Estudos cariotípicos de algumas espécies neotropicais de *Camponotus* Mayr (Hymenoptera, Formicidae)

C. S. F. Mariano [1]
S. G. Pompolo [2]
J. H. C. Delabie [3]
L. A. O. Campos [4]

Abstract. Karyotypic studies on some Neotropical species of *Camponotus* Mayr (Hymenoptera, Formicidae). The karyotypes of seven species of ant genus *Camponotus*, collected in Brazil, at Ilhéus (Bahia) and Viçosa (Minas Gerais), have been studied. An analysis of the chromosomes observed in mitotic metaphases pointed out similarities among the karyotypes of different species and subgenus and chromosomal alterations in three of the species. The karyotypes of six species (2n=40) showed most of the chromosomes acrocentric (*C. rufipes*, *C. atriceps*, *C. balzani*, *C. cingulatus*, *C. sericeiventris*, *C.* **sp**.) and, in five of them the karyotypes were constituted by two pairs of chromosome M and 18 pairs of chromosome A (*C. rufipes*, *C. atriceps*, *C. cingulatus*, *C. sericeiventris*, *C.* **sp**.). One species, *C. crassus*, showed 2n=20 chromosomes. B chromosomes were found in *Camponotus* **sp**. The results were compared with available information on karyotypes of other species of *Camponotus*.

Keywords. Ant; *Camponotus*; chromosome; cytogenetic; karyotype.

INTRODUÇÃO

Entre os Formicidae, *Camponotus* Mayr, 1866 é considerado o segundo gênero mais diverso em espécies da Região Neotropical (Kempf 1972) e do mundo (Wilson 1976; Bolton 1994) e o mais rico em espécies da subfamília Formicinae. É um gênero cosmopolita, com 930 espécies descritas, agrupadas em 46 subgêneros (Bolton 1995; Brady *et al.* 1999), sendo 17 destes neotropicais (Kempf 1972). As espécies deste gênero possuem ampla distribuição geográfica e dominam, numericamente, os ecossistemas terrestres das regiões tropicais. São formigas que constróem ninhos das mais variadas formas: em galhos e troncos ocos de árvores, em bulbos de Orchidaceae, epífitas, cartão vegetal e, também , em montes de matéria orgânica e embaixo de pedras (Baroni-Urbani 1989; Hölldobler & Wilson 1990; Delabie *et al.* 1991). A taxonomia dessas formigas é extremamente complexa e não há revisões recentes que permitam identificações seguras das espécies neotropicais, a não ser de poucos subgêneros, tais como *Myrmothrix* (Hashmi 1973) e *Myrmostenus* (MacKay 1997). Além disso, a situação do gênero se complicou, recentemente, quando alguns autores colocaram em dúvida o monofiletismo de *Camponotus* (Brady *et al.* 1999).

Uma importante ferramenta para estudos evolutivos é a análise citotaxonômica, principalmente pelo fato de que os cromossomos são constituídos em grande parte pelo próprio material genético (DNA) e, portanto, alterações desse material são quase sempre significativas para o rumo evolutivo das espécies (White 1973).

Os formicídeos, com centenas de espécies cariotipadas e grande número dessas espécies apresentando variações numérica e estrutural, é a família de insetos mais conhecida citogeneticamente, com a maior variação no número haplóide de cromossomos da ordem Hymenoptera (os extremos sendo n=1 em *Myrmecia croslandi* Taylor [Crosland & Crozier 1986; Imai & Taylor 1989] a n=47, em *Nothomyrmecia macrops* Clark [Imai *et al.*, 1990], ambas da Austrália). Na região Neotropical, onde as formigas foram ainda pouco estudadas, os dados citogenéticos existentes dizem respeito a 13 espécies do Uruguai (Goñi *et al.* 1983), enquanto no Brasil há somente informações sobre espécies da tribo *Attini* (Fadini & Pompolo 1996; Santos-Colares *et al.* 1997) e duas espécies de Ponerinae do gênero *Pachycondyla* (Mariano *et al.* 1999).

Das 930 espécies descritas de *Camponotus*, 50 já foram estudadas citogeneticamente, o que corresponde a aproximadamente 5% das espécies descritas no gênero. Dessas

1. Departamento de Biologia Animal/Entomologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa-MG, Brasil. Endereço eletrônico: cmariano@alunos.ufv.br
2. Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa-MG, Brasil. Endereço eletrônico: spompolo@ufv.br
3. Unidade de Pesquisa Associada Laboratório de Mirmecologia. Convênio UESC/CEPLAC CP7. 45660-000 Itabuna-BA, Brasil. Endereço eletrônico: delabie@nuxnet.com.br
4. Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa-MG, Brasil. Endereço eletrônico: lcampos@ufv.br

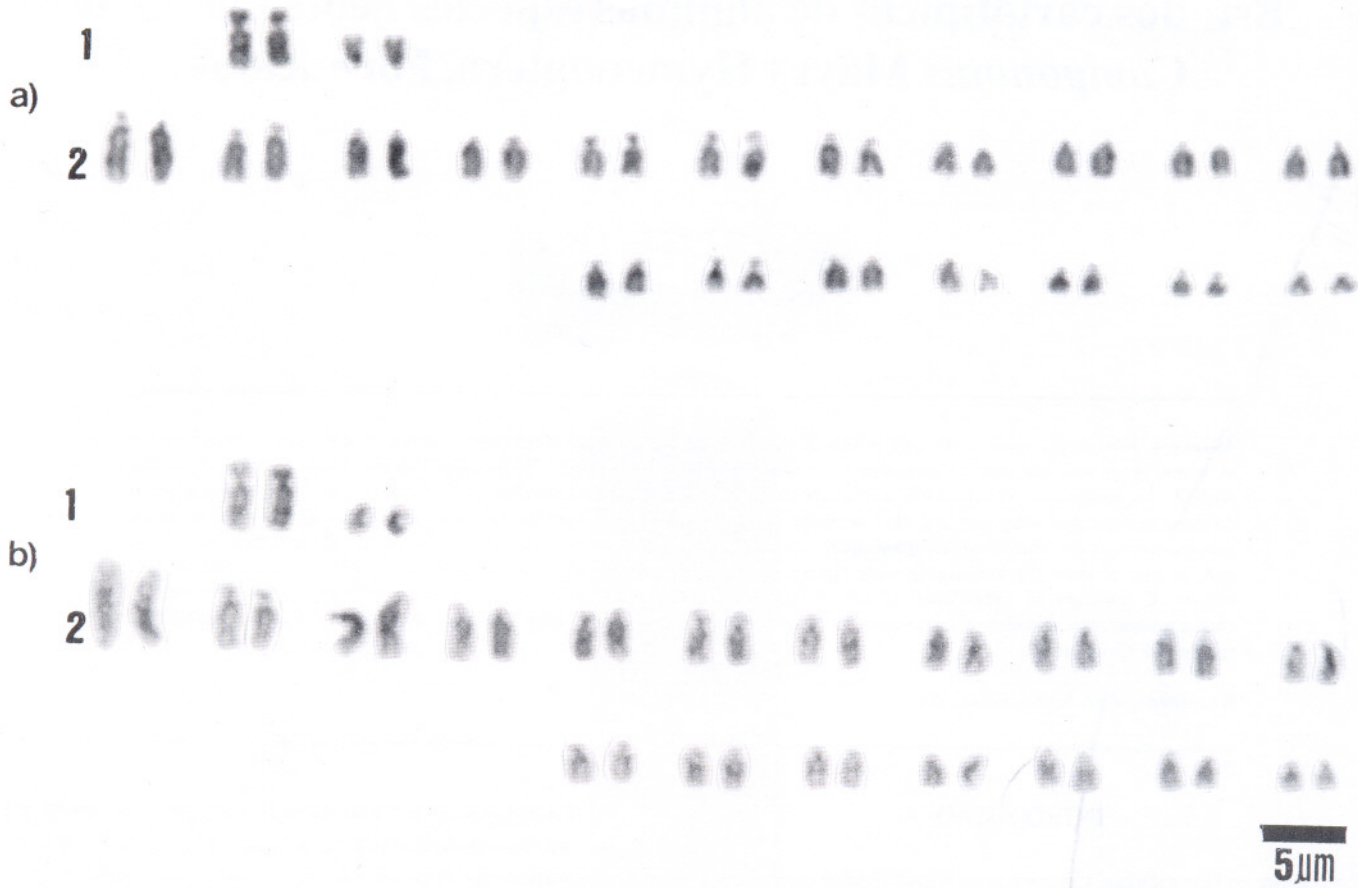

Fig. 1. Cariótipos de *Camponotus (Myrmothrix) rufipes*. a) Fêmea, 2n=39; Barra indica par polimórfico. b) Fêmea, 2n=40. Os pares marcados, provavelmente, sofreram alterações cromossômicas. 1=Grupo 1; 2=Grupo 2.

50 espécies estudadas, apenas 35 foram identificadas, enquanto 38 delas têm a morfologia dos cromossomos conhecida.

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar o cariótipo de diferentes espécies de alguns subgêneros de *Camponotus*, provenientes de Ilhéus (Bahia) e Viçosa (Minas Gerais), avaliando também as possíveis variações cromossômicas encontradas entre subgêneros e entre espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

Dezenove colônias de sete espécies de *Camponotus* foram coletadas no Campus da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa - Minas Gerais, e na Reserva Zoobotânica e em campos experimentais do CEPEC/CEPLAC, Ilhéus – Bahia. As espécies foram as seguintes:

C. (Myrmothrix) rufipes (Fabricius 1775), *C. (Myrmothrix) atriceps* (Fr. Smith, 1858), *C. (Myrmothrix) cingulatus* Mayr, 1862, *C. (Tanaemyrmex) balzani* (Emery, 1894), *C. (Myrmobrachys) crassus* Mayr, 1862, *Camponotus (Myrmobrachys)* **sp.** e *C. (Myrmepomis) sericeiventris* (Guérin-Méneville, 1838).

As lâminas foram preparadas utilizando-se gânglios cerebrais de operárias e machos em estágio de prépupas, de acordo com a técnica de Imai *et al.* (1988), dissecadas em solução hipotônica contendo colchicina a 0,005%.

Os cromossomos foram classificados em dois grupos, segundo as características morfológicas descritas em Imai (1991). Grupo 1: M (cromossomo denominado metacêntrico) e grupo 2: A (cromossomo denominado de acrocêntrico).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de cromossomos variou de 2n = 20 a 40. Das sete espécies estudadas, três apresentaram cariótipos com alterações cromossômicas: Cromossomos Supranumerários, Rearranjos Robertsonianos e Inversões Pericêntricas

Subgênero *Myrmothrix* Forel, 1912

Camponotus (Myrmothrix) rufipes – Um número de 61 indivíduos diplóides foram analisados de seis colônias coletadas em Viçosa. Duas formas cariotípicas foram encontradas: 2n= 39

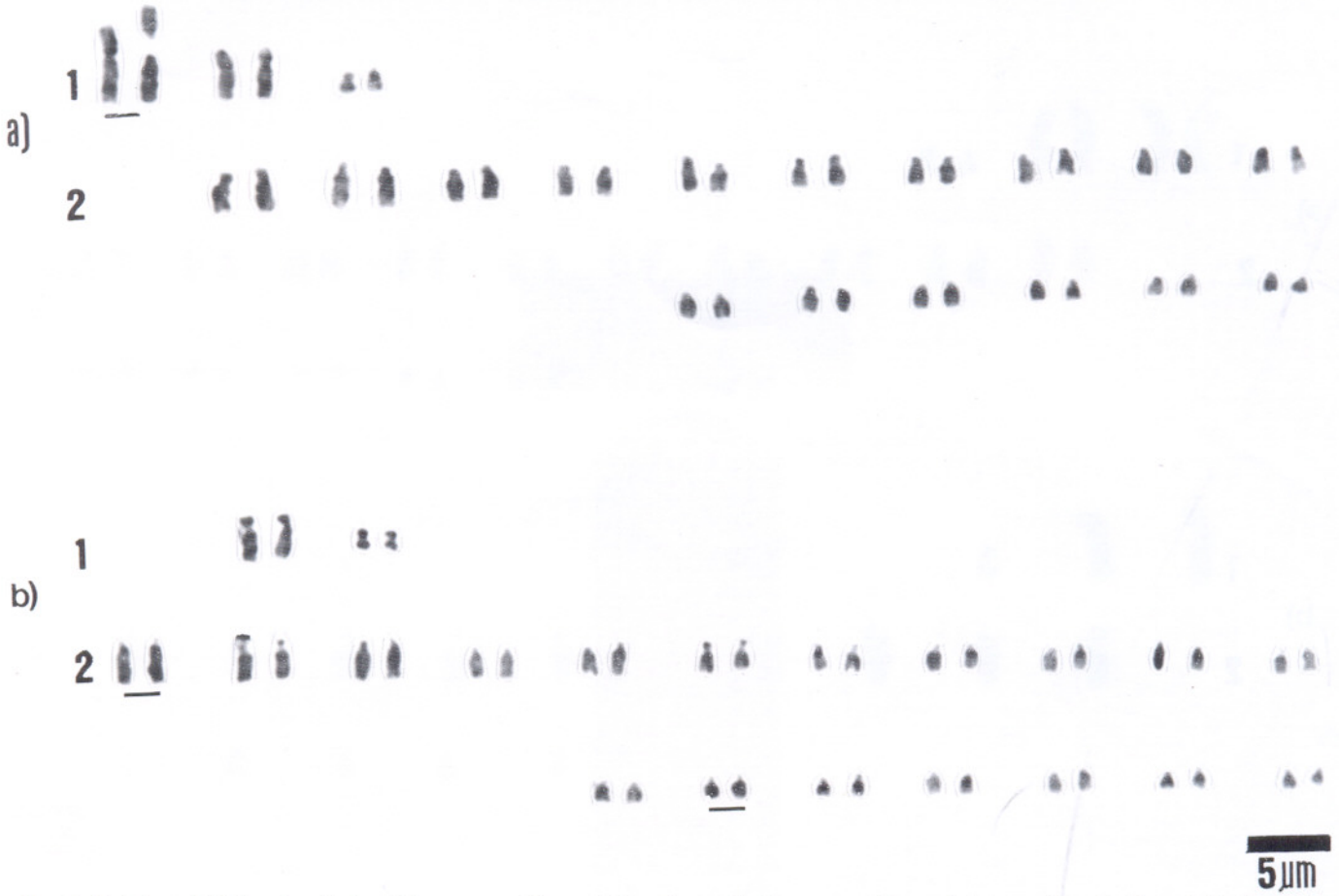

Fig. 2. Cariótipos diplóides, 2n=40, de a) *Camponotus (Myrmothrix) atriceps*; b) *Camponotus (Myrmothrix) cingulatus*. 1=Grupo 1; 2=Grupo 2.

e 2n=40 (Fig. 1).

Em duas colônias todos os indivíduos analisados apresentaram cariótipo 2n=39 (Fig. 1a). A característica deste cariótipo (3M + 36A) é a presença de um cromossomo M grande.

O cariótipo 2n=40, por sua vez, é composto por 4M + 36A (Fig. 1b). Três das colônias analisadas apresentaram indivíduos com cariótipo 2n=40. Em apenas uma das colônias foi registrada a presença dos dois cariótipos, 2n=39 e 2n=40, mas com predominância do 2n=40. Nessa colônia, a variação observada foi apenas interindividual, ou seja, nenhum dos 61 indivíduos apresentou mosaicismo com relação a esses dois cariótipos. Nos estudos feitos por Goñi *et al.* (1983) em formigas do Uruguai, não foi observada nenhuma alteração cromossômica e o cariótipo encontrado para *C. rufipes* foi 2n=40, a forma que predominou nos resultados encontrados neste estudo.

Apesar dessa variação numérica encontrada nas colônias de *C. rufipes*, não foi observada diferença no número de braços cromossômicos, o que evidencia a ocorrência de rearranjo Robertsoniano, apresentando as colônias com 2n=39 um hereromorfismo para o cromossomo metacêntrico. Imai *et al.* (1977, 1988) encontraram a predominância deste tipo de polimorfismo em espécies de formigas que apresentavam n>12 cromossomos.

Para explicar esse polimorfismo, duas hipotéses foram levantadas: fissão e fusão cêntricas. Uma alteração como a fissão pode ter acontecido em um dos homólogos do cromossomo M, num suposto cariótipo ancestral 2n=38, originando a forma intermediária 2n=39, ou dois cromossomos M sofreriam fissões originando 2n=40. A ocorrência de fusão cêntrica levaria a considerar como ancestral, um cariótipo 2n=40, e a fusão teria acontecido em cromossomos acrocêntricos, originando cariótipos 2n=39. Nos resultados obtidos, a forma 2n=39 foi encontrada em 36% dos indivíduos analisados. Devido à limitação da área da coleta e do número de colônias, não se pode ainda afirmar se esta proporção foi causada por uma adaptação recente ou se, quando amostradas outras localidades, essa frequência poderia ser alterada.

Camponotus atriceps Fr. Smith – De uma colônia coletada em Ilhéus, 11 indivíduos foram analisados (1 macho e 10 fêmeas). Esta espécie apresentou cariótipo diplóide, 2n=40, haplóide, n=20. A fórmula cariotípica diplóide foi 4 M + 36 A (Fig. 2a).

Camponotus cingulatus Mayr – Duas colônias oriundas de Ilhéus tiveram 20 fêmeas analisadas. Cariótipo diplóide 2n=40, com 4M + 36A (Fig. 2b). Este cariótipo foi semelhante ao encontrado em *C. (Myrmothrix) atriceps*.

Fig. 5. Cariótipos diplóides de *Camponotus (Myrmobrachys)* **sp.**, 2n=40. Barras indicam cromossomos supranumerários (B), variando em nº de 1, 2 ou 3. a) 2n=40 + 1B; b) 2N=40 + 2B; c) 2n=40 + 3B. 1=Grupo 1; 2=Grupo 2.

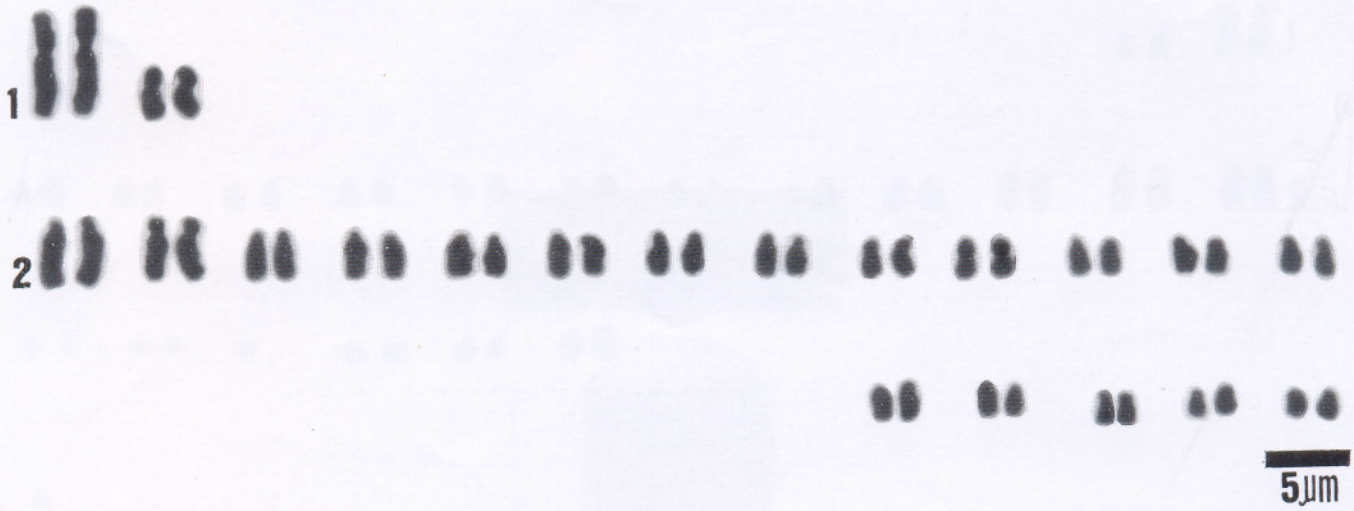

Fig. 6. Cariótipo diplóide de *Camponotus (Myrmepommis) sericeiventris*, 2n=40. 1=Grupo 1, 2=Grupo 2.

Subgênero *Tanaemyrmex* Ashmead, 1905

Camponotus (Tanaemyrmex) balzani – De quatro colônias oriundas de Ilhéus, 19 indivíduos foram analisados: 12 machos e 7 fêmeas. O cariótipo diplóide foi 2n=40, o haplóide, n=20 (Fig. 3). O cariótipo diplóide compõe-se de 6 cromossomos do tipo M e 34 do tipo A, apresentando uma inversão pericêntrica AM (A?M) no par 1. Essa espécie apresenta alguns caracteres morfológicos similares aos das espécies do subgênero *Myrmothrix*, sendo duvidosa a sua classificação em *Tanaemyrmex* (Delabie, comunicação pessoal).

Subgênero *Myrmobrachys* Forel, 1912

Camponotus (Myrmobrachys) crassus – Quatro colônias estudadas, coletadas em Viçosa e Ilhéus. Os 50 indivíduos analisados (27 fêmeas e 23 machos) apresentaram cariótipos diplóides 2n = 20 e haplóides n=10 (Fig. 4). Nesta espécie, todos os cromossomos foram do tipo M, com pouca variação no tamanho. Cariótipos semelhantes foram descritos nas espécies com 2n=20, tais como em *C. (Myrmosericus) dolendus, C. (Tanaemyrmex) mitis, Camponotus* **sp.** 10 (Imai *et al.* 1984) e *Camponotus* **sp.** 13 (Imai *et al.* 1977).

Camponotus (Myrmobrachys) **sp.**- Uma única colônia, oriunda de Ilhéus, foi estudada. Onze indivíduos diplóides foram analisados e seis apresentaram variação cromossômica numérica. O cariótipo diplóde, composto de 4M + 36A + 1, 2, 3 B, variou de 2n = 41 a 43 (Fig. 5) devido à presença de 1, 2 ou 3 pequenos cromossomos supranumerários. Nessa espécie, as variações cariotípicas encontradas confirmam que estes cromossomos são supranumerários pela forma, tamanho e variação que apresentam. A variação encontrada nas células analisadas foi intraindividual, o que leva a determinar, para essa espécie, um cariótipo diplóide de 2n=40. A ocorrência de cromossomos B em populações naturais não é rara, sendo descrita na literatura em vespas (Araújo *et al.* 2001), em vegetais (Guerra 1988) e tendo também estudos sobre sua origem e evolução (Camacho *et al.* 2000). Na maioria dos casos estudados, os cromossomos B não seguem as leis mendelianas, apresentando instabilidade segregacional tanto na mitose quanto na meiose. Este fato leva à variação numérica intrapopulacional e mesmo entre tecidos ou células de um mesmo indivíduo. Como fêmeas de formigas geralmente são poliândricas (Crozier & Pamilo 1996), indivíduos de uma mesma colônia podem ser filhos de pais diferentes, o que também pode explicar a variação intraindividual encontrada. Em formigas, cromossomos B já foram descritos em gêneros das subfamílias Formicinae e Myrmicinae, e a variação ocorreu tanto intraindividualmente quanto em populações de uma mesma espécie (Imai 1974; Crozier; 1975, Imai *et al.* 1977, 1984; Palomeque *et al.* 1987, 1990; Lorite *et al.* 2000).

Subgênero *Myrmepomis* Forel, 1912

Camponotus (Myrmepomis) sericeiventris - Esta é a única espécie representante do subgênero. De uma colônia coletada em Viçosa foram analisadas 10 fêmeas. O cariótipo diplóide de 2n = 40 é composto por 4 M + 36 A (Fig. 6).

CONCLUSÕES

O estudo dos cariótipos de espécies de *Camponotus* indicou semelhanças cariotípicas entre espécies e subgêneros diferentes, e revelou alterações cromossômicas em *C. (Myrmothrix) rufipes, Camponotus (Myrmobrachys)* **sp.** e *C.*

Tabela 1. Espécies Neotropicais de *Camponotus* estudadas citogeneticamente

SUBGÊNERO	ESPÉCIE	2n	FÓRMULA CARIOTÍPICA	REFERÊNCIAS
Myrmothrix	*C. atriceps*	40	4 M + 36 A	Presente trabalho
	C. cingulatus	40	4 M + 36 A	Presente trabalho
	C. punctatus	40	4 M + 36 A	Goñi *et al.* 1983
	C. rufipes	40	4 M + 36 A	Goñi *et al.* 1983
	C. rufipes	39, 40	5 M + 34 A 4 M + 36 A	Presente trabalho
Tanaemyrmex	*C. balzani*	40	6 M + 34 A	Presente trabalho
	C. bonariensis	40	4 M + 16 A	Goñi *et al.* 1983
Myrmobrachys	*C. crassus*	20	20 M	Presente trabalho
	C. mus	26	8 M + 18 A	Goñi *et al.* 1983
	Camponotus **sp.**	40 + 1, 2 ou 3 B	4 M + 36 A	Presente trabalho
Myrmepomis	*C. sericeiventris*	40	4 M + 36 A	Presente trabalho

M= Metacêntrico, A= Acrocêntrico, B= Supranumerário

(Tanaemyrmex) balzani.

Entre as espécies estudadas, seis apresentam cariótipos com a maioria dos cromossomos acrocêntricos (A), e em cinco dessas espécies, com os cariótipos compostos por 4 M + 36 A.

Espécies de diferentes subgêneros de *Camponotus* apresentam cariótipos diplóides 2n=40 com dois, três ou quatro pares de cromossomos M. Essa variação no número de cromossomos do tipo M pode ter sido ocasionada por inversões pericêntricas do tipo AM (A?M). Esse tipo de rearranjo acontece freqüentemente nos cariótipos de formicídeos (Imai *et al.* 1994).

Todas as informações relativas a cariótipos de espécies de *Camponotus* neotropicais estão disponíveis na Tabela 1. A análise dessas informações revela agrupamentos que aparecem no subgênero *Myrmothrix*, onde todas as espécies estudadas apresentam cariótipos diplóides com 2n=40 cromossomos. Quando se comparam as informações relativas às espécies de *Camponotus* de diferentes regiões geográficas, observam-se também agrupamentos em outros subgêneros e muita heterogeneidade cariotípica em *Tanaemyrmex*, subgênero composto por espécies que, inicialmente, eram incluídas nos subgêneros *Dinomyrmex, Myrmothrix, Myrmaphaenus, Myrmophyma, Orthonotomyrmex, Myrmamblys* e *Pseudocolobopsis* (Emery 1920), reforçando a idéia de que este subgênero é formado pela justaposição de vários grupos de *Camponotus* convergentes morfologicamente e possivelmente aparentados.

Agradecimentos. À CAPES, pelo suporte financeiro. À José Estevão Domingos, da Universidade Federal de Viçosa, e ao CEPEC/CEPLAC (José Raimundo Maia dos Santos e José Crispim Soares do Carmo) pelo auxílio nas coletas.

REFERÊNCIAS

Araújo, S. M. R. S.; S. G. Pompolo; F. Perfectti & J. P. M. Camacho. 2001. Integration of a B chromosome into the A genome of a wasp. **Proceedings of the Royal Society of London B 268**: 1127-1131.

Baroni-Urbani, C. 1989. Phylogeny and behavioural evolution in ants, with a discussion of the role of behaviour in evolutionary processess. **Ethology Ecology & Evolution 1**: 137-168.

Bolton, B. 1994. **Identification guide to the ant genera of the World**. Cambridge, Harvard University Press, 222 p.

Bolton, B. 1995. **A new general catalogue of the ants of the World**. Cambridge, Harvard University Press. London, 504 p.

Brady, S.G.; J. Gadau & P. S. Ward. 1999. Is the ant genus *Camponotus* paraphyletic? *In*: **4th International Hymenopterists Conference.** Program and abstracts. Canberra, Australia, 96 p.

Camacho, J. P. M.; T. F. Sharbel & L. W. Beukeboom. 2000. B- chromosome evolution. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 355**: 163-178.

Crosland, M. W. J. & R. H. Crozier. 1986. *Myrmecia pilosula*, an ant with only one pair of chromosome. **Science 231**: 1278.

Crozier, R. H. & P. Pamilo. 1996. **Evolution of social insect colonies. Sex allocation and kin selection**. New York, Oxford Series in Ecology and Evolution, Oxford University Press, 306 p.

Crozier, R. H. 1975. Hymenoptera. *In:* B. John (Edit.). **Animal Cytogenetics 3. Insecta 7.** Berlin, Grebrüder Borntraeger, 95p.

Delabie, J. H. C; F. P. Benton & M. A. Medeiros. 1991. La polydomie de Formicidae arboricoles dans les cacaoyères du Brésil: optimisation de l'occupation de l'espace ou stratégie défensive ? **Actes Colloques Insectes Sociaux 7**: 173-178.

Fadini, M. A. M. & S. G. Pompolo. 1996. Cytogenetics of some ant species of the tribe *Attini* (Hymenoptera, Formicidae) from the region of

Viçosa, MG. **Brazilian Journal of Genetics 19**: 53-55.

EMERY, C. 1920. Le Genre "*Camponotus*" Mayr. Nouvel essai de sa subdivision en sous-genre. **Revue de Zoologie Africaine 8**: 229-260.

GOÑI, B.; L. C. DE ZOLESSI & H. T. IMAI. 1983. Karyotypes of thirteen ant species from Uruguay (Hymenoptera, Formicidae). **Caryologia 36**: 363-371.

GUERRA, M. S. 1988. **Introdução à citogenética geral**. Rio de Janeiro, Guanabara, 142 p.

HASHMI, A. A. 1973. A revision of the Neotropical ant subgenus *Myrmothrix* of genus *Camponotus*. **Studia Entomologica** (N. S.) **16**: 1-140.

HÖLLDOBLER, B. & E .O. WILSON. 1990. **The ants**. Cambridge, Harvard University Press, 732p.

IMAI, H. T. 1991. Mutability of constitutive heterochromatin (C-bands) during eukaryotic evolution and their cytological meaning. **Japanese Journal of Genetics 66**: 635-661.

IMAI, H. T.; R. H. CROZIER & R. W. TAYLOR. 1977. Karyotype evolution in Australian ants. **Chromosoma 59**: 341-393.

IMAI, H. T.; C. BARONI-URBANI; M. KUBOTA; G. P. SHARMA; M. N. NARASIMHANNA; B. C. DAS; A. K. SHARMA; A. SHARMA; G. B. DEODIKAR; V. G. VAIDYA, & M. R. RAJASEKARASETTY. 1984. Karyological Survey of Indian ants. **Japanese Journal of Genetics 59**: 1-32.

IMAI, H. T.; R. W. TAYLOR; M. W. J. CROSLAND & R. H. CROZIER. 1988. Modes of spontaneous chromosomal mutation and karyotype evolution in ants with reference to the minimum interaction hypothesis. **Japanese Journal of Genetics 63**:159-185.

IMAI, H. T. & R. W. TAYLOR. 1989. Chromosomal polymorphisms involving telomere fusion, centromeric inactivation and centromere shift in the ant *Myrmecia* (*pilosula*) n=1. **Chromosoma 98**: 456-460.

IMAI, H. T.; R. W. TAYLOR; M. KUBOTA; K. OGATA & M. WADA. 1990. Notes on the remarkable karyology of the primitive ant, *Nothomyrmecia macrops*, and of the related genus *Myrmecia* (Hymenoptera: Formicidae). **Psyche 97** (3-4): 133-140.

IMAI, H. T.; R. W. TAYLOR AND R. H. CROZIER. 1994. Experimental bases for the minimum interaction theory. I Chromosome evolution in ants of the *Myrmecia pilosula* species complex (Hymenoptera: Formicidae: Myrmeciinae). **Japanese Journal of Genetics 69**: 137-182.

IMAI, H. T. 1974. B chromosomes in the Myrmicine ant, *Leptothorax spinosior*. **Chromosoma 45**:431-444.

KEMPF, W. W. 1972. Catálogo abreviado das formigas da Região Neotropical. **Studia Entomologica** (N. S.) **15**:3- 344.

LORITE, P.; J. A. CARRILLO, M. F. GARCIA & T. PALOMEQUE. 2000. Chromosome numbers in spanish Formicidae III. Subfamily Myrmicinae (Hymenoptera). **Sociobiology 36**: 555-570.

MACKAY, W. P. 1997. A revision of the neotropical ants of the genus *Camponotus*, subgenus *Myrmostenus* (Hymenoptera: Formicidae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington 99**: 194-203.

MARIANO, C. S. F.; S. G. POMPOLO & J. H. C. DELABIE. 1999. Citogenética das espécies gêmeas e simpátricas *Pachycondyla villosa* e *Pachycondyla* sp. *'inversa'* (Ponerinae). **Naturalia 24** (n. esp.): 215-217.

PALOMEQUE, T.; E. CHICA; M. A. CANO; R. DÍAZ DE LA GUARDIA & A. TINAUT.1987. Cytogenetic studies in the genera *Pheidole* and *Tetramorium* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae). **Caryologia 41**: 289-298.

PALOMEQUE, T.; E. CHICA & R. DÍAZ DE LA GUARDIA. 1990. Karyotipes, C-banding, chromosomal location of active nucleolar organizer regions, and B-chromosomes in *Lasius niger* (Hymenoptera, Formicidae). **Genome 33**: 267-272.

SANTOS-COLARES, M. C.; J. VIÉGAS; M. G. MARTINO ROTH & A. E. LOECK. 1997. Preparation of mitotic chromosomes of leaf-cutting ants from the genera *Atta* and *Acromyrmex*. **Brazilian Journal of Genetics 20**: 20-25.

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

WHITE, M. J. D. 1973. **Animal citology and evolution**. 3rd ed. London, Cambridge University, 961 p.

Recebido em 28.III.2000; aceito em 25.X.2001