

Levantamento de estudos citogenéticos em formigas cultivadoras de fungos (Hymenoptera: Formicidae) Myrmicinae

Gabriel Siqueira Carneiro

Universidade Federal do Paraná

Contato: gabrielsqr.c@hotmail.com

Rafael Stempniak Iaszczaki

Universidade Federal de Viçosa

Contato: stempniakir@gmail.com

Fernando Rodrigo Doline

Universidade Federal do Paraná

Contato: fernando.doline@ufpr.br

Luísa Antônia Campos Barros

Universidade Federal do Amapá

Contato: luufv@yahoo.com.br

Carla Andreia Lorscheider

Universidade Estadual do Paraná, campus de União da Vitória

Contato: carla.lorscheider@unespar.edu.br

Resumo: As formigas estão distribuídas no mundo todo, exceto nos polos, e compõem a família Formicidae. Em formicídeos, os estudos são, em sua maioria, taxonômicos e ecológicos. Dessa maneira, o trabalho objetiva realizar um levantamento dos estudos citogenéticos em formigas da tribo Attini, analisando as diferenças e as semelhanças entre os cariótipos já descritos. Concomitantemente, analisar, citogeneticamente, a espécie *Acromyrmex coronatus* coletada no município de General Carneiro-PR e comparar com resultados de população de Viçosa-MG. Assim, estudos citogenéticos clássicos e moleculares auxiliam na compreensão evolutiva e taxonômica desse grupo. Para realizar o presente estudo, foram utilizados livros, monografias, dissertações e teses e, por meio de palavras-chaves, fontes encontradas na *web* através do Google Scholar e Scopus. A filtração de tais materiais ocorreu no modelo de publicação e da língua (PT-EN-ES); e a análise ocorreu de maneira descritiva. Os resultados encontrados apontaram que dentro dos 17 gêneros pertencentes à tribo Attini, apenas dez possuem descrição cariotípica, com informações em sua maioria apenas para o número diploide ($2n$) e fórmula cariotípica (FC). Analisando o número de cromossomos na subfamília Myrmicinae, verifica-se uma grande variabilidade em *Mycocepurus goeldii* $2n = 8$ cromossomos a *Mycetarotes parallelus* $2n = 54$ cromossomos. Já os gêneros *Acromyrmex*, *Apterostigma*, *Chyphomyrmex*, *Mycetarotes*, *Mycethopylax* e *Trachymyrmex* apresentaram uma maior variação em relação ao número diploide ($2n = 12$ a 54). Em contrapartida, nos gêneros *Atta*, *Mycocepurus*, *Sericomyrmex* não foi verificada variação em relação ao número diploide. Foi observado, também, que a maioria dos estudos foram realizados no Brasil, sobretudo no estado de Minas Gerais. A espécie *A. coronatus*, coletada em General Carneiro-PR, apresentou o mesmo $2n$ para a já descrita em Viçosa-MG.

Palavras-chave: Levantamento; Attini; Citogenética.

Survey of cytogenetic studies in fungus-growing ants
(Hymenoptera:Formicidae) Myrmicinae

Abstract: Ants are distributed all over the world, except at the poles, and make up the Formicidae family. In foricidaes, the studie are mostly taxonomic and ecological. Thus, the objective of this study was to conduct a survey of cytogenetic studies in ants of the Attini tribe, analyzing the differences and similarities between the karyotypes already described. Concomitantly, to analyze cytogenetically the species *Acromyrmex coronatus* collected in the city of General Carneiro-PR and compare with population results of Viçosa-MG. In this way classical and molecular cytogenetic studies help in the evolutionary and taxonomic understanding of this group. To carry out the present study, books, monographs, dissertation, thesis and keywords were used to discover and search mor about on the web through sources such as Google Scholar and Scopus. The filtration of such materials occurred in the publication model, the language (PT-EN-ES), and the analysis occurred descriptively. The results showed that within the 17 genera belonging to subtribe Attini, only 10 have karyotypic description, with mostly information only for the $2n$ and karyotypic formula. Analyzing the number of subfamily chromosomes Myrmicinae, there is a great variability with *Mycocepurus goeldii* $2n=8$ to *Mycetarotes parallelus* $2n=54$ chromosomes. Already the generos *Acromyrmex*, *Apterostigma*, *Cyphomyrmex*, *Mycetarotes*, *Mycetophylax*, and *Trachymyrmex* showed a greater variation in relation to the diploid number. In contrast, *Atta*, *Mycocepuros*, *Sericomyrmex* was not verified variation in relation to the diploid number. Concomitantly, with the bibliographic survey, measurements of achronism smearing chromosomes of *Acromyrmex coronatus* with $2n=38$ were obtained chromosomes, the same found for the species of Minas Gerais. It was also observed that most studies were conduct in Brazil and the state of Minas Gerais. The species *A. coronatus* collected in General Carneiro-PR presented the same $2n$ for the one already described in Viçosa-MG.

Keywords: Survey; Attini; Cytogenetic.

Como citar este artigo:

CARNEIRO, G.S.; IASCZCZAKI, R.S.; DOLINE, F.R.; BARROS, L.A.C.; LORSCHIEDER, C.A. Levantamento de estudos citogenéticos em formigas cultivadoras de fungo (Hymenoptera: Formicidae) Myrmicinae. *Luminária*, União da Vitória, v.24, n.02, p. 06 – 16, 2022.

INTRODUÇÃO

As formigas são insetos conhecidos por serem comuns e altamente organizados (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Com seu sucesso ecológico, ocorrem em todo o território terrestre, exceto nos polos, (HÖLLDOBLER; WILSON, 2009). As formigas ocupam de 15 a 20% da biomassa animal terrestre, o que em certas regiões, como as tropicais, pode ser ainda maior (SCHULTZ, 2000). Esses himenópteros pertencem à família Formicidae, que agrupa, atualmente, cerca de 20 subfamílias. Dentre essas, encontra-se *Myrmicinae*, sendo a maior e mais diversificada subfamília, tanto em escala local quanto mundial (BRANDÃO; CANCELLO, 1999). A diversidade de habitats ocupados é muito grande, devido à riqueza de espécies. Existem desde formas arborícolas, as que habitam o solo e sobre a serrapilheira, algumas se associam a plantas, outras a fungos ou, ainda, a outras formigas (FERNÁNDEZ, 2003).

Os estudos envolvendo citogenética clássica e molecular vêm elucidando e preenchendo lacunas do conhecimento da evolução, filogenia, e auxiliando na conservação de espécies (MARIANO et al., 2008). Atuando em conjunto com a taxonomia, a citogenética integra dados para auxiliar na delimitação de espécies para sua filogenia propriamente dita (SCHLICK-STEINER et al., 2010), como ferramenta para resolução de grupo taxonômicos complexos, inclusive em Formicidae (CRISTIANO et al., 2013). Estima-se que estão publicados dados citogenéticos de 800 espécies de formigas de diferentes regiões geográficas do mundo (MARIANO et al., 2008), e revelam uma variação no seu número de cromossomos de $2n=2$ em *Myrmecia croslandi* à $2n=120$ em *Dinoponera lucida* (CROSLAND; CROZIER, 1986; MARIANO et al., 2008).

Para a tribo Attini, os estudos de descrição do cariótipo são bem escassos, apresentando 10% do número de espécies descritas para tribo (FADINI; PAMPOLO, 1996; FADINI et al., 1996; SANTOS-COLARES et al., 1997; MURAKAMI et

al., 1998; BARROS et al., 2008).

Dessa forma, o presente trabalho objetiva levantar os estudos voltados para a área citogenética já encontrados na literatura e analisar qual a variação entre os cariótipos das formigas já descritas e analisar também a localidade de tais estudos. Concomitantemente, analisar citogeneticamente a espécie de *Acromyrmex coronatus* coletada em General Carneiro-PR.

METODOLOGIA

Levantamento teórico

Para a realização do levantamento dos dados foram utilizados livros, artigos, monografias, dissertações e teses, todas provenientes das plataformas Google Scholar, Scopus, Web of Science que reúnem uma ampla gama de pesquisas científicas. A pesquisa foi desenvolvida utilizando-se das seguintes palavras-chaves: “citogenética”; “formicídeos”; “cariotipagem em formigas” e alguns nomes de gêneros em específico, como *Acromyrmex* (quenquém); *Atta* (saúva); por serem mais comumente conhecidas na tribo Attini. O critério para inclusão dos materiais foi a filtragem do modo de publicação, ou seja, a língua na qual foi publicado, sendo filtrado os estudos em inglês, espanhol e português. A análise dos trabalhos selecionados ocorreu de forma descritiva, isto é, organizados em uma tabela, assim, foi possível observar, contar, descrever e classificar os dados com o intuito de unir o conhecimento já descrito com o produzido nesse trabalho sobre o tema que foi explorado.

Estudo prático

Através da coleta manual, escavação, foi encontrado o ninho de *Acromyrmex coronatus* (figura 1), na cidade de General Carneiro-PR, coordenada 26°27'55.17"S 51°26'36.44"W (figura 2) e armazenado em uma caixa para transporte. A fim de manter o ninho vivo retirou-se o ninho da caixa de transporte e o colocou em um aquário (figura 3), para, assim, realizar as técnicas de citogenética (IMAI et al., 1994) em formigas, que se organizou da seguinte forma: triagem do material, objetivando selecionar indivíduos em estágio de larva pós-defecantes, também chamado de pré-pupa, cujo

estágio é caracterizado pela presença do mecônio e a formação inicial da mandíbula (Figura 4). Em seguida, foram selecionadas 20 pré-pupas do ninho para obtenção cromossômica. Sob um estereomicroscópio, foram retirados os gânglios cerebrais das pré-pupas com auxílio de alfinetes entomológicos sobre uma lâmina de extração, esses foram imersos, individualmente, em um recipiente contendo solução de colchicina hipotônica (0,5mL de colchicina 0,005%/9,5mL em solução de Citrato de Sódio a 1%). Posteriormente, com auxílio de uma pipeta “Pasteur”, os gânglios foram transferidos, individualmente, para lâminas previamente limpas. Após a drenagem do excesso de solução colchicina-hipotônica, iniciou-se a dissociação dos gânglios e fixação do material. Para a dissociação e início da fixação, foram pingadas duas gotas do fixador I (água destilada: etanol: ácido acético, 4:3:3) sobre o gânglio, posteriormente dissociados com auxílio de alfinetes entomológicos, a fim de separar as células e espalhar o material sobre a lâmina. Antes de ocorrer a retração do tecido, adicionou-se duas gotas do fixador II (etanol: ácido acético, 1:1) que agiu durante 1 minuto. Após a evaporação do fixador II, foram adicionadas duas gotas do fixador III (ácido acético glacial 100%) finalizando a fixação. Após essa fase, as lâminas foram acondicionadas para secagem em temperatura ambiente durante 24 horas e coradas posteriormente com giemsa.

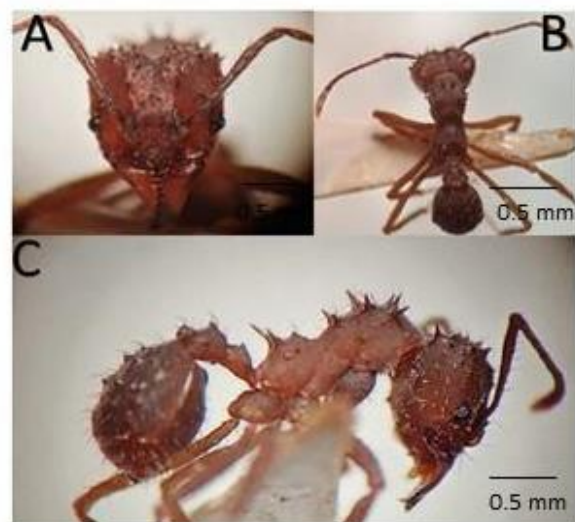


Figura 1. Espécie *Acromyrmex coronatus*, com um aumento de 25x; A) Vista frontal de *Acromyrmex coronatus*; B) Vista dorsal de *Acromyrmex coronatus*; C) Vista lateral de *Acromyrmex coronatus*.

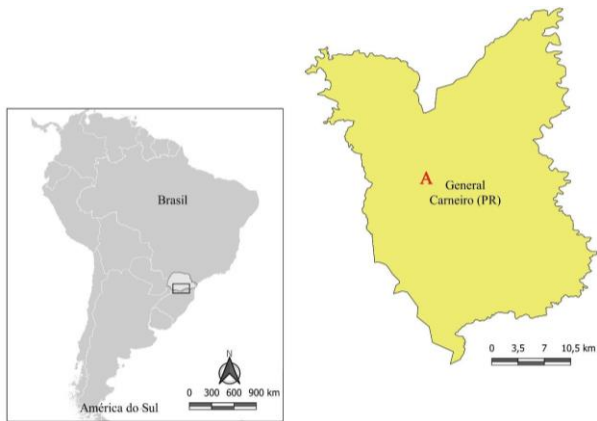


Figura 2. Mapa geográfico da cidade de General Carneiro-PR com as coordenadas de onde fora encontrado o ninho de *Acromyrmex coronatus*, representado pela letra A.



Figura 3. Ninho de *Acromyrmex coronatus* mantido vivo em laboratório; A) Vista frontal do ninho de *Acromyrmex coronatus*; B) Vista superior do ninho de *Acromyrmex coronatus*.

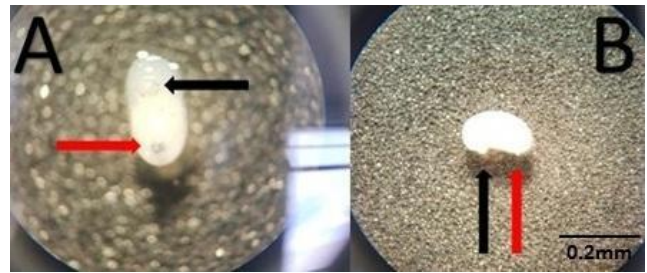


Figura 4. Larva pré-defecante para extração do material, apresentando a mandíbula em formação e a presença do mecônio, com um aumento de 25x; A) Pupa com vista ventral, seta vermelha indicando o mecônio e seta preta indicando a formação da mandíbula; B) Pupa com vista lateral, seta vermelha indicando o mecônio e seta preta indicando a formação da mandíbula.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ecológico

Na subfamília *Myrmicinae*, encontramos o grupo das formigas cultivadoras de fungo, agrupadas à tribo Attini, as quais são exclusivas do Novo Mundo e bem diversas na região Neotropical (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). As formigas cultivadoras de fungos (Hymenoptera: Formicidae), são conhecidas como atíneas, por pertencerem à tribo Attini, subtribo Attina (BRANSTETTER et al., 2017; MEHDIABADI; SCHULTZ, 2010; SOSA-CALVO et al., 2018). Esses organismos habitam apenas o continente americano, abrangendo desde o norte da Argentina até o Sul dos Estados Unidos (MAYHÉ-NUNES; JAFFÉ, 1998; WEBER, 1972). As formigas que pertencem a esse grupo ainda são classificadas em dois clados principais, são eles: Paleoattina (grupo mais “basal” do clado) e Neoattina (grupo mais derivado), de acordo com SOSA-CALVO et al., 2018.

As formigas cultivadoras de fungos surgiram por volta de 50 milhões de anos atrás (SCHULTZ; BRADY, 2008), e são caracterizadas pela relação mutualística com fungos conhecidos como basidiomicetos, os quais são cultivados para servirem de alimento para a colônia, principalmente ou exclusivamente, das larvas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Por meio da interação e outras estratégias comportamentais, fornecem ao fungo proteção contra patógenos, substrato para seu

crescimento e dispersão (FERNÁNDEZ-MARÍN, 2013).

O surgimento da relação formiga-fungo é um passo evolutivo muito importante no grupo das formigas cultivadoras de fungo. Alguns autores como Schultz e Brady (2008) e Mehdiabadi e Schultz (2010) realizaram um estudo detalhado acerca da evolução desse grupo e dos seus respectivos fungos cultivados. Com isso, as conclusões dos estudos foram estabelecidas e divididas em cinco sistemas de agricultura (Figura 5), que representam as transições na evolução desse grupo, sendo eles: agricultura basal; agricultura do fungo coral; agricultura de levedura; a agricultura generalizada derivada e, por último, a agricultura das cortadeiras de folhas. Essa subtribo reúne por volta de 250 espécies agrupadas em 17 gêneros (BRANSTETTER et al., 2017; MEHDIABADI, SCHULTZ, 2010; SOSA-CALVO et al., 2018).

consideradas ancestrais. Geralmente, seus ninhos são inconspícuos, apresentam pequenas colônias com 10 a 100 operárias monomórficas e utilizam carcaça de insetos, sementes, partes de flores, frutas em decomposição como substrato para o fungo cultivado (MEHDIABADI; SCHULTZ, 2010).

Os gêneros *Sericomyrmex* e *Trachymyrmex*, que divergiram de um ancestral por volta de 10 e 20 milhões de anos atrás, praticam agricultura generalizada derivada e compartilham algumas características ancestrais. Seus ninhos são mais perceptíveis, pois apresentam um tamanho de colônia intermediário com cerca de 100 a 3.000 operárias, as quais são monomórficas ou levemente polimórficas. Elas também utilizam carcaça de insetos, sementes, partes de flores, frutas em decomposição e, facultativamente, utilizam material vegetal cortado fresco (MEHDIABADI; SCHULTZ, 2010).

Os gêneros *Acromyrmex* e *Atta* praticam a agricultura das cortadeiras de folha e elas compartilham um ancestral comum com algumas espécies do gênero *Trachymyrmex*, contudo diversificaram-se entre 10 a 12 milhões de anos atrás (SCHULTZ; BRADY, 2008). As espécies desses gêneros apresentam características consideradas derivadas, pois seus ninhos são perceptíveis e suas colônias são muito grandes, chegando a 10 milhões de operárias aproximadamente. Elas são polimórficas, ou seja, utilizam, exclusivamente, material vegetal, que é cortado e fresco, como substrato para o fungo (MEHDIABADI; SCHULTZ, 2010; DELLA LUCIA, 2011; SOSA-CALVO, 2015). Diante disso, esses dois gêneros são considerados grandes pragas agrícolas quando atacam monoculturas, assim, ocasionando um prejuízo econômico (LATTKE, 1999).

As espécies da tribo Attini, ainda podem ser divididas em dois clados monofiléticos, os quais são denominados de Paleoattini e Neoattini, que foram, inicialmente, identificados por Kusnezov (1963). O agrupamento das espécies basalmente divergentes (*Apterostigma*, *Mycocepurus*, *Myrmicocrypta* e outros) engloba todos os outros gêneros, *Acromyrmex*, *Atta*, *Cyphomyrmex*, *Kalatombyrmex*, *Mycetagroicus*, *Mycetarotes*, *Mycetophylax*, *Mycetosoritis*, *Sericomyrmex*, *Trachymyrmex*, *Mycetomoellerius*, *Paratrachymyrmex* (SCHULTZ; BRADY, 2008; SOLOMON et al., 2019).

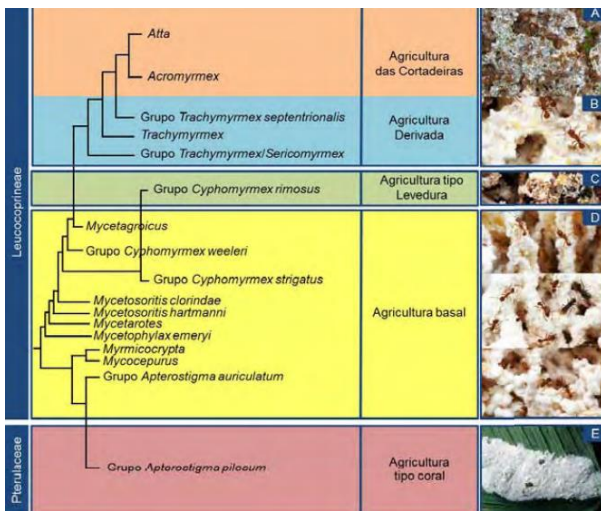


Figura 5. Tipos de cultivo de fungo da tribo Attini e seu respectivo tipo de agricultura. **Fonte:** Marchiori, A. C, 2013.

Os gêneros *Apterostigma*, *Cyphomyrmex*, *Kalatombyrmex*, *Mycetagroicus*, *Mycetarotes*, *Mycetophylax*, *Mycetosoritis*, *Mycocpepurus*, *Myrmicocrypta*, *Paramycetophylax*, praticam agricultura basal. Tais gêneros divergiram há aproximadamente 50 milhões de anos de uma linhagem ancestral, a partir da qual se originaram as formigas cultivadoras de fungo. Algumas características são compartilhadas e são

Citogenético

Um meio de entender a evolução desse grupo de formigas é pela transição entre os sistemas de agricultura, partindo da basal ao das formigas cortadeiras (SCHULTZ; BRADY, 2008), sendo reconhecido como um segundo grande passo para evolução das formigas cultivadoras de fungos (MAYHÉ-NUNES; JAFFÉ, 1998). As formigas cortadeiras, são dominantes na paisagem em que ocorrem, apresentando maiores colônias e ninhos sofisticados (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; DELLA LUCIA, 2011), dessa forma, podem ser reconhecidas como as formigas de maior sucesso ecológico entre aquelas que cultivam fungo. Tornando-se, assim, foco de vários estudos por conta do seu impacto na agricultura.

Dentro da subfamília *Myrmicinae* (tribo Attini), o número dos cromossomos varia de 8 a 54 entre as espécies com cariótipos já descritos na literatura. Os resultados apontam que *Acromyrmex*, *Apterostigma*, *Chyphomyrmex*, *Mycetarotes*, *Mychetophylax* e *Trachymyrmex* apresentaram uma maior variação em relação ao número diploide (Tabela 1). Em contrapartida, *Atta*, *Mycocepurus*, *Sericomyrmex* não revelaram variação em relação ao número diploide. O gênero *Myrmicrocrypta* mostrou apenas uma espécie com $2n = 30$ cromossomos.

Ao analisar a fórmula cariotípica de cada gênero, observamos que *Acromyrmex*, *Myrmicrocrypta* apresentou um maior número de cromossomos acrocêntricos; já *Apterostigma*, *Atta*, *Chyphomyrmex*, *Mychetophylax*, *Mycocepurus*, *Sericomyrmex*, *Trachymyrmex* apresentaram um número maior de cromossomos metacêntricos. O gênero *Mycetarotes* não apresentou sua fórmula cariotípica, apenas o seu número diploide. Interessante observar que *Mycocepurus* apresenta o menor número diploide, enquanto *Mycetarotes* um maior número diploide entre as formigas cultivadoras de fungos. A variação percebida em relação ao número diploide está relacionada devido ao padrão e ao formato dos cromossomos. Essa caracterização é de suma importância para a reconstrução e entendimentos das rotas evolutivas (IMAI et al., 1984).

Os dados coletados evidenciam que a maioria das espécies analisadas foram coletadas

no Brasil, mais especificamente no estado de Minas Gerais (Tabela 2), com exceção para as espécies de *Acromyrmex* sp. e *Acromyrmex lobicornes*, *Acromyrmex coronatus* no estado do Paraná e as demais coletadas em outros países. Desse modo, reforçando que a região Sul do país pode ser muito explorada com a citogenética de formigas, para contribuir, portanto, com os dados que já estão descritos, aumentando o número de espécies da tribo Attini; e avaliar possíveis evidências de registros das espécies que ainda não ocorreram nas demais regiões.

Tabela 2. Espécies da tribo Attini descrita na literatura.

Localidade	Gêneros	Nº de espécies
Brasil / MG	<i>Acromyrmex</i> :	11
	<i>Apterostigma</i>	3
	<i>Atta</i>	3
	<i>Mychetophylax</i>	4
	<i>Mycocepurus</i>	1
	<i>Sericomyrmex</i>	1
	<i>Trachymyrmex</i>	4
Brasil / PR	<i>Acromyrmex</i>	3
Panamá	<i>Apterostigma</i>	2
	<i>Atta</i>	1
	<i>Cyphomyrmex</i>	2
	<i>Mycocepurus</i>	1
	<i>Sericomyrmex</i>	1
	<i>Trachymyrmex</i>	3
Guiana	<i>Apterostigma</i>	1
Francesa	<i>Cyphomyrmex</i>	1
	<i>Myrmicrocrypta</i>	1
Uruguai	<i>Acromyrmex</i>	3
Sem Local	<i>Mycetarotes</i>	2

Tabela 1. Espécies da tribo Attini descrita na literatura.

Legenda: m: metacêntrico; sm: submetacêntrico; st: subtlocêntrico; a: acrocêntrico e 2n.

Gêneros/Espécies	Localização	2n	Fórmula Cariotípica	Referência
<i>Acromyrmex</i>				
<i>A. ambiguus</i> (Emery, 1888)	Uruguai	38	8m + 30a	GOÑI et al., 1983
<i>A. ameliae</i> (De Souza, Soares e Della Lucia, 2007)	MG – Brasil	36	2m + 8sm + 20st + 6a	BARROS et al., 2008
<i>A. balzani</i> (Emery, 1890)	MG – Brasil	38	12m + 10sm + 14st + 2a	BARROS et al., 2011.
<i>A. coronatus</i> (Fabricius, 1804)	MG – Brasil	38	12m + 8sm + 16st + 2a	BARROS et al., 2016
<i>A. crassispinus</i> (Forel, 1909)	MG- Brasil	38	12m + 20sm + 4st + 2a	CASTRO et al., 2020.
<i>A. disciger</i> (Mayr, 1887)	MG – Brasil	38	10m + 12sm + 14st + 2a	BARROS et al., 2011
<i>A. echinator</i> (Forel, 1899)	MG-Brasil	38	8m + 6sm + 14st + 10a	BARROS et al., 2011
<i>A. heyeri</i> (Forel, 1899)	Uruguai	38	8m + 30a	GOÑI et al., 1983
<i>A. hispidus</i> (Santschi, 1925)	Uruguai	38	8m + 30a	GOÑI et al., 1983
<i>A. molestans</i> (Santschi, 1925)	MG – Brasil	38	8m + 30a	FADINI; POMPOLO, 1996
<i>A. niger</i> (Smith, F. 1858)	MG – Brasil	38	12m + 18sm + 6st + 2a	BARROS et al., 2011
<i>A. rugosus</i> (Smith, F. 1858)	MG – Brasil	38	16m + 12sm + 8st + 2a	BARROS et al., 2011
<i>A. subterraneus subterraneus</i> (Forel, 1912)	MG – Brasil	38	8m + 30a	FADINI; POMPOLO, 1996
<i>A. subterraneus brunneus</i> (Forel, 1912)	MG – Brasil	38	2m + 6sm + 20st + 10a	BARROS et al., 2008
<i>A. coronatus</i> (Fabricius, 1804)	PR - Brasil	38	!	PRESENTE ESTUDO
<i>A. lobicornis</i> (Emery, 1888)	PR – Brasil	38	!	DOLINE et al., 2020
<i>Acromyrmex</i> sp.	PR – Brasil	22	10m + 8sm + 4st	DOLINE et al., 2020
<i>Apterostigma</i>				
<i>A. madidiense</i> (Weber, 1938)	MG – Brasil	23	7m + 10sm + 5st + 1a	BARROS et al., 2013
<i>A. mayri</i> (Forel, 1893)	Panamá	24	24m	MURAKAMI et al., 1998
<i>A. steigeri</i> (Santschi, 1911)	MG – Brasil	22	20m + 2sm	BARROS et al., 2013
<i>Apterostigma</i> . Sp	Panamá	24	24m	MURAKAMI et al., 1998
	Guiana			
<i>Apterostigma</i> . sp	Francesa	32	14m + 6sm + 10st + 2t	MARIANO et al., 2013
<i>Apterostigma</i> . Sp	MG – Brasil	20	!	FADINI; PAMPOLO, 1996
<i>Atta</i>				
<i>A. bisphaerica</i> (Forel, 1908)	MG – Brasil	22	18m + 2sm + 2 st	BARROS et al., 2014
<i>A. colombica</i> (Guérin-Méneville, 1844)	Panamá	22	18m + 4a	MURAKAMI et al., 1998
<i>A. laevigata</i> (Smith, F., 1858)	MG – Brasil	22	18m + 2sm + 2 st	BARROS et al., 2014
<i>A. sexdens rubropilosa</i> (Forel, 1908)	MG – Brasil	22	18m + 2sm + 2 st	BARROS et al., 2014
<i>Cyphomyrmex</i>				
<i>C. costatus</i> (Mann, 1922)	Panamá	20	20m	MURAKAMI et al., 1998
<i>C. cornutus</i> (Kempfer, 1968)	Guiana Francesa	22	10m + 12sm	MARIANO et al., 2013
<i>C. rimosus</i> (Spinola, 1855)	Panamá	32	28m + 4a	MURAKAMI et al., 1998

Quadro 1. Continuação.

<i>Mycetarotes</i>				
<i>M. carinatus</i> (Mayhé-Nunes, 1995)	!	14	!	FADINI et al., 1996
<i>M. parallelus</i> (Emery, 1906)	!	54	!	FADINI et al., 1996
<i>Mycetophylax</i>				
<i>M. conformis</i> (Mayr, 1884)	MG – Brasil	30	11m + 4sm + ?	CARDOSO, 2013
<i>M. morschi</i> (Emery, 1888)	MG – Brasil	30	9m + 5sm + 1a + ?	CARDOSO, 2013
<i>M. morschi</i> (Emery, 1888)	MG – Brasil	26	9m + 3sm + 1a + ?	CARDOSO, 2013
<i>M. simplex</i> (Emery, 1888)	MG – Brasil	36	10m + 8sm + ?	CARDOSO, 2013
<i>Mycocepurus</i>				
<i>M. goeldii</i> (Forel, 1893)	MG – Brasil	8	4m + 4sm	BARROS, 2010.
<i>Mycocepurus</i> . Sp	Panamá	8	8m	MURAKAMI et al., 1998
<i>Myrmicocrypta</i>				
<i>Myrmicocrypta</i> . sp.	Guiana Francesa	30	6m + 10sm + 14a	MARIANO et al., 2013
<i>Serycomyrmex</i>				
<i>S. amabilis</i> (Wheeler, 1925)	Panamá	50	50m	MURAKAMI et al., 1998
<i>Serycomyrmex</i> sp.	MG – Brasil	50	44m + 6sm	BARROS et al., 2013
<i>Trachymyrmex</i>				
<i>T. fuscus</i> (Emery, 1934)	MG – Brasil	18	16m + 2a	BARROS, et al., 2014
<i>T. holmgreni</i> (Wheeler, 1925)	MG – Brasil	20	20m	BARROS et al., 2018
<i>T. relictus</i> (Borgmeier, 1934)	MG – Brasil	20	20m	BARROS et al., 2013
<i>T. septentrionalis</i> (McCook, 1881)	Panamá	20	20m	MURAKAMI et al., 1998
<i>Trachymyrmex</i> sp. 1	Panamá	12	12m	MURAKAMI et al., 1998
<i>Trachymyrmex</i> sp. 2	Panamá	18	18m	MURAKAMI et al., 1998
<i>Trachymyrmex</i> sp.	MG – Brasil	22	18m + 4sm	BARROS et al., 2013

Concomitantemente com o levantamento bibliográfico, foram obtidas metáfases de cromossomos mitóticos de *Acromyrmex coronatus* (Figura 6). O material analisado apresentou $2n = 38$ cromossomos. Esse número já foi observado para outra população dessa mesma espécie em um estudo realizado em Minas Gerais (BARROS et al., 2016).

Entretanto, houve dificuldades na coleta de material, pois, durante os meses de inverno, os ninhos coletados não possuíam larvas, dificultando a melhoria da qualidade das metáfases. Como o desenvolvimento da linha em citogenética de formigas é recente na região Sul do Brasil, e, conseqüentemente, na Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) – e não há essa dificuldade em outras regiões do Brasil, devido

suas estações serem marcadas por temperaturas mais elevadas que a região Sul do país, como a região Sudeste, essas informações são importantes e demonstram que as coletas precisam acontecer nos meses de outubro a março na região de União da Vitória.

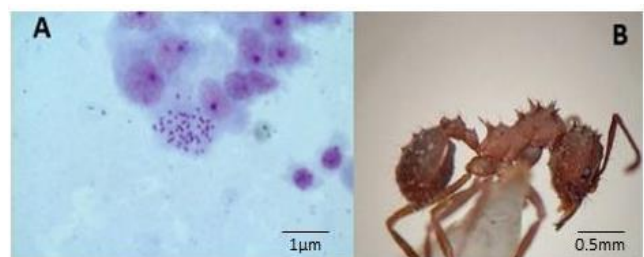


Figura 6. Coloração convencional com Giemsa. A) cromossomos mitóticos de *Acromyrmex coronatus*. e B) *Acromyrmex coronatus*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos citogenéticos em formicídeos são pouco explorados, haja vista que há a necessidade de aliar duas áreas de conhecimento: a citogenética, com suas técnicas de obtenção de cromossomos; e a taxonomia para identificação dos espécimes. Possivelmente, as dificuldades de obter cromossomos de formigas – por se tratar de um organismo com tamanho pequeno e invertebrado, aliado às dificuldades de identificação taxonômica – impediram que essa linha de pesquisa se desenvolvesse em algumas regiões, como é o caso do sul do Brasil. Por fim, aliando ambas as áreas a um grupo de pesquisa, as possibilidades de mais estudos citogenéticos são potencializadas e se tornam mais viáveis.

REFERÊNCIAS

- BARROS, L. A. C.; MARIANO, C.S.F.; HORA, R.R.; DELLA-LUCIA, T.M, C, DELABIE, J. H. C.; POMPOLO, S.G. Abordagem citogenética do processo de especiação da parasita social *Acromyrmex meliae* e das suas hospedeiras *A. subterraneus subterraneus* e *A. subterraneus brunneus* (Formicidae: Attini). In: **54º Congresso Brasileiro de Genética**, 2008, Salvador-BA.
- BARROS, L. A. C. **Citogenética de espécies de Attini (Formicidae: Myrmicinae)**, 2010. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- BARROS, L. A. C.; MARIANO, C. S. F.; POMPOLO, S. G.; DELABIE, J. H. C. **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p. 68-79, 2011.
- BARROS, L. A. C.; MARIANO, C. S. F.; POMPOLO, S. G. Cytogenetic studies of five taxa of the tribe Attini (Formicidae: Myrmicinae). **Caryologia**, v. 66, n. 1, p. 59–64, 2013.
- BARROS, L. A. C.; *et al.* Banding patterns of three leafcutter ant species of the genus *Atta* (Formicidae: Myrmicinae) and chromosomal interferences. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 4, p. 1694–1701, 2014.
- BARROS, Luísa Antônia Campos *et al.* Cytogenetic data on six leafcutter ants of the genus *Acromyrmex* Mayr, 1865 (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae): insights into chromosome evolution and taxonomic implications. **Comparative cytogenetics**, v. 10, n. 2, p. 229, 2016.
- BARROS, L. A. C.; TEIXEIRA, G. A.; AGUIAR, H. J. A. C.; LOPES, D. M.; POMPOLO, S. G. **Sociobiology**, v. 65, n. 2, p. 185–190, 2018.
- BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E.M. (eds). **Invertebrados Terrestres**. Vol. V. In: JOLY, C. A.; BICUDO, C. E. M. 1999. **Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX**. São Paulo: FAPESP. xviii + 279 p, 1999.
- BRANSTETTER, M. G. *et al.* Dry habitats were crucibles of domestication in the evolution of agriculture in ants. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**. London, v. 284, n. 1852, p.1-10, 2017.
- CARDOSO, D. C. **História evolutiva das espécies do gênero *Mychetopylas* Emery, 1913 (Hymenoptera: Formicidae): Formigas endêmicas de restingas**, 2013. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- CARNEIRO, G. S. **Levantamento de Estudos Citogenéticos em Formigas Cultivadoras de Fungos (Hymenoptera: Formicidae) Myrmicinae**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas), Universidade Estadual do Paraná, União da Vitória, 2021.
- CASTRO, C.P.M.; CARDOSO, D.C.; MICOLINO, R.; CRISTIANO, M.P. Comparative FISH-mapping of TTAGG telomeric sequences to the chromosomes of leafcutter ants (Formicidae, Myrmicinae): is the insect canonical sequence conserved? **CompCytogen**, v. 14, n. 3, p. 369–385, 2020.

- CRISTIANO, M. P.; CARDOSO D.C.; SALOMÃO T.M.F. Cytogenetic and molecular analyses reveal a divergence between *Acromyrmex striatus* (Roger, 1863) and other congeneric species: taxonomic implications. **Plos One**, v. 8, n. 3, p. e59784, 2013.
- CROSLAND, M. W. J.; CROZIER, R. H. *Myrmecia pilosula*, an ant with only one pair of chromosomes. **Science**, v. 231, p. 1278, 1986.
- DELLA LUCIA, C. M. T. **Formigas-cortadeiras**: Viçosa: UFV, p. 421, 2011.
- DOLINE, F. R.; HOLDEFER, D. R.; LORSCHIEDER, C. A. Estudo citogenético de *Acromyrmex lobicornis* (Hymenoptera: Formicidae) ocorrentes no município de União da Vitória, Paraná. **Anais: Seminário de Integração: Pesquisa, Extensão, Cultura e Inovação Tecnológica (SIPEC)**, 2020.
- FADINI, M. A.; POMPOLO, S. G. Cytogenetics of some ant species of the tribe Attini (Hymenoptera, Formicidae) from the region of Viçosa, MG. **Brazil Journal Genetic**, v. 19, p. 53-55, 1996.
- FADINI, M. A.; *et al.* Citogenética de duas espécies do gênero *Mycetarotes* (Hymenoptera: Formicidae). **XLII Congresso Nacional de Genética**, Caxambu-MG, 1996.
- FERNÁNDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá-COL: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, p. 29-44, 2003.
- FERNÁNDEZ-MARÍN, H.; BRUNER, G.; GOMEZ, E. B.; NASH, D. R.; BOOMSMA, J. J.; WCISLO, W. T. Dynamic disease management in *Trachymyrmex* fungus-growing ants (Attini: Formicidae). **The American Naturalist**, v. 181, n. 4, p. 571-582, 2013.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, O. E. **The ants**. Harvard University Press, p. 746, 1990.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, O. E. **The Superorganism: The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies**. Norton & Company, p. 143, 2009.
- IMAI, H. T.; URBANI, C. B.; KUBOTA, M.; SHARMA, G. P.; NARASINHANNA, M. N. DAS, B. C.; SHARMA, A. K.; SHARMA, A.; DEODIKAR, G. B.; VAIDYA, V. G.; RAJASEKARASETTY, M. R. Karyological survey of Indian ants. **Japanese Journal Genetics**, v. 59, p. 1-32, 1984.
- LATITKE, J. E. A new species of fungus-growing ant and its implications for attine phylogeny (Hymenoptera: Formicidae). **Systematic Entomol**, v. 24, p. 1-6, 1999.
- MARCHIORI, A. C. **Diversidade e Evolução na Simbiose entre Bactérias e Formigas Attini**. 2013. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Molecular), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.
- MARIANO, C. S. F.; POMPOLO, S.G.; BARROS L.A.C.; MARIANO, E.; CAMPIOLO S.; DELABIE J.H.C. A biogeographical study of the threatened ant *Dinoponera lucida* Emery (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) using a cytogenetic approach. **Insect Conservation and Diversity**, v. 1, n. 3, p. 161-168, 2008.
- MARIANO, C. S. F.; *et al.* The karyotypes of *Gigantiops destructor* (Fabricius) and other ants from French Guiana (Formicidae). **Anales de la Societé Entomologique de France**, v. 47, n. 1-2, p. 140-146, 2013.
- MARIANO, Cléa Dos Santos Ferreira *et al.* A biogeographical study of the threatened ant *Dinoponera lucida* Emery (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) using a cytogenetic approach. **Insect Conservation and Diversity**, v. 1, n. 3, p. 161-168, 2008.
- MAYHÉ-NUNES, A. J.; JAFFÉ, K. On the biogeography of Attini (Hymenoptera: Formicidae). **Ecotropicos**, v. 11, n. 1, p. 45-54, 1998.
- MEHDIABADI, N. J.; SCHULTZ, T. R. Natural history and phylogeny of the fungus-farming ants

(Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini).
Myrmecological News, v. 13, p. 37-55, 2010.

MURAKAMI, T.; FUJIWARA, A.; YOSHIDA, M, C. Cytogenetics of ten ant species of the tribe Attini (Hymenoptera, Formicidae) in: Barro Colorado Island, Panama. **Chromosome Science** 2, p. 135–139, 1998.

SANTOS-COLARES, M. C.; *et al.* Preparation of mitotic chromosomes of leaf-cutting ants from the genera *Atta* and *Acromyrmex*. **Brazil Journal Genetic**, v. 20, p. 25-27, 1997.

SCHLICK-STEINER, B. C.; STEINER, F.M.; SEIFERT, B.; STAUFFER, C.; CHRISTIAN E.; CROZIER, R.H. Integrative taxonomy: a multisource approach to exploring biodiversity. **Annual Review of Entomology**, v. 55, p. 421-438, 2010.

SCHULTZ, T. R. In search of ant ancestors. Comentary **PNAS** 26: 14028–14029, 2000.

SCHULTZ, T. R.; BRADY, S. Major evolutionary transitions in ant agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 14, p. 5435-5440, 2008.

SOLOMON, Scott E. et al. The molecular phylogenetics of *Trachymyrmex* Forel ants and their fungal cultivars provide insights into the origin and coevolutionary history of 'higher-attine' ant agriculture. **Systematic Entomology**, v. 44, n. 4, p. 939-956, 2019.

SOSA-CALVO, J.; JESOVNIK, A.; OKONSKI, E.; SCHULTZ, T. R. Locating, collecting, and maintaining colonies of fungus-farming ants (Hymenoptera: Myrmicinae: Attini). **Sociobiology**, v. 62, n. 2, p. 300-320, 2015.

SOSA-CALVO, J. et al. Evolution, systematics, and natural history of a new genus of cryptobiotic fungus-growing ants. **Systematic Entomology**, Oxford, v. 43, n. 3, p. 549-567, 2018.

Recebido em: 16/05/2022.

Aceito em: 17/08/2022.