscópica, modelo ZEISS Stemi SV 6, utilizando das chaves de identificação descritas por LOUREIRO & QUEIROZ (1995) e BOLTON (1995). Algumas amostras foram identificadas até espécie, baseando-se na coleção regional do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia (MG) e do Laboratório de Mirmecologia do Centro de Pesquisas do Cacau em Itabuna (BA).

Simultaneamente com a coleta, foram realizadas entrevistas com os moradores para avaliação de sua percepção sobre as formigas. Foi aplicado um questionário (Anexo I) com perguntas referentes à: a) índice e local de infestação na casa; b) tipos de formigas existentes; c) problemas causados; d) formas de controle.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos três setores de coletas foi amostrado um total de 6.227 formigas, distribuídas em 14 espécies, agrupadas em 8 gêneros pertencentes a quatro subfamílias (Tabela 1). As espécies mais freqüentes foram *Camponotus vittatus* Forel, 1904 (23,5%), *Monomorium pharaonis* Linnaeus, 1758 (21,4%), *Tapinoma Melanocephalum* Fabricius, 1793 (12,1%) e *C. melanoticus* Emery, 1894 (11,4%). De acordo com Campos-Farinha *et al.*(2002) *M. pharaonis* e *T. melanocephalum* estão entre as cinco espécies de formigas urbanas de maior importância registradas nas regiões sudeste e sul da Bahia, enquanto que no Sul do país (SILVA & LOECK, 1999) destacam-se as espécies *Camponotus mus* e *Solenopsis saevissima*, como de maior ocorrência nos domicílios.

Tabela 1- Freqüência relativa de Formicidae coletados em ambientes domiciliares na cidade de Uberlândia, MG, abril a agosto de 2004.

Espécies	Freqüência (%)	Subfamília
<i>Camponotus vittatus</i>	23,5	Formicinae
<i>Monomorium pharaonis</i>	21,4	Myrmicinae
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	12,1	Dolichoderinae
<i>Camponotus melanoticus</i>	11,4	Formicinae
<i>Brachymyrmex</i> sp.	8,6	Formicinae
<i>Paratrechina longicornis</i>	7,1	Formicinae
<i>Camponotus crassus</i>	3,6	Formicinae
<i>Azteca</i> sp.	2,9	Dolichoderinae
<i>Camponotus atriceps</i>	2,9	Formicinae
<i>Cardiocondyla</i> sp.	2,2	Myrmicinae
<i>Camponotus rufipes</i>	2,2	Formicinae
<i>Monomorium floricola</i>	0,7	Myrmicinae
<i>Monomorium</i> sp.	0,7	Myrmicinae
<i>Odontomachus</i> sp.	0,7	Ponerinae

Nos Estados Unidos, as formigas do gênero *Camponotus* são consideradas por Akre & Hansen (1990) como pestes urbanas estruturais, destacando as espécies *C. modoc*, *C. vicinus*, *C. herculanus* e *C. pensilvanicus*. Nos levantamentos realizados no Brasil, sua ocorrência tem sido baixa comparada a outras espécies. A espécie que se destaca é a *Camponotus atriceps* apontada por Marcolino *et al.* (2000) como ameaça a abelhas em apiários ocasionando prejuízos econômicos aos produtores e, também, por Peçanha (2000) em estudo

em um Conjunto Hospitalar de Sorocaba, SP, onde foi a espécie predominante em dos hospitais, além de ser carreadora de bactérias patogênicas.

A espécie *C. vittatus* nunca foi registrada em outros levantamentos em áreas urbanas, porém sua predominância nos domicílios de Uberlândia-MG, pode estar relacionada ao ecossistema em que o município esta inserido. Segundo Silvestre (2000) em estudo de estrutura de comunidades de formigas do Cerrado, o gênero *Camponotus* representa o mais freqüente e mais rico em espécies, sendo *C. crassus* e *C. melanoticus* amplamente distribuídas nesse bioma.

A presença de espécies que não são consideradas como “verdadeiramente domiciliares” como as do gênero *Azteca*, *Cardiocondyla* e *Odontomachus*, provavelmente, pode estar relacionada ao processo de busca de locais de nidificação, de alimento e de sua disponibilidade gerada pela recente urbanização dos locais onde foram encontrados (CARROL & JANZEN, 1973; PASSERA, 1994).

De acordo com Delabie *et al.* (1995), Duarte *et al.*(2003) e Kamura *et al.* (2003) a subfamília mais abundante nos ambientes domiciliares é a Myrmicinae, provavelmente, relacionado ao fato dessas formigas recrutarem um grande número de operárias para a atividade de forrageamento. Entretanto em Uberlândia-MG não apresentou esse padrão (Fig. 2). Esse fato pode estar relacionado ao tipo de vegetação presente nas dependências das residências amostradas, o qual difere dos trabalhos anteriores, que foram realizados em bioma de Mata Atlântica.

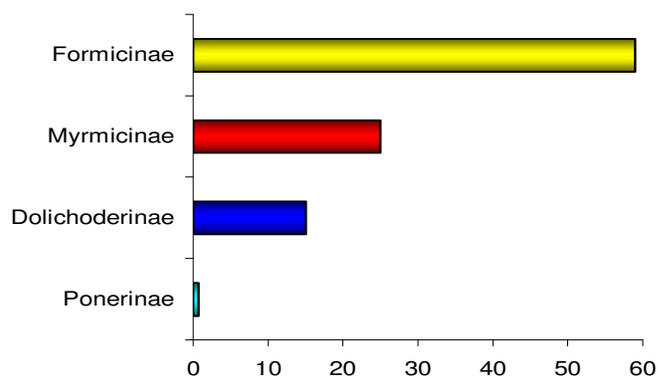


Figura 2 – Frequência das subfamílias de Formicidae no interior de residências na cidade de Uberlândia, MG. Abril a agosto de 2004.

Embora tenham sido visitados 131 domicílios, foram realizadas 120 coletas, ou seja, 11 residências não apresentaram infestação por formigas, o que representa 8,4% de ausência de formigas. O número de espécies encontradas num mesmo ambiente variou de uma a três (Fig. 3).

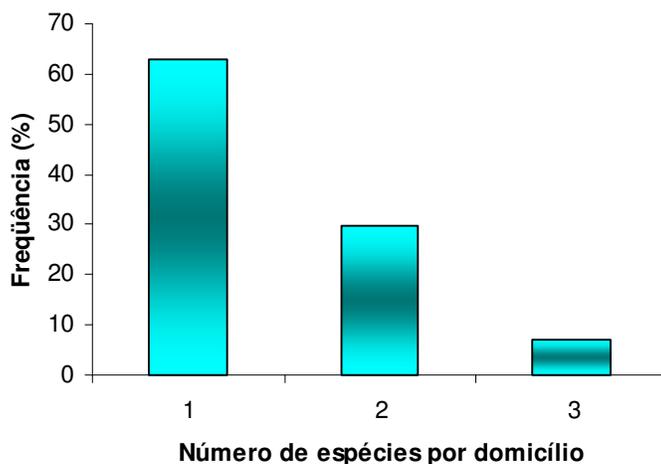


Figura 3 – Frequência de domicílios infestados por formigas em função do número de espécie encontrada por domicílio, em Uberlândia, MG. Abril a agosto de 2004.

Delabie *et al.* (1995) e Silva & Loeck (1999) encontram uma variação de uma a seis espécies por casa. Essa diferença pode estar relacionada às espécies encontradas em cada local, sendo que no presente estudo, as espécies mais frequentes apresentaram um comportamento de dominância sobre outras formigas. Outro fator que pode ter influenciado o resultado é a metodologia empregada na coleta, já que Silva & Loeck (1999) realizaram captura manual com auxílio de pinça e pincel umedecido em álcool, e Delabie *et al.*(1995) utilizaram isca composta por mel no interior de tubos de vidro distribuídos em vários ambiente da casa, método semelhante a isca-armadilha usada no presente trabalho.

O maior número de ocorrência de formigas no interior das residências deu-se na área de refeitório (cozinha, copas e locais de refeições) com 71%, seguido pela sala de televisão e banheiros (Fig. 4). Esse resultado se deve à alta oferta de alimento disponível nos ambientes de refeição e, também, em sala de televisão, pelo hábito de realizar pequenas refeições em frente à TV, além de oferecer

locais de nidificação, como geladeiras, televisão, aparelho de som e armários de madeira,

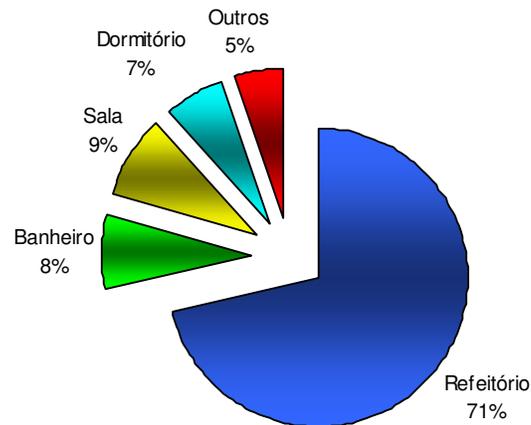


Figura 4 – Ocorrência de formigas por cômodos nas residências de Uberlândia, MG. Abril a agosto de 2004.

A presença de formigas em banheiros foi, também, registrada por Delabie *et al.* (1995) nas casas do Sul da Bahia, com uma frequência muito maior (22%) do que a que obteve (8%), sendo utilizado pelas formigas como locais de nidificação, nas frestas dos azulejos e área de forrageamento nos lixos e materiais de limpeza (algumas espécies são encontradas em pastas de dente, anti-sépticos bucais e desinfetantes) (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1998).

Somente as espécies *C. vittatus*, *M. pharaonis*, *T. melanocephalum* e *Brachymyrmex* sp. foram amostradas nos três setores de coleta (Fig. 5). O setor 1, representado pelos bairros mais antigos, com intensa atividade comercial e pouca arborização, apresentou menor número de espécies, tendo *M. pharaonis* como dominante. Os setores 2 e 3 apresentaram a mesma diversidade de formigas, porém, diferentes quanto às espécies.

Alguns bairros dos setores 2 e 3 estão localizados na proximidade de zonas rurais e veredas, fato que pode estar relacionada ao aparecimento de espécies como *C. melanoticus*, *C. rufipes*, *Azteca* sp. e *Odontomachus* sp., no interior das residências. A redução de habitat e, especialmente, a fragmentação de habitats em pequenos remanescentes, como ocorrem com a expansão da

zona urbana, impõem mudanças nas estratégias adaptativas de muitas espécies (RICKLEFS, 2003).

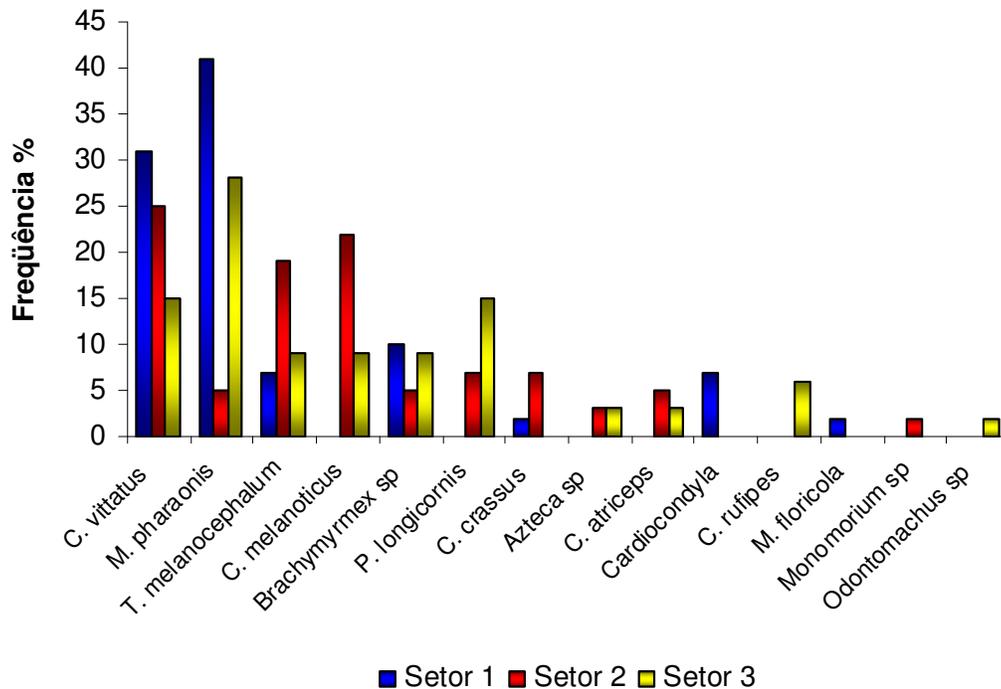


Figura 5 - Ocorrência das espécies de formigas urbanas nos setores (bairros) de coleta, em Uberlândia, MG. Abril a agosto de 2004.

Os efeitos da fragmentação de habitats juntamente com a mudança antrópica no clima e na vegetação possibilitam a adaptação ou a plasticidade de muitos insetos para colonizarem os ecossistemas urbanos e agroecossistemas (McINTYRE, 2000).

A relação entre as formigas mais freqüentes no interior dos domicílios e o estado de conservação de sua estrutura física, mostrou que *C. vittatus* e *C. melanoticus* ocorrem em locais que correspondem as três categorias de estado de conservação (Tabela 2). As espécies *M. pharaonis*, *T. melanocephalum* e *Brachymyrmex sp.* foram mais freqüentes nos locais com melhor estado de conservação (descritos como “ótimo” e “bom”), podendo estar relacionada ao hábito dessas espécies nidificarem no interior das residências utilizando pequenas cavidades como em azulejos, guarnições de janelas e em batentes de portas. Portanto, mesmo que os domicílios apresentem estrutura física bem

conservada não impede a construção dos ninhos dessas espécies nesses ambientes.

Tabela 2 – Espécies e freqüência relativa (%), conforme o estado de conservação das residências em Uberlândia, MG. Abril a agosto de 2004.

FORMIGAS	Estado de Conservação das Residências		
	Ótimo	Bom	Regular
<i>C. vittatus</i>	40,62	28,12	31,25
<i>M. pharaonis</i>	20,00	60,00	20,00
<i>T. melanocephalum</i>	58,82	35,29	5,89
<i>C. melanoticus</i>	14,29	35,71	50,00
<i>Brachymyrmex</i>	40,00	50,00	10,00
<i>P. longicornis</i>	10,00	30,00	60,00
<i>C. crassus</i>	-	60,00	40,00

Apenas *P. longicornis* (60%) foi mais freqüente em construções mal conservadas ou precárias, podendo ser justificado pelo fato que as fendas encontradas no chão, nas paredes e no teto dessas residências favorecem um maior aquecimento na estrutura física. O aumento da temperatura nesses locais é adequado para o desenvolvimento da prole (ovos, larvas e pupas) dessa espécie, o que provavelmente favorece a construção de seus ninhos nesses ambientes.

No levantamento de formigas urbanas na cidade de Pelotas, RS, apenas *Brachymyrmex* sp. ocorreu com maior incidência nos locais em melhor estado de conservação, enquanto as demais espécies encontradas, como *C. mus* e *P. fulva*, são mais freqüentes em residências com problemas na estrutura física (SILVA & LOECK, 1999).

Nas entrevistas realizadas com os moradores, todos reclamam da alta incidência de formigas no ambiente domiciliar, que vai desde a pia da cozinha até aparelhos eletrônicos, incluindo, ainda, o colchão. Relatam, também, a reinfestação após a aplicação de inseticidas.

As formigas mais freqüentes foram denominadas como “doceiras”, “amarela grande da cabeça preta”, “amarelinha” e “pretinha miúda”, confirmando o levantamento realizado com as iscas-armadilhas. A maioria dos moradores relaciona a presença dessas formigas a contaminação de alimentos, defeitos em aparelho de som, televisão e vídeo-cassete, ocasionados pelos ninhos, além de alergias freqüentes em crianças.

LOPES & SCHLINDWEIN (2003) em uma avaliação da percepção sobre formigas, em uma comunidade de São Félix do Araguaia, MT, observaram que os moradores não reclamam das formigas, mas correlacionam diretamente com a presença de formigas cortadeiras, grandes prejuízos para as plantas.

Os produtos utilizados pelos moradores de Uberlândia (MG) para o controle de formigas urbanas são diversos, como: limpa alumínio, querosene, água quente, criação de galinhas e produtos químicos denominados por eles como “bico doce”, “baygon”, “caltrine”, “natucide” e “isca granulada”(Fig. 6).

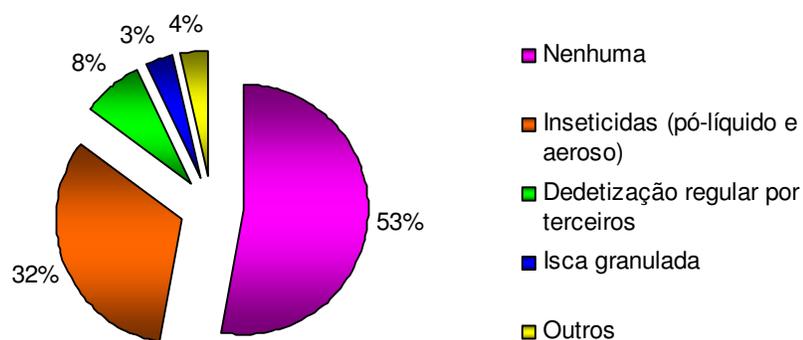


Figura 6 – Formas de controle de formigas urbanas, descritas pelos moradores de Uberlândia, MG, Abril a agosto de 2004.

Apesar dos problemas causados pelas formigas, a maioria dos moradores não utiliza nenhuma metodologia para seu controle, e alguns usam inseticidas tradicionais (Fig. 6). Essa tolerância apresentada pelos humanos e a forma de controle ineficaz favorece o sucesso adaptativo das formigas ao ambiente urbano (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1998).

A percepção da população sobre as formigas urbanas mostra que realmente elas causam grandes incômodos e prejuízos, além da dificuldade em combatê-las. Os resultados trazidos pelo presente trabalho favorece o conhecimento das espécies regionais, incluindo sua biologia, para a proposta de uma forma de controle mais eficaz e não agressivo ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKRE, R. D. & HANSEN, L. D. Management of carpenter ants. In: VANDER MEER, R. K, JAFFE, K. & Cedeno, A. (Eds.) *Applied Myrmecology: A World Perspective*. Boulder: Westview Press, 1990. p. 691-700.

BOLTON, B. *A new general catalogue of ants of the world*. London: Harvard University Press, 1995. 504 p.

BUENO, O. C. & CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Formigas Urbanas: comportamento das espécies que invadem as cidades brasileiras. *Vetores & Pragas*, Ano I n.12, p.13-16, 1998.

BUENO, O. C. & CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Formigas Urbanas: estratégias de controle. *Vetores & Pragas*, Ano II n.5, p.5-7, 1999b.

CAMPOS-FARINHA, A. E. de C., BUENO, O. C., CAMPOS, M. C. G. & KATO, L. M. As formigas urbanas no Brasil: retrospecto. *Biológico*, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 129-133, 2002.

CAROL, C. R. & JANZEN, D. H. Ecology of foraging ants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, n. 4, p. 231-257, 1973.

DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C.; PACHECO, P. & CASIMIRO, A. B. Community structure of house-infesting ants (Hymenoptera: Formicinae) in Southern Bahia, Brazil. *Florida Entomologist*, v.78, n.2, p.264-267, 1995.

DUARTE, Q. F.; VEIGA-FERREIRA, S. & MAYHE-NUNES, A. J. Formigas sinantrópicas do Instituto de Biologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Hymenoptera: Formicidae). In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003, Florianópolis, *Anais*. Florianópolis: 2003, p. 449 - 451.

ESQUIVEL, D. M. S., WAJNBERG, E. CERNICCHIARO, G. R. & ALVES, O. C. Comparative magnetic measurements of migratory ant and its only termite prey. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, v. 278, p. 117-121, 2004.

FOWLER, H. G.; BUENO, O. C.; SADATSUNE, T.; MONTELLI, A. Ants as potential vectors of pathogens in hospitals in the state of São Paulo, Brazil. *Insect. Sci. Applic.*, v.14, n 3, p.367-370, 1993.

FOWLER, H. G & BUENO, O. C. O avanço das formigas urbanas. *Ciência Hoje*, v. 23, n.123, p. 73-80, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [on line]. Disponível em: <<http://www.uberlândia.mg.gov.br>> Acesso em: 10 jun. 2004.

KAMURA, C. M.; MORINI, M. S. C.; BUENO, O. C. & CAMPOS-FARINHA, A. E. Mirmecofauna de ambiente domiciliar e peridomiciliar da cidade de Mogi das Cruzes (SP). In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003, Florianópolis, SC. *Anais*. Florianópolis: 2003. p.445-457.

KLOTZ, J. H., GREENBURG, L., AMRHEIN, C. & RUST, M. K. Toxicity and repellency of borate-sucrose water baits to Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). *J. Econ. Entomol.* v. 93, p.1256-1258, 2000.

KNIGHT, R. L. & RUST, M. K. The urban ants of California With distribution notes of imported species. *Southwestern Entomologist*, v.5, n. 2, p. 167-178, 1990.

LOPES, M. da c. & SCHLINDWEIN, M. N. Avaliações preliminares da percepção sobre as formigas (Hymenoptera: Formicidae) em diferentes grupos da comunidade de São Félix do Araguaia – MT. In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003, Florianópolis, *Anais*. Florianópolis: 2003, p. 201-203.

LOUREIRO, M. C. & QUEIROZ, M. V. B. de. *Formigas de Viçosa Formicidae*. Viçosa: Ed. UFV, 1990. 106p.

MARCOLINO, M. T., OLIVEIRA-JUNIOR, W. P. E BRANDEBURGO, M. A. M. Aspectos comportamentais da interação entre formigas *Camponotus atriceps* SMITH (Hymenoptera, Formicidae) e abelhas africanizadas *Apis mellifera* (L.) (Hymenoptera, Apidae). *Naturalia*, v. 25, p. 321-330, 2000.

MARCOLINO, M. T. *Formigas como vetor de bactérias nosocomiais em oito setores de risco do Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia*. Uberlândia: 2004, 100p. [Tese (Doutorado) – Instituto de Genética e Bioquímica, Univ. Federal de Uberlândia].

McINTYRE, N.E. The ecology of urban arthropods: a review and a call to action. *Ann. Entomol. Soc. Am.* v. 93, p. 825-835, 2000.

McINTYRE, N.E., RANGO, J., FAGAN, W.F. & FAETH, S.H. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landscape and Urban Planning*, v. 52, p.257-274, 2001.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858, 2000.

OLIVEIRA, P. S. & MARQUIS, R. J. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. New York: Columbia University Press, 2002. 398p.

PASSERA, L. Characteristic of tramp species. In: WILLIAMS, D.F.(Ed.) *Exotic ant*. Boulder: Westview Press, 1994. p. 23-43.

PEÇANHA, M. P. *Formigas como vetor de propagação bacteriana no Conjunto Hospitalar de Sorocaba – SP*. São Paulo: 2000. 110p. [Tese (Doutorado), UNESP, Univ. do Estado de São Paulo].

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma do cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. (Eds.) *Cerrado: ambiente e flora*. EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-152.

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 501p.

ROSA, T. A., SOARES, N. S., ALMEIDA, L. O., MARCOLINO, M. T. & BONETTI, A. M. Proposta de um modelo de isca-armadilha para captura de formigas urbanas. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 17., 2004, São Paulo. Resumos. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo [CD-ROM], v. 71 supl., 2004. Resumo 146.

SILVA, E. J. E. & LOECK, A. E. Ocorrência de formigas domiciliares (Hymenoptera, Formicidae) em Pelotas, RS. *Rev. Bras. de Agrociência*, v. 5, n. 3, p.220–224,1999.

SILVESTRE, R. *Estrutura de comunidades de formigas do Cerrado*. São Paulo: 2000. 216p. [Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras: Ribeirão Preto, São Paulo].

SLOWIK, T. J., THORVILSON, H. G. & GREEN, B. L. Red Imported Fire Ant (Hymenoptera: Formicidae) Response to Current and Conductive Material of Active Electrical Equipment. *J. Econ. Entomol.*, v. 89, p. 347-352, 1996.

WILSON, E. O. Causes of ecological success: the case of the ants. *J. Anim. Ecol.*, v. 56, p. 1-9, 1987.

ANEXO I

PERCEPÇÃO DOS MORADORES QUANTO ÀS FORMIGAS URBANAS

1 - Incidência de formigas no interior do domicílio:

() bastante () muito () razoável () pouco () quase nenhuma

2 - Locais de infestação: _____

3 - Período em que as formigas são visualizadas:

4 - Locais de nidificação: _____

5 – Quantos tipos de formigas foram vistos no interior do domicílio:

6 – Identificação popular das formigas existentes:

7 – Problemas causados pela presença das formigas urbanas:

8 – Formas de controle:

Observações: _____

Capítulo II

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE *Camponotus* sp. (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) EM ÁREA URBANA DE CERRADO**

DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE *Camponotus* sp. (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) EM ÁREA URBANA DE CERRADO

Narcisa S. Soares¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Genética e Bioquímica,
Laboratório de Genética do Comportamento,

RESUMO

As formigas carpinteiras, do gênero *Camponotus*, são importantes na reciclagem de matéria orgânica, porém, podem ser problema aos humanos quando nidificam dentro das residências. A análise taxonômica tradicional baseada apenas na morfologia, apresenta limitações de marcadores adequados para a identificação de algumas espécies de formigas. Os marcadores moleculares *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP) tem sido muito utilizado em análise filogenética e em estudos de variação genética, devido a sua rapidez e resolução em análise de alelos polimórficos. O presente trabalho teve por objetivo analisar a divergência genética entre *Camponotus atriceps* e as espécies *C. vittatus* e *C. melanoticus* encontradas em domicílios na região de Cerrado (Uberlândia-MG) utilizando marcadores moleculares AFLP. Foram feitos *pools* de dez indivíduos por espécie, tendo *Monomorium pharaonis* como *outgroup*, utilizando 10 combinações de primers do Kit AFLP™ Starter Primer (Gibco BRL). A distância genética por Porcentagem de Desacordo e UPGMA dividiu os genótipos do gênero *Camponotus* em dois grupos, a nível 52% de divergência genética. As espécies *C. melanoticus* e *C. vittatus* formam o grupo mais próximo, apresentando 53% de similaridade genética, enquanto *C. atriceps* ficou isolada, apresentando menor similaridade genética com as outras duas espécies. A diferença genética encontrada entre as espécies de *Camponotus* confirma a filogenia atual, baseada nos caracteres morfológicos.

PALAVRAS-CHAVE: *Camponotus*, sistemática, marcadores AFLP

ABSTRACT

GENETIC DIVERGENCE OF *Camponotus* sp. (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) IN URBAN AREA OF THE CERRADO

The carpenter ants, of the genus *Camponotus*, are important in the recycling of organic matter; however they can be problematic to the humans when they build your nests inside of the houses. The morfometric analyses systematic for the identification of some species of ants present some limitations of appropriate markers. The molecular markers AFLP have been used in phylogenetic analysis and in studies of genetic variation, due to her speed and high resolution in analyses of polymorphic alleles. The present work had the objective of verifying the genetic divergence among *Camponotus atriceps*, and the species *C. vittatus* and *C. melanoticus* found in houses in an area of the Cerrado (Uberlândia-MG) using molecular markers AFLP. We made pools of ten individuals by species, tends *Monomorium pharaonis* as outgroup, using 10 combinations of primers of the Kit AFLP™ Starter Primer (Gibco BRL). The genetic distance for Percentage of Disagreement and UPGMA divided the genotypes of the genus *Camponotus* in two groups at level 52% of genetic divergence. The species *C. melanoticus* and *C. vittatus* form the closest group, presenting 53% of genetic similarity. While *C. atriceps* stayed isolated, it was presented a smaller genetic similarity with the other two species. The genetic differentiation found among the species of *Camponotus* confirm with current phylogeny based in the morphologic characters.

KEY-WORDS: *Camponotus*, systematic, markers AFLP

No ecossistema de Cerrado, localizado no Planalto Central do Brasil, as formigas do gênero *Camponotus*, conhecidas como formigas carpinteiras, são as mais freqüentes e com maior riqueza de espécie (SILVESTRE, 2000). São chamadas de formigas carpinteiras devido ao seu hábito de escavar madeira, como tronco de árvores e estruturas de edificações humanas, para nidificação da colônia (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

As formigas carpinteiras são grandes, variando em tamanho de 6 mm (operárias jovens) a 20 mm (rainha funcional). Apresentam coloração geralmente preta ou marrom, podendo ter cores avermelhada ou amarelada. Nenhuma espécie de *Camponotus* possui ferrão, tem mandíbulas grandes e capazes de mordidas dolorosas, além de borriarem ácido fórmico contra predadores e inimigo naturais (BOLTON, 1995; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999a).

Esse inseto social é um elemento importante no equilíbrio dos ecossistemas terrestres, acelerando a reciclagem da matéria orgânica, como na degradação de madeira (WILSON, 1971). As formigas carpinteiras podem ser problemáticas aos humanos quando nidificam dentro das habitações (AKRE & HANSEN, 1990). A Urban Integrated Pest Management da Universidade do Arizona, Urban IPM (2004) aponta que nos Estados Unidos há um gasto anual de milhões de dólares para o seu controle.

Para o sucesso do controle dessas formigas é necessário a combinação de estratégias, o que pode ser facilitado pela identificação correta da espécie, o que permite conhecer seus hábitos de nidificação e de forrageamento (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999b).

A análise sistemática para a identificação de algumas espécies de *Camponotus* baseada em distinção morfológica não é totalmente segura, uma vez que os caracteres diferenciais entre elas são muito sutis e podem causar dúvidas para taxonomistas não familiarizados com este gênero. Além disso, este gênero carece de revisão atualizada para as suas espécies, uma vez que estas formigas estão sendo encontradas em ambientes urbanos, ocasionando incômodos e prejuízos à população humana (AKRE & HANSEN, 1990; FOWLER, 1990; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999a; MARCOLINO, 2004).

De acordo com Cenis (1994) os métodos morfométricos, tradicionalmente utilizados na biosistemática, apresentam limitações para alguns grupos de

insetos, tanto pela dificuldade de serem aplicados a todos os indivíduos de uma população, como pela limitação de marcadores adequados, o que tem motivado a aplicação de técnicas bioquímicas e moleculares.

Os marcadores moleculares têm sido utilizados extensivamente em estudos de estimativa da biodiversidade molecular e para a conservação das espécies. Dentre os marcadores mais utilizados destacam-se os gerados pelas técnicas de RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*), AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*), Microssatélites e Aloenzimas (SOLÉ-CAVA, 2001).

Shoemaker *et al.* (1994) obtiveram marcadores RAPD específicos para a distinção entre as espécies de formigas de fogo *Solenopsis invicta* e *S. richteri* introduzidas nos EUA e que são semelhantes morfologicamente. Assim como, Souza e colaboradores (2003) encontraram “fingerprints” genômicos diferentes entre as formigas da espécie *Wasmannia auropunctata* e a espécie simpátrica, *Wasmannia sp prox. rochai*, usando a técnica de RAPD.

O Polimorfismo de Tamanho de Fragmentos Amplificados (AFLP) é uma técnica que permite que fragmentos anônimos do genoma (“fingerprints”) sejam amplificados (VOS *et al.*, 1995). Combina a digestão do genoma por enzimas de restrição e a amplificação dos fragmentos obtidos pela reação em cadeia da polimerase (PCR), reunindo as vantagens dessas duas técnicas. O AFLP tem uma resolução mais alta e sensível do que RAPD para análise de alelos polimórficos (BARKER *et al.*, 1999; GRUTZMACHER *et al.*, 2003) e, é sugerido como uma técnica eficiente para o estudo de variação genética (MUELLER & WOLFENBARGER, 1999).

Esta técnica vem sendo aplicada em estudos de mapeamento genético (JONES *et al.*, 1997; PERÉZ *et al.*, 2004), análise de paternidade (KRAUSS, 1999), elucidação de clones e híbridos (HODKINSON *et al.*, 2002), análise de genética de população (NYBOM, 2004) e em análises filogenética (WANG *et al.*, 2004; BUSSEL *et al.*, 2004).

Para formigas, poucos estudos foram desenvolvidos utilizando a técnica de AFLP. O uso de marcadores AFLP nos estudos de variação genética entre alguns táxons da família Formicidae permitirá a diferenciação de genótipos muito próximos. Assim como, a obtenção de “fingerprints” genômicos os quais poderão

ser utilizados para a identificação de espécies de formigas, elucidando problemas de identificação e auxiliando na elaboração de estratégias de controle específico a cada grupo de formigas.

No Brasil, a formiga *Camponotus atriceps* está classificada entre as espécies urbanas mais freqüentes em ambientes domiciliares e hospitalares, além de apiários e meliponiários, ocasionando incômodo e prejuízos ao homem (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1998; MARCOLINO *et al.*, 2000; PEÇANHA, 2000). O alto grau de polimorfismo entre os indivíduos de *C. atriceps*, pode estar mascarando a presença de espécies de *Camponotus* que são morfológicamente similares quando identificadas por taxonomistas não familiarizados com o gênero.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar o grau de divergência genética entre *Camponotus atriceps*, e as espécies *C. vittatus* e *C. melanoticus* encontradas em residências na região de Cerrado (Uberlândia-MG) utilizando marcadores moleculares AFLP.

MATERIAL E MÉTODOS

1) Material biológico

As formigas foram coletadas em diferentes residências de vários setores da cidade de Uberlândia (18°55'23" S; 48°17'19" W) localizada na Região Nordeste do Triângulo Mineiro, Minas Gerais, a uma altitude aproximada de 863m, inserida no Bioma de Cerrado. Foram amostradas dez operárias de cada espécie, a saber, *Camponotus atriceps*, *C. vittatus*, *C. melanoticus* e *Monomorium pharaonis* como "outgroup". No Laboratório de Genética do Comportamento do INGEB-UFU, as formigas foram identificadas e armazenadas em ultrafreezer (-80 °C) para posterior extração de DNA. Simultaneamente, as formigas foram enviadas ao Laboratório de Mirmecologia do CEPEC, em Itabuna, Bahia para confirmação taxonômica morfológica das espécies identificadas.

2) Extração de DNA

Para extração de DNA das formigas utilizou-se um "pool" de 10 indivíduos para cada reação, seguindo o protocolo de extração de Paxton *et al.*(1996) com algumas modificações feitas por Jesus (2003). A gáster dos indivíduos foi descartada com o auxílio de um bisturi, por ser uma região de possível contaminação.

O material foi colocado em cadinhos de porcelana, adicionando-se nitrogênio líquido e macerando em seguida; adicionou-se 500µl de Tampão SET (NaCl 0,15 M, Tris-HCl 0,02 M, EDTA 1 mM pH 8,0), transferindo o material para um microtubo estéril de 1,5 mL; adiciona-se em cada microtubo, 18 µL de proteinase K (10 mg/mL) e 22 µL de SDS 25%, homogeneizando a solução em vórtex e incubando-a por 2 h a 55 °C; adiciona-se 430 µL de NaCl 6 M por microtubo, centrifugando o material por 10 min a 13000 rpm; o sobrenadante é transferido para um novo microtubo de 1,5 mL adicionando 215 µL de Tris-HCl (0,01M pH 8,0) e completando-se o volume dos microtubos com etanol 99,5% gelado (-20 °C). Estoca-se o material em freezer - 20 °C *overnight*; centrifuga-se os microtubos por 15 min a 13000 rpm, retirando-se em seguida o etanol 99,5% e acrescentando-se 500 µL de etanol 70% gelado (-20 °C). Inverte-se os microtubos para lavar o pellet e centrifuga-se por 10 min a 13000 rpm; retira-se o etanol 70%

com cuidado para não deslocar o pelle. Depois de seco a vácuo ou estufa a 37 °C; ressuspende-se o pellet em 100 µL de Tampão TE (Tris-HCl 10 mM, EDTA 1mM).

A qualidade do DNA foi avaliada submetendo-se a amostra a uma eletroforese em gel de agarose 1% para verificar se estava ou não íntegro ou se apresentava contaminantes.

O DNA foi quantificado por absorbância em espectrofotômetro HITACHI U-2000. Uma alíquota de cada parte foi diluída em água pura para a leitura e sua concentração foi calculada pela fórmula:

$$[\text{DNA}] = \text{ABS} (260) \times 50 \times \text{Fator de Diluição, onde ABS: absorbância}$$

Após a quantificação a amostra foi diluída em água ultrapura para a concentração de trabalho de 50 ng/ µL.

3) Reação de AFLP (Amplified fragment length polymorphism)

Para as reações de AFLP foram utilizados os Kits AFLP™ Analysis System I (Gibco BRL) e AFLP™ Starter Primer (Gibco BRL), com algumas modificações no protocolo do fabricante, apresentadas abaixo:

3.1) Restrição

Uma alíquota com 200 ng de DNA genômico de cada espécie em estudo foi digerido com 2 µL de *Eco* RI / *Mse* I (enzimas de restrição), 5 µL de tampão 5X, completando-se o volume da reação para 25 µL com água destilada. As reações foram levadas para termociclador modelo PTC-100™ MJ Research, Inc., a uma temperatura de 37 °C por 2 horas, seguida de 70 °C por 15 min para inativação das enzimas.

3.2) Ligação dos adaptadores

Após a restrição enzimática foi feita a ligação de adaptadores complementares aos sítios de restrição dos fragmentos obtidos, utilizando 1µL de T4 *DNA ligase* e 24 µL de solução de adaptador, acrescidos dos 25 µL da reação enzimática, totalizando um volume final de 50 µL. A ligação dos adaptadores foi

realizada em termociclador à 20 °C por 2 horas e a temperatura final de 4 °C. Após isso a reação foi estocada a -20 °C.

3.3) Reação de Pré-amplificação

Na reação de pré-amplificação para cada amostra foram utilizados 2,5 µL da reação de ligação de adaptadores da respectiva amostra, 2,5 µL de tampão para PCR 10 X, 20 µL de Mix pré-amplificação e 0,2 µL de *Taq* DNA Polimerase. A reação foi feita em condição de estringência mais baixa e consistiu de 20 ciclos onde etapas de desnaturação a 94 °C por 30 segundos; etapas de anelamento dos primers a 50 °C por 1 minuto e etapas de extensão pela *Taq* DNA polimerase a 72 °C por 1 min e temperatura final de 4 °C.

3.4) Amplificação Seletiva

Nesta fase foram utilizadas 10 combinações de primers (Tabela 1) para as reações de amplificação seletiva, todos do kit AFLP™ Starter Primer (Gibco BRL).

Tabela 1 – Primers aleatórios AFLP selecionados para amplificação das amostras de DNA de formigas urbanas.

Identificação	Primer <i>Eco</i> RI	Primer <i>Mse</i> I
P 1	E - ACC	M – CTG
P 2	E - ACT	M – CTC
P 3	E - ACA	M – CTC
P 4	E - ACT	M – CTA
P 5	E - ACA	M - CTA
P 6	E - AAG	M - CAT
P 7	E – ACC	M – CAT
P 8	E – ACT	M – CAG
P 9	E – ACA	M – CAG
P 10	E – ACC	M - CAC

A amplificação seletiva procedeu-se com seis ciclos iniciais de 94 °C por 30 segundos, 65 °C por 30 segundos e 72 °C por 1 min. Em seguida, mais seis ciclos de 94 °C por 30 segundos, 60 °C por 30 segundos e 72 °C por 1 min. Ao final

foram realizados vinte e três ciclos de 94 °C por 30 segundos, 56 °C por 50 segundos e 72 °C por 1 min e temperatura final de 4 °C.

4) Separação e Detecção dos Produtos Amplificados

Alíquotas de 10 µL dos produtos amplificados foram acrescidas de 5 µL de *stop buffer* contendo formamida, para cada amostra. Esses foram submetidos a uma temperatura de 95 °C por três minutos para desnaturação da fitas duplas de DNA e, posteriormente, colocadas em gelo para evitar o reanelamento das fitas antes da aplicação em gel. As amplificações foram separadas por eletroforese em gel desnaturante de poliacrilamida 8%. A eletroforese foi realizada por 5 horas a 500 V em TBE 1X (Tris-borato 45 mM, pH 8,3, EDTA 1mM) e coloração do gel pelo método com prata (BASSAM *et al.*, 1991).

5) Análise dos resultados

As bandas geradas pelo AFLP foram classificadas como 1- presença de banda e 0 - ausência de banda, gerando uma matriz binária a partir de bandas reproduzíveis e intensas. A matriz foi gerada com o auxílio do software *STATISTICA for Windows* (STATSOFT, 1995). Para o cálculo das distâncias genéticas utilizou-se o Método de Porcentagem de Desacordo (N'_{AB} / N_T , onde N'_{AB} é o número total de bandas polimórficas entre os genótipos comparados e N_T é o número total de bandas). Realizou-se, também, a análise de “cluster” pelo Método Não - ponderado de Agrupamento aos Pares (UPGMA), o qual agrupa, através de médias aritméticas, inicialmente indivíduos mais similares e assim sucessivamente, até os indivíduos ou grupos mais distantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As reações de amplificação com as dez combinações de primers AFLP geraram um total de 247 bandas informativas, das quais 89% evidenciaram polimorfismos (Fig. 1).

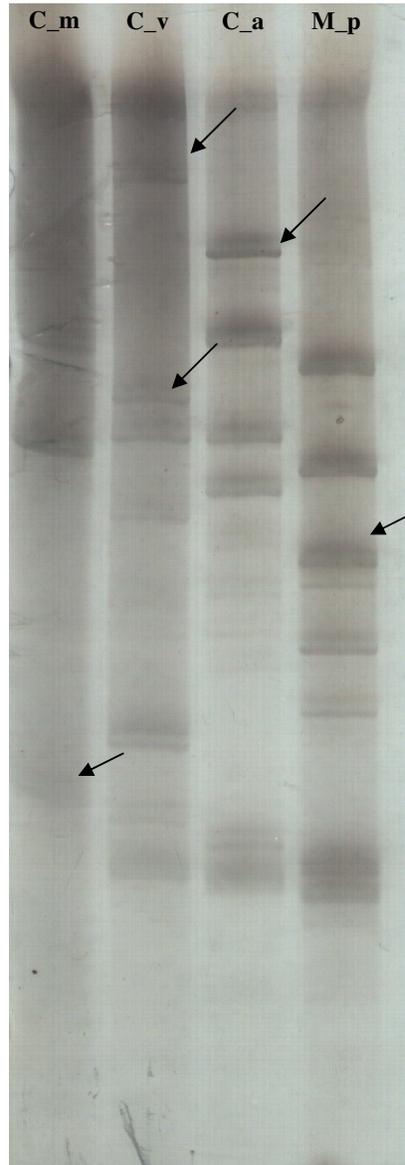


Figura 1 – Perfil eletroforético dos produtos amplificados da reação de AFLP, gerado pelas enzimas *Eco* RI e *Mse* I, utilizando a combinação dos primers E-ECT e M-CTA. **C_m** (*Camponotus melanoticus*), **C_v** (*C. vittatus*), **C_a** (*C. atriceps*), **M_p** (*Monomorium pharaonis*). Setas indicam exemplos de polimorfismos.

A distância genética por Porcentagem de Desacordo e UPGMA dividiu os genótipos do gênero *Camponotus* em dois grupos a nível 52% de divergência genética. As espécies *C. melanoticus* e *C. vittatus* formam o grupo mais próximo, apresentando 53% de similaridade genética (Fig. 2) enquanto que *C. atriceps* permaneceu-se isolada apresentando menor similaridade genética com as outras duas espécies.

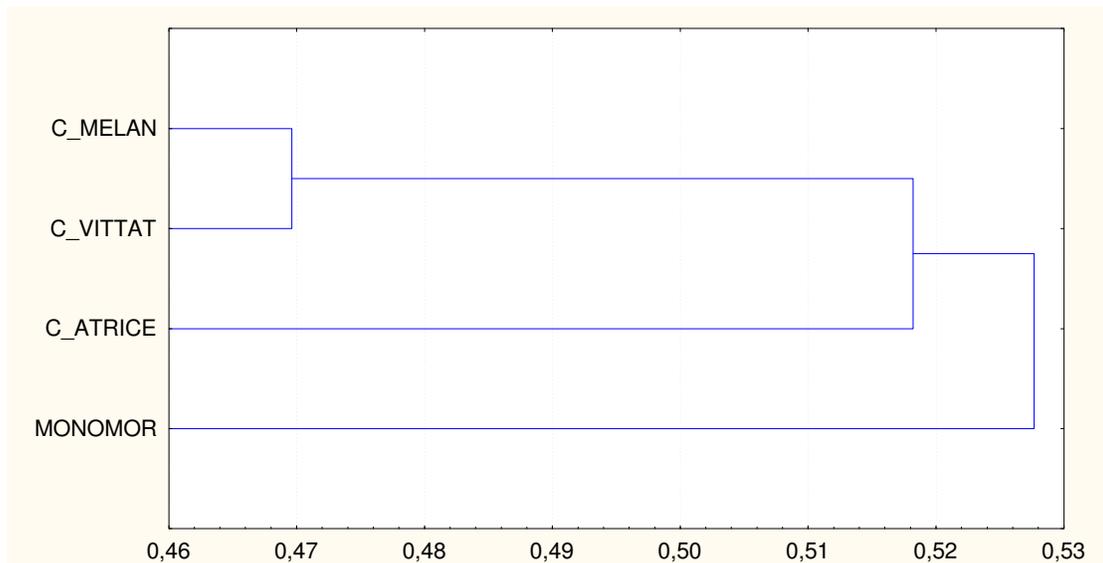


Figura 2 – Dendrograma representativo da distância genética por Porcentagem de Desacordo e agrupamento pelo método UPGMA entre os 4 genótipos (C_MELAN: *Camponotus melanoticus*, C_VITTAT: *C. vittatus*, C_ATRICE: *C. atriceps*, MONOMOR: *Monomorium pharaonis*) por meio de 247 marcadores de AFLP obtidos por 10 combinações primers Gibco BRL.

A diferenciação genética encontradas entre as espécies de *Camponotus* por meio dos marcadores AFLPs corroboraram com filogenia atual baseada nos caracteres morfológicos evidenciados nestas espécies para separá-las ou agrupá-las.

De acordo com a filogenia para Formicidae, baseada nas características morfológicas de a anatomia dos pêlos no escapo antenal, as formigas das espécies *C. melanoticus* e *C. vittatus* estão classificadas no mesmo subgênero *Tanaemyrmex*, apresentando pêlos mais curtos e deitados. Enquanto que, *C. atriceps* pertence ao subgênero *Myrmothrix*, juntamente com outras espécies *C. renggeri* e *C. rufipes*, que apresentam pêlos erguidos e em maior número

¹DELABIE, J. H. C. Comunicação pessoal via e-mail, 2004.

(DELABIE, 2004)¹. Grutzmacher e colaboradores (2003) verificaram por meio de marcadores moleculares RAPD e AFLP, que a espécie *Acromyrmex striatus* apresentou maior divergência genética com as demais espécies estudadas, indo ao encontro dados de caracteres morfológicos que ela apresenta como, estriação do corpo e ausência de espinhos supra-oculares, caracteres inexistentes nas outras espécies.

Várias pesquisas apontam à eficiência e a confiabilidade das técnicas moleculares para elucidar problemas de identificação e relações filogenéticas das formigas. Maracanas *et al.* (2001) através de marcadores de microssatélites, obtiveram a discriminação genética entre dois espécimes de formigas morfológicamente similares do Complexo *Camponotus ephippium*.

Estimando a divergência interespecífica de um grupo de formigas do gênero *Formica*, Goropashnaya *et al.* (2004) revelaram a recente especiação da espécie *Formica fuva* inferida pelas diferenças nas seqüências do DNA mitocondrial, relacionadas a fatores da organização social, exemplo a poliginia, como agente promotor dessa especiação.

Astruc e colaboradores (2004) solucionaram um ramo da filogenia Formicidae, verificando que as três subfamílias Dolichoderinae, Formicinae e Pseudomyrmecinae formam um grupo monofilético. Isto resultou da combinação de dados moleculares com características morfológicas definidas por Baroni Urbani *et al.* (1992).

Inúmeros trabalhos científicos demonstraram que os sistematas frequentemente haviam sido conservadores demais na designação de espécies, aceitando como variações intraespecíficas diferenças sutis que na verdade marcavam espécies diferentes (SOLÉ-CAVA, 2001).

A sistemática molecular certamente não substituirá os métodos descritivos criteriosos da sistemática clássica. No entanto, ela tem auxiliado na detecção de espécies crípticas (KNOWLTON, 2000) e poderá ser bastante útil na atribuição de categorias a táxons supra-específicos, podendo funcionar como base para criação de critérios universais que permitam dar a esses níveis algum sentido evolutivo (AVISE & JOHNS, 1999).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKRE, R. D. & HANSEN, L. D. Management of carpenter ants. In: VANDER MEER, R. K, JAFFE, K. & Cedeno, A. (Eds.) *Applied Myrmecology: A World Perspective*. Boulder: Westview Press, 1990. p. 691-700.

ASTRUC, C., JULIEN, J. F., ERRARD, C. & LENOIR, A. Phylogeny of ants (Formicidae) based on morphology and DNA sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 31, p. 880-893, 2004.

AVISE, J. C. & JOHNS, G. C. Proposal for a standardized temporal scheme of biological classification for extant species. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. v. 96, p. 7358-7363, 1999.

BARKER, J.H.A., MATTHES, M., ARNOLD, G.M., EDWARDS, K.J., AHMAN, I., LARSSON, S. & KARP, A. Characterization of genetic diversity in potential biomass willows (*Salix* spp.) by RAPD and AFLP analyses. *Genome*, v. 42, p.173-183, 1999.

BASSAM, B.J., CAETENO-ANOLLES, G. AND GRESSHOF, P.M. Fast and sensitive silver staining of DNA in polyacrylamide gels. *Annals of Biochemistry*, v. 196, p. 80-83, 1991.

BOLTON, B. *A new general catalogue of ants of the world*. London: Harvard University Press, 1995. 504 p.

BUENO, O. C. & CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Formigas Urbanas: comportamento das espécies que invadem as cidades brasileiras. *Vetores & Pragas*, Ano I n.12, p.13-16, 1998.

BUENO, O. C. & CAMPOS-FARINHA, A. E. C. As formigas domésticas. In: MARICONI, F. A. M. (Ed.) *Insetos e Outros Invasores de Residências*, Piracicaba: FEALQ, 1999a. v. 6,p. 135 -180.

BUENO, O. C. & CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Formigas Urbanas: estratégias de controle. *Vetores & Pragas*, Ano II n.5, p.5-7, 1999b.

BUSSELL, J. D., WAYCOTT, M. & CHAPPILL, J. A. Arbitrarily amplified DNA markers as characters for phylogenetic inference. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. IN PRESS. Disponível em: <www.sciencedirect.com> Acesso em: 20 nov. 2004.

CENIS, J. L. Aplicación de la técnica RAPD-PCR (ADN polimorfico ampliado al azar) a la identificación de insectos. *Investigation Agrária. Produccion y Proteccion Vegetales*, n 9, v. 2 p. 289-297. 1994.

FOWLER, H. G. Carpenter ants (*Camponotus* sp): pest status and human perception. In: VANDER MEER, R. K, JAFFE, K. & Cedeno, A. (Eds.) *Applied Myrmecology: A World Perspective*. Boulder: Westview Press,1990. p. 525-532.

GOROPASHNAYA, A. V., FEDOROV, V. B. & PAMILO, P. Recent speciation in the *Formica rufa* group ants (Hymenoptera, Formicidae): inference from mitochondrial DNA phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 32, p. 198-206, 2004.

GRUTZMACHER, D. D., LOECK, A. E., OLIVEIRA, A. C. & ZIMMER, P. D. Variabilidade genética intra e interespecífica em formigas do gênero *Acromyrmex* de diferentes localidades do estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003, Florianópolis, SC. *Anais*. Florianópolis: 2003. p.254-255.

HODKINSON, T.R., CHASE, M.W., RENVOIZE, S.A. Characterisation of a genetic resource collection for *Miscanthus* (Saccharinae, Andropogoneae, Poaceae) using AFLP and ISSR PCR. *Annals of Botany*, v. 89, p. 627–636, 2002.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. *The ants*. Massachusetts: Belknap Press of Harvard University, 1990. 732p.

JONES, N., OUGHAM, H. & THOMAS, H. Markers and mapping: we are all geneticists now. *New Phytologist*, v. 137, p. 165–177, 1997.

JESUS, T. C. L. *Divergência genética interpopulacional em Camponotus atriceps SMITH, 1858 (Hymenoptera, Formicidae)*. Uberlândia: 2003. 57p. [Monografia (Graduação) - Instituto de Genética e Bioquímica, Univ. Federal de Uberlândia].

KRAUSS, S. Complete exclusion of nonsires in an analysis of paternity in a natural plant population using amplified fragment length polymorphism (AFLP). *Molecular Ecology*, v. 8, p. 217–226, 1999.

KNOWLTON, N. Molecular genetic analyses of species boundaries in the sea. In: SOLÉ-CAVA, A. M., RUSSO, C. A. M. & THORPE, J. P. (Eds.). *Marine Genetics*. Amsterdam: Kluwer Academic Publisher, 2000. p.73-90.

MACARANAS, J. M., COLGAN, D. J., MAJOR, R. E., CASSIS, G. & GRAY, M. R. Species discrimination and population differentiation in ants using microsatellites. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 29, p. 125-136, 2001.

MARCOLINO, M. T., OLIVEIRA-JUNIOR, W. P. E BRANDEBURGO, M. A. M. Aspectos comportamentais da interação entre formigas *Camponotus atriceps* SMITH (Hymenoptera, Formicidae) e abelhas africanizadas *Apis mellifera* (L.) (Hymenoptera, Apidae). *Naturalia*, v. 25, p. 321-330, 2000.

MARCOLINO, M. T. *Formigas como vetor de bactérias nosocomiais em oito setores de risco do Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia*.

Uberlândia: 2004, 100p. [Tese (Doutorado) – Instituto de Genética e Bioquímica, Univ. Federal de Uberlândia].

MUELLER, U. G. & WOLFENBARGER, L. L. AFLP genotyping and fingerprinting. *Trends Ecol. Evol.*, v.14, p. 389–394, 1999.

NYBOM, H. Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants. *Molecular Ecology*, v. 13, p. 1143–1155, 2004.

PAXTON, R. J.; THRÉN, P. A.; TENGO, J.; ESTOUPA, P. A. & PAMILO, P. Mating structure and nestmate relatedness in a communal bee, *Adrena jacobii* (Hymenoptera: Adrenidae) using microsatellite. *Molecular Ecology*, v. 5, p. 511-519, 1996.

PEÇANHA, M. P. *Formigas como vetor de propagação bacteriana no Conjunto Hospitalar de Sorocaba – SP*. São Paulo: 2000. 110p. [Tese (Doutorado), UNESP, Univ. do Estado de São Paulo].

PERÉZ, F., ERAZO, C., ZHINAULA, M., VOLCKAERT, F. & CALDERÓN, J. A sex-specific linkage map of the white shrimp *Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei* based on AFLP markers. *Aquaculture*, v. 242, p. 105– 118, 2004.

SHOEMAKER, D.D., ROSS, K. G. & ARNOLD, M. L. Development of RAPD markers in two introduced fire ants, *Solenopsis invicta* and *S. richteri*, and their application to the study of a hybrid zone. *Molecular Ecology*, v. 3, p. 531-539, 1994.

SILVESTRE, R. *Estrutura de comunidades de formigas do Cerrado*. São Paulo: 2000. 216p. [Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras: Ribeirão Preto, São Paulo].

SOLÉ-CAVA, A. M. Biodiversidade molecular e genética da conservação. In: MATIOLI, S. R. (Ed.) *Biologia Molecular e Evolução*. Ribeirão Preto: Holos, 2001, p.172-192.

STATSOFT, Inc. STATISTICA for Windows [computer program manual]. Tulsa: StatSoft, Inc. (1995).

URBAN IPM. Urban Integrated Pest Management of the Arizona University. [online]. *Carpenter ants*. Disponível em: <www.urbanipm/insects/ants/carpenter/ants.htm> Acesso em: 17 nov. 2004.

VOS, P., HOGERS, R., BLEEKER, M., REIJANS, M., VAN DE LEE, T., HORNES, M., FRIJTERS, A., POT J., PELEMAN, J., KUIPER, M. & ZABEAU, M. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Res.* v. 23, p. 4407-4414, 1995.

WANG, Z. Y., TSOI, K. H. & CHU, K. H. Applications of AFLP technology in genetic and phylogenetic analysis of penaeid shrimp. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 32, p. 399–407, 2004.

WILSON, E. O. *The Insects Societies*. Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press, 1971. 697p.

CONCLUSÃO GERAL

Na cidade de Uberlândia (MG), a diversidade de formigas urbanas no interior das residências foi baixa quando comparado a levantamentos em outros locais, porém apresentou alto índice no número de indivíduos.

O gênero *Camponotus* foi o mais freqüente e com maior riqueza de espécies, destacando-se a espécie *C. vittatus*, a qual não consta em nenhum registro publicado sobre formigas urbanas.

Apesar do incômodo e prejuízo causado pelas formigas, a maioria dos moradores de Uberlândia (MG) é tolerante a sua presença, não utilizando nenhuma forma de controle.

Os marcadores moleculares AFLP permitiram diferenciar as espécies *Camponotus atriceps*, *C. melanoticus* e *C. vittatus*, as quais apresentam similaridades que dificultam sua identificação. A divergência genética entre *C. melanoticus* e *C. vittatus* foi de 47% e entre *C. atriceps* e as outras duas espécies, de 52%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKRE, R. D. & HANSEN, L. D. Management of carpenter ants. In: VANDER MEER, R. K, JAFFE, K. & Cedeno, A. (Eds.) *Applied Myrmecology: A World Perspective*. Boulder: Westview Press,1990. p. 691-700.

ASTRUC, C., JULIEN, J. F., ERRARD, C. & LENOIR, A. Phylogeny of ants (Formicidae) based on morphology and DNA sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 31, p. 880-893, 2004.

AVISE, J. C. & JOHNS, G. C. Proposal for a standardizes temporal scheme of biological classification for extant species. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. v. 96, p. 7358-7363, 1999.

BARKER, J.H.A., MATTHES, M., ARNOLD, G.M., EDWARDS, K.J., AHMAN, I., LARSSON, S. & KARP, A. Characterization of genetic diversity in potential biomass willows (*Salix* spp.) by RAPD and AFLP analyses. *Genome*, v. 42, p.173–183, 1999.

BASSAM, B.J., CAETENO-ANOLLES, G. AND GRESSHOF, P.M. Fast and sensitive silver staining of DNA in polyacrylamide gels. *Annals of Biochemistry*, v. 196, p. 80-83, 1991.

BOLTON, B. *A new general catalogue of ants of the world*. London: Harvard University Press, 1995. 504 p.

BUENO, O. C. & CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Formigas Urbanas: comportamento das espécies que invadem as cidades brasileiras. *Vetores & Pragas*, Ano I n.12, p.13-16, 1998.

BUENO, O. C. & CAMPOS-FARINHA, A. E. C. As formigas domésticas. In: MARICONI, F. A. M. (Ed.) *Insetos e Outros Invasores de Residências*, Piracicaba: FEALQ, 1999a. v. 6, p. 135 -180.

BUENO, O. C. & CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Formigas Urbanas: estratégias de controle. *Vetores & Pragas*, Ano II n.5, p.5-7, 1999b.

BUENO, O. C. & FOWLER, H. G. Exotic ants and native ant fauna of Brazilian hospital. In: Williams, D. F. (Ed.) *Exotic ants: biology, impact and control of introduce species*. Boulder: Westview press, 1994. p. 191-198.

BUSSELL, J. D., WAYCOTT, M. & CHAPPILL, J. A. Arbitrarily amplified DNA markers as characters for phylogenetic inference. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. IN PRESS. Disponível em: <www.sciencedirect.com> Acesso em: 20 nov. 2004.

CAETANO, F. H., JAFFÉ, K. & ZARA, F. J. *Formigas: biologia e anatomia*. Rio Claro: UNESP, 2002. 42 p.

CAMPOS-FARINHA, A. E. de C., BUENO, O. C., CAMPOS, M. C. G. & KATO, L. M. As formigas urbanas no Brasil: retrospecto. *Biológico*, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 129-133, 2002.

CAROL, C. R. & JANZEN, D. H. Ecology of foraging ants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, n. 4, p. 231-257, 1973.

CARPINTERO, S., REYES-LÓPEZ, J. & REYNA, L. A. de. Impact of human dwellings on the distribution of the exotic Argentine ant: a case study in the Doñana National Park, Spain. *Biological Conservation*, v. 115, p.279–289, 2003.

CASTRO, A. G. & QUEIROZ, M. V. B. Estrutura e organização de uma comunidade formigas em agroecossistemas neotropical. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, n. 16, p. 363-375, 1987.

CENIS, J. L. Aplicación de la técnica RAPD-PCR (ADN polimorfo ampliado al azar) a la identificación de insectos. Investigación Agrária. *Producción y Protección Vegetales*, n 9, v. 2 p. 289-297. 1994.

CLARK, T.E. & SAMWAYS, M.I. Sampling arthropod diversity for urban ecological landscaping in a species-rich southern hemisphere botanic garden. *Insect Conserv.* v. 1, p. 221-234. 1997.

DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C.; PACHECO, P. & CASIMIRO, A. B. Community structure of house-infesting ants (Hymenoptera: Formicinae) in Southern Bahia, Brazil. *Florida Entomologist*, v.78, n.2, p.264-267, 1995.

DIEHL – FLEIG, E. *Formigas: organização social e ecologia comportamental*. São Leopoldo: Unisinos, 1995. 168p.

DUARTE, Q. F.; VEIGA-FERREIRA, S. & MAYHE-NUNES, A. J. Formigas sinantrópicas do Instituto de Biologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Hymenoptera: Formicidae). In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003, Florianópolis, *Anais*. Florianópolis: 2003, p. 449 - 451.

ESQUIVEL, D. M. S., WAJNBERG, E. CERNICCHIARO, G. R. & ALVES, O. C. Comparative magnetic measurements of migratory ant and its only termite prey. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, v. 278, p. 117-121, 2004.

FOWLER, H. G. Carpenter ants (*Camponotus* sp): pest status and human perception. In: VANDER MEER, R. K, JAFFE, K. & Cedeno, A. (Eds.) *Applied Myrmecology: A World Perspective*. Boulder: Westview Press,1990. p. 525-532.

FOWLER, H. G., BERNARDI, J. V. & ROMAGNANO, L. F. di. Community structure and *Solenopsis invicta* in Sao Paulo. In: VANDER MEER, R. K, JAFFE, K. & Cedeno, A. (Eds.) *Applied Myrmecology: A World Perspective*. Boulder: Westview Press,1990. p.199-209.

FOWLER, H. G., FORTI, L.C., BRANDÃO, C. R. F., DELABIE, J. H. C. & VASCONCELOS, H. L. Ecologia nutricional de formigas. In: Panizzi, A. R. &

Parra, J. R. P. (Eds.) *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo: Manole, 1991. p. 131-223.

FOWLER, H. G.; BUENO, O. C.; SADATSUNE, T.; MONTELLI, A. Ants as potential vectors of pathogens in hospitals in the state of São Paulo, Brazil. *Insect. Sci. Applic.*, v.14, n 3, p.367-370, 1993.

FOWLER, H. G & BUENO, O. C. O avanço das formigas urbanas. *Ciência Hoje*, v. 23, n.123, p. 73-80, 1998.

GIRAUD, T., PEDERSEN, J. S. & KELLER, L. Evolution of supercolonies: the Argentine ants of southern Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, v. 99, p. 6075-6079, 2002.

GOROPASHNAYA, A. V., FEDOROV, V. B. & PAMILO, P. Recent speciation in the *Formica rufa* group ants (Hymenoptera, Formicidae): inference from mitochondrial DNA phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 32, p. 198-206, 2004.

GRUTZMACHER, D. D., LOECK, A. E., OLIVEIRA, A. C. & ZIMMER, P. D. Variabilidade genética intra e interespecífica em formigas do gênero *Acromyrmex* de diferentes localidades do estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003, Florianópolis, SC. *Anais*. Florianópolis: 2003. p.254-255.

HODKINSON, T.R., CHASE, M.W., RENVOIZE, S.A. Characterisation of a genetic resource collection for *Miscanthus* (Saccharinae, Andropogoneae, Poaceae) using AFLP and ISSR PCR. *Annals of Botany*, v. 89, p. 627–636, 2002.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. *The ants*. Massachusetts: Belknap Press of Harvard University, 1990. 732p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [on line]. Disponível em: <<http://www.uberlândia.mg.gov.br>> Acesso em: 10 jun. 2004.

IPINZA-REGLA, J., FIGUEROA, G. & OSORIO, J. *Iridomyrmex humilis*, “hormiga argentina”, como vector de infecciones intrahospitalarias. I. Estudio Bacteriologico. *Folia Entomol. Mex.*, v. 50, p.81-96, 1981.

JONES, N., OUGHAM, H. & THOMAS, H. Markers and mapping: we are all geneticists now. *New Phytologist*, v. 137, p. 165–177, 1997.

JESUS, T. C. L. *Divergência genética interpopulacional em Camponotus atriceps SMITH, 1858 (Hymenoptera, Formicidae)*. Uberlândia: 2003. 57p. [Monografia (Graduação) - Instituto de Genética e Bioquímica, Univ. Federal de Uberlândia].

KAMURA, C. M.; MORINI, M. S. C.; BUENO, O. C. & CAMPOS-FARINHA, A. E. Mirmecofauna de ambiente domiciliar e peridomiciliar da cidade de Mogi das Cruzes (SP). In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003, Florianópolis, SC. *Anais*. Florianópolis: 2003. p.445-457.

KING, J. R., ANDERSEN, A. N. & CUTTER, A. D. Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. *Biodiversity and Conservation*, v. 7, p.1627-1638, 1998.

KLOTZ, J. H., GREENBURG, L., AMRHEIN, C. & RUST, M. K. Toxicity and repellency of borate-sucrose water baits to Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). *J. Econ. Entomol.* v. 93, p.1256-1258, 2000.

KNIGHT, R. L. & RUST, M. K. The urban ants of California With distribution notes of imported species. *Southwestern Entomologist*, v.5, n. 2, p. 167-178, 1990.

KNOWLTON, N. Molecular genetic analyses of species boundaries in the sea. In: SOLÉ-CAVA, A. M., RUSSO, C. A. M. & THORPE, J. P. (Eds.). *Marine Genetics*. Amsterdam: Kluwer Academic Publisher, 2000. p.73-90.

KOEHLER, P. G., VAIL, K.M. & CASTNER, J. L. *Pests ants*. SP-119. Department of Entomology and Nematology, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1997. Disponível em: <<http://hammock.ifas.ufl.edu>> acesso em: 30 de janeiro 2004.

KOEHLER, P. G & OI, F. M. *Ants*. ENY-203. Department of Entomology and Nematology, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida., 2002. Disponível em:<<http://edis.ifas.ufl.edu>> acesso em: 30 janeiro 2004.

KRAUSS, S. Complete exclusion of nonsires in an analysis of paternity in a natural plant population using amplified fragment length polymorphism (AFLP). *Molecular Ecology*, v. 8, p. 217–226, 1999.

LOPES, M. da C. & SCHLINDWEIN, M. N. Avaliações preliminares da percepção sobre as formigas (Hymenoptera: Formicidae) em diferentes grupos da comunidade de São Félix do Araguaia – MT. In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003, Florianópolis, *Anais*. Florianópolis: 2003, p. 201-203.

LOUREIRO, M. C. & QUEIROZ, M. V. B. de. *Formigas de Viçosa Formicidae*. Viçosa: Ed. UFV, 1990. 106p.

MACARANAS, J. M., COLGAN, D. J., MAJOR, R. E., CASSIS, G. & GRAY, M. R. Species discrimination and population differentiation in ants using microsatellites. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 29, p. 125-136, 2001.

MAJER, J.D. & DELABIE, J.H.C. Comparision of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in Brazilian Amazon. *Insects Sociaux*, v. 41, p. 343-359, 1994.

MARCOLINO, M. T., OLIVEIRA-JUNIOR, W. P. E BRANDEBURGO, M. A. M. Aspectos comportamentais da interação entre formigas *Camponotus atriceps*

SMITH (Hymenoptera, Formicidae) e abelhas africanizadas *Apis mellifera* (L.) (Hymenoptera, Apidae). *Naturalia*, v. 25, p. 321-330, 2000.

MARCOLINO, M. T. *Formigas como vetor de bactérias nosocomiais em oito setores de risco do Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia*. Uberlândia: 2004, 100p. [Tese (Doutorado) – Instituto de Genética e Bioquímica, Univ. Federal de Uberlândia].

MARINHO, C.G. S., ZANETTI, R., DELABIE, J. H.C., SCHLINDWEIN, M. N. & RAMOS, L. de S. Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Serapilheira em Eucaliptais (Myrtaceae) e Área de Cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology*, v. 31, n. 2, p. 187-195, 2002.

MARTINS, L. C. B. Curiosidades sobre formigas. Disponível em: <<http://www.iesb.org.br/publicacoes/Agora%20Meio%20Ambiente%2012/curiosidades.htm>> Acesso em: 16 jul. 2003.

MAY, J.E. & HETERICK, B.E. Effects of the coastal brown ant *Pheidole megacephala* (Fabricius), on the ant fauna of the Perth metropolitan region, Western Australia. *Pacific Conservation Biology*, v.6, n.1, p.81-85, 2000.

McINTYRE, N.E. The ecology of urban arthropods: a review and a call to action. *Ann. Entomol. Soc. Am.* v. 93, p. 825-835, 2000.

McINTYRE, N.E., RANGO, J., FAGAN, W.F. & FAETH, S.H. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landscape and Urban Planning*, v. 52, p.257-274, 2001.

MIYAKI, C. Y., RUSSO, C. A. M. & PEREIRA, S. L. Reconstrução filogenética. Introdução e o método da máxima parcimônia. In: MATIOLI, S. R. (Ed.) *Biologia Molecular e Evolução*. Ribeirão Preto: Holos, 2001, p.97-107.

MUELLER, U. G. & WOLFENBARGER, L. L. AFLP genotyping and fingerprinting. *Trends Ecol. Evol.*, v.14, p. 389–394, 1999.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858, 2000.

NYBOM, H. Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants. *Molecular Ecology*, v. 13, p. 1143–1155, 2004.

ODUM, E. P. *Ecologia*. São Paulo: Interamericana, 1985. 434p.

OLIVEIRA, P. S. & MARQUIS, R. J. The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. New York: Columbia University Press, 2002. 398p.

PANIZZI, A. R. & PARRA, J. R. P. (Eds) *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo: Manole, 1991. 359p.

PASSERA, L. Characteristic of tramp species. In: WILLIAMS, D.F.(Ed.) *Exotic ant*. Boulder: Westview Press, 1994. p. 23-43.

PAXTON, R. J.; THRÉN, P. A.; TENGO, J.; ESTOUPA, P. A. & PAMILO, P. Mating structure and nestmate relatedness in a communal bee, *Adrena jacobii* (Hymenoptera: Adrenidae) using microsatellite. *Molecular Ecology*, v. 5, p. 511-519, 1996.

PEÇANHA, M. P. *Formigas como vetor de propagação bacteriana no Conjunto Hospitalar de Sorocaba – SP*. São Paulo: 2000. 110p. [Tese (Doutorado), UNESP, Univ. do Estado de São Paulo].

PERÉZ, F., ERAZO, C., ZHINAULA, M., VOLCKAERT, F. & CALDERÓN, J. A sex-specific linkage map of the white shrimp *Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei* based on AFLP markers. *Aquaculture*, v. 242, p. 105– 118, 2004.

PORTER, S. D., FOWLER, H. G. & MCKAY, W. P. Fire ant mound densities in the United States and Brazil (Hymenoptera: Formicidae). *J. Econ. Entomol.*, v. 85, p.1154-1161, 1992.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma do cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. (Eds.) *Cerrado: ambiente e flora*. EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-152.

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 501p.

ROSA, T. A., SOARES, N. S., ALMEIDA, L. O., MARCOLINO, M. T. & BONETTI, A. M. Proposta de um modelo de isca-armadilha para captura de formigas urbanas. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 17., 2004, São Paulo. Resumos. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo [CD-ROM], v. 71 supl., 2004. Resumo 146.

ROSS, K.G., KRIEGER, M.J.B., SHOEMAKER, D.D.W., VARGO, E.L. & KELLER, L. Hierarchical analysis of genetic structure in native ant populations: results from three classes of molecular markers. *Genetics*, v. 147, p. 643-655, 1997.

SANTOS, G. M. de M. & MARQUES, O. M. Análise faunística de comunidades de formigas epigéias (Hymenoptera – Formicidae) em dois agroecossistemas em Cruz das Almas, Bahia. *Insecta*, n. 5, p. 1-23, 1996.

SANTOS, A. L. "*Moth flies* " *Telmatoscopus albipunctatus* Williston, 1893 (Diptera: Psychodidae) como possíveis bioindicadores de saúde pública em Uberlândia, Minas Gerais. Uberlândia: 2003. 22p. [Monografia (Graduação) - Instituto de Genética e Bioquímica, Univ. Federal de Uberlândia].

SILVA, E. J. E. & LOECK, A. E. Ocorrência de formigas domiciliares (Hymenoptera, Formicidae) em Pelotas, RS. *Rev. Bras. de Agrociência*, v. 5, n. 3, p.220–224,1999.

SILVESTRE, R. *Estrutura de comunidades de formigas do Cerrado*. São Paulo: 2000. 216p. [Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras: Ribeirão Preto, São Paulo].

SEPPA, P. & PAMILO, P. Gene flow and population viscosity in *Myrmica* ants. *Heredity*, v. 74, p. 200-209, 1995.

SHOEMAKER, D.D., ROSS, K. G. & ARNOLD, M. L. Development of RAPD markers in two introduced fire ants, *Solenopsis invicta* and *S. richteri*, and their application to the study of a hybrid zone. *Molecular Ecology*, v. 3, p. 531-539, 1994.

SLOWIK, T. J., THORVILSON, H. G. & GREEN, B. L. Red Imported Fire Ant (Hymenoptera: Formicidae) Response to Current and Conductive Material of Active Electrical Equipment. *J. Econ. Entomol.*, v. 89, p. 347-352, 1996.

SOUZA, A. L., LEAL, A. M. B., AHNERT, D. & DELABIE, J. H. C. Polimorfismo e diferenciação genética entre duas espécies de *Wasmannia* (Hymenoptera: Formicidae), estudadas por meio de RAPD. In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16, 2003, Florianópolis, SC. *Anais*. Florianópolis: 2003. p.261-263.

SOLÉ-CAVA, A. M. Biodiversidade molecular e genética da conservação. In: MATIOLI, S. R. (Ed.) *Biologia Molecular e Evolução*. Ribeirão Preto: Holos, 2001, p.172-192.

STATSOFT, Inc. STATISTICA for Windows [computer program manual]. Tulsa: StatSoft, Inc. (1995).

SUAREZ, A. V.; HOLWAY, D. A. & CASE, T. J. Patterns of spread in biological invasions dominated by long-distance jump dispersal: insights from Argentine ants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, v. 98, p. 1095-1100, 2001.

SUNDSTRÖM, L. Genetic population structure and sociogenetic organisation in *Formica truncorum* (Hymenoptera; Formicidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, v. 33, p. 345-354, 1993.

TSUTSUI, N. D., SUAREZ, A. V. & GROSBERG, R. K. Genetic diversity, asymmetrical aggression, and recognition in a widespread invasive species. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, v. 100, p. 1078-1083. 2003.

UNFPA. United Nations Population: [online] Disponível em: <[http://www.fnuap.org.br/ESTRUT/SERV/arquivos/tendencias da populacao mundial.htm](http://www.fnuap.org.br/ESTRUT/SERV/arquivos/tendencias_da_populacao_mundial.htm)> Acesso em: 28 jan. 2004.

URBAN IPM. Urban Integrated Pest Management of the Arizona University. [online]. *Carpenter ants*. Disponível em: <www.urbanipm/insects/ants/carpenter/ants.htm> Acesso em: 17 nov. 2004.

VITOUSEK, P.M., MOONEY, H.A., LUBCHENCO, I. & MELILLO, I. Human domination of Earth's ecosystem. *Science*, v. 277, p. 494-499, 1997.

VOS, P., HOGERS, R., BLEEKER, M., REIJANS, M., VAN DE LEE, T., HORNES, M., FRIJTERS, A., POT J., PELEMAN, J., KUIPER, M. & ZABEAU, M. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Res.* v. 23, p. 4407-4414, 1995.

ZARZUELA, M. F. M; RIBEIRO, M. C. C. & CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Distribuição de formigas urbanas em um hospital da região Sudeste do Brasil. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v. 69, n. 1, p. 85-87, 2002.

WANG, Z. Y., TSOI, K. H. & CHU, K. H. Applications of AFLP technology in genetic and phylogenetic analysis of penaeid shrimp. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 32, p. 399–407, 2004.

WILSON, E. O. *The Insects Societies*. Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press, 1971. 697p.

WILSON, E.O. Which are the most prevalent ant genera? *Studia Entomologica*, v. 19, p. 187-200, 1976.

WILSON, E. O. Causes of ecological success: the case of the ants. *J. Anim. Ecol.*, v. 56, p. 1-9, 1987.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)