

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ, *CAMPUS* DE UNIÃO DA VITÓRIA
COLEGIADO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LETÍCIA SOBANSKI

ESTUDOS PRELIMINARES CITOGENÉTICOS EM *Camponotus rufipes* (FABRICIUS,
1775) (FORMICIDAE: FORMICINAE) UNIÃO DA VITÓRIA (PR)

UNIÃO DA VITÓRIA

2022

LETÍCIA SOBANSKI

ESTUDOS PRELIMINARES CITOGENÉTICOS EM *Camponotus rufipes* (FABRICIUS,
1775) (FORMICIDAE: FORMICINAE) UNIÃO DA VITÓRIA (PR)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao colegiado de Ciências Biológicas, Centro de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Estadual do Paraná, *Campus* de União da Vitória, como requisito parcial à obtenção do título de licenciada em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Carla Andrei Lorscheider
Coorientadora: Profa. Dra. Daniela Roberta Holdefer

UNIÃO DA VITÓRIA

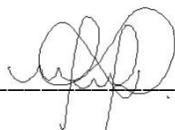
2022

TERMO DE APROVAÇÃO

LETÍCIA SOBANSKI

ESTUDOS PRELIMINARES CITOGENÉTICOS EM *Camponotus rufipes*
(FABRICIUS, 1775) (FORMICIDAE: FORMICINAE) UNIÃO DA VITÓRIA (PR)

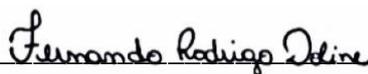
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado com nota 8,6 como requisito parcial à obtenção do grau de licenciada em Ciências Biológicas, Colegiado de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Paraná, *Campus* de União da Vitória, pela seguinte banca examinadora:



Orientadora Profa. Dra. Carla Andreia Lorscheider
Colegiado de Ciências Biológicas, UNESPAR



Prof. Dr. Marcos Otávio Ribeiro
Colegiado de Ciências Biológicas, UNESPAR



Ms. Fernando Rodrigo Doline
Universidade Federal do Paraná, UFPR

UNIÃO DA VITÓRIA, 16 DE DEZEMBRO DE 2022

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| Introdução | 6 |
| Materiais e métodos | 7 |
| Área de coleta e identificação da espécie..... | 7 |
| Delineamento experimental..... | 9 |
| Obtenção de cromossomos mitóticos (IMAI <i>et al</i> , 1988)..... | 9 |
| Coloração convencional e montagem dos cariótipos | 10 |
| Resultados e discussões..... | 11 |
| Considerações finais | 14 |
| Referências | 15 |

Resumo: O gênero *Camponotus* ocupa o segundo lugar em número de espécies de formigas, com aproximadamente 450 espécies. *Camponotus* possui ampla distribuição no planeta e é considerado complexo devido às diversas variações de cores, tamanhos e morfologia dentro de uma mesma espécie. Desta forma, o estudo teve o objetivo de analisar uma população da espécie *Camponotus rufipes* nos quesitos citogenéticos. Os espécimes coletados foram transportados vivos para o laboratório multidisciplinar da Universidade Estadual do Paraná, *Campus* de União da Vitória. As colônias foram mantidas em laboratório para os procedimentos citogenéticos, onde ocorreu a obtenção das pupas em estágio específico de desenvolvimento. Posteriormente houve a realização do procedimento de estimulação de metáfases mitóticas e demais técnicas citogenéticas. Foram analisadas 12 pré-pupas exibindo $2n = 40$ cromossomos com fórmula cariotípica de $4sm+34st+2a$, e (número fundamental) $NF=78$, populações analisadas no Uruguai, nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, e em Curitiba no Paraná também apresentam o mesmo número diploide para a espécie, com casos de polimorfismos cromossômicos que alteram a quantidade de cromossomos. A citogenética das espécies desse gênero permite um estudo com diferentes olhares, tendo assim uma relação mais completa das variações no número diploide. Na região sul, diferente de outras regiões, o inverno é rigoroso, contendo temperaturas baixas. Assim, verificou-se durante a pesquisa que o período de coleta deve ocorrer nos meses de verão, pois em outros períodos do ano, não foi possível encontrar ninhos com pupas em estágios adequados para a obtenção do gânglio. Devido a pandemia do Covid-19, e a liberação do uso dos laboratórios no *Campus* de União da Vitória, foi possível processar o material apenas nos meses de fevereiro e março de 2022, dessa forma, os dados serão ampliados no próximo período de verão na região de coleta, para que seja possível a aplicação de outras técnicas para suprir as informações e discussão de *Camponotus rufipes*.

Palavras-chave: Cariótipo; Citogenética; Cromossomos; Diploide; Formiga;

Abstract: The genus *Camponotus* occupies the second place in number of species, (about 450), second to *Pheidole*; it presents a broad distribution worldwide and it is considered complex due to its several variations in color, size and morphology inside the same species. Therefore, this study aims to analyze a *Camponotus rufipes* population to its cytogenetic aspects. Collected specimens were transported alive to the multidisciplinary laboratory at Paraná State University, União da Vitória Campus. Colonies were kept in laboratory for cytogenetic analysis, where pupae in specific development stage were obtained; next, we carried out procedures for stimulating mitotic metaphases and subsequent techniques. Twelve prepupae were analyzed ($2n = 40$ chromosomes), with the karyotype formula $4sm+34st+2a$, and $NF=78$, populations analyzed in Uruguay, in the states of Minas Gerais, Rio de Janeiro, and in Curitiba, Paraná also show the same diploid number for the species, with cases of chromosomal polymorphisms that alter the number of chromosomes. The cytogenetic of species of this genus allows a study with different perspectives, obtaining thus a more complete relation of the variations on the diploid number. In the southern region, differently from other regions, winter is harsh, with low temperatures. Therefore, along this study it was observed that the sampling period must occur during the summer months, given that in other periods of the year it was not possible to find nests with pupae in appropriate development stage for obtaining the ganglia. Due to the Covid-19 pandemic and the permission to use the laboratories from União da Vitória Campus, it was only possible to process samples in February and March 2022, and therefore data from this sampling area will be expanded in the next summer so that it is possible to apply other techniques in order to supply the information and discussion concerning *Camponotus rufipes*.

Key-words: Karyotypic; Cytogenetic; Chromosome; Diploid; Ant;

Introdução

A Ordem Hymenoptera, que engloba as vespas e abelhas, inclui também todas as formigas, estas pertencem a uma única e grande Família chamada Formicidae, a qual possui 17 subfamílias, mais de 300 gêneros e cerca de 16 mil espécies descritas, embora estime-se que este número possa atingir no mínimo 20 mil espécies (HOLLDOBLER; WILSON, 1990; BOLTON, 2022). São consideradas um dos grupos de insetos mais bem-sucedidos, mantendo inalterado seu sucesso ecológico desde 50 milhões de anos atrás, isso parece decorrer especialmente do fato de terem sido o primeiro grupo predador social explorando o solo e a vegetação, onde há cuidado cooperativo com a prole, sobreposição de gerações em um mesmo ninho e desenvolvimento avançado de castas onde há divisão de tarefas (WILSON, 1971; DIEHL, 1995).

As espécies do gênero *Camponotus*, consideradas ativas e rápidas, constroem seus ninhos principalmente em caules, galhos vazios, troncos podres e no chão, geralmente sob pedras, alimentam-se de animais mortos, secreções de plantas, pulgões e outros hemípteros. A espécie *Camponotus rufipes* está amplamente distribuída na América do sul, ocorrendo em vários habitats, incluindo cidades, plantações, pastagens, áreas arbustivas e florestas tropicais úmidas. Essa espécie possui uma coloração escura com patas castanhas ou alaranjadas, características que se assemelham a *C. atriceps*, porém esta não possui uma combinação de cores entre o corpo e as patas, sendo geralmente mais opaca. É difícil separar *C. rufipes* de *C. renggeri*, ambas possuem essa combinação de cores, tornando difícil sua identificação em nível de espécie (MACKAY, 2019).

Em geral, é considerado um gênero complicado por ser muito comum e devido ao alto grau de semelhança entre as características das espécies, tornando difícil a identificação das mesmas sem um pesquisador taxonomista especializado no gênero, dessa maneira, acredita-se que o estudo deve ser dirigido através de um complexo de espécies crípticas, grupos de espécies estreitamente relacionadas que são difíceis ou impossíveis de se distinguir por características morfológicas, ou seja, são morfológicamente idênticas, porém são isoladas reprodutivamente e muito frequentemente apresentam especiação simpátrica, onde não há uma separação geográfica das espécies, duas populações vivem na mesma área e não ocorre o cruzamento entre elas, indicando que houve uma modificação genética que impediu esse intercruzamento. Relatos de complexos de espécies estão relacionados devido à existência de uma alta variabilidade cariotípica intraespecífica (UTSUNOMIA, 2013; AGUIAR *et al.*, 2017; SANTOS, 2020).

A citogenética é uma área da genética que combina conhecimentos citológicos e genéticos estuda o cariótipo dos organismos, ou seja, as características dos cromossomos

como: número diploide, morfologia, grau de condensação, organização, função e replicação, além de suas variações durante a evolução ocasionadas por rearranjos cromossômicos (TEIXEIRA, 2018). Para estudos do número e morfologia dos cromossomos normalmente utiliza-se a coloração dos cromossomos com o corante convencional Giemsa, que também auxilia na observação de outras características como constrições secundárias, par heteromórfico sexual, presença de cromossomo B e alterações cromossômicas numéricas e estruturais. Além disso, é possível observar padrão de distribuição de heterocromatina no cariótipo pela coloração com Giemsa (IMAI *et al.*, 1988). Em Formicidae, estudos citogenéticos já foram conduzidos em mais de 750 espécies (LORITE; PALOMEQUE, 2010) e a variação cromossômica observada é de $2n=2$ cromossomos em *Myrmecia croslandi* e $2n=120$ cromossomos em *Dinoponera lucida* (MARIANO *et al.*, 2008). Dentro de um mesmo gênero podem ocorrer grandes variações, como em *Myrmecia pilosua*, que apresentam indivíduos com $2n=9, 10, 16, 24, 30, 31$ e 32 cromossomos (CROSLAND; CROZIER, 1986).

Além das características ecológicas e morfológicas das formigas do gênero *Camponotus*, é importante estudar sua citogenética, já que é muito comum encontrar variações no número diploide dentro de uma mesma espécie, devido a existência de rearranjos cromossômicos. Através de um estudo mais profundo dos cromossomos é possível discernir espécies pertencentes a um mesmo complexo, e assim, realizar sua identificação em nível de espécie (AGUIAR *et al.*, 2017).

A escassez de material citogenético de formigas disponível na literatura científica, é resultado da dificuldade de identificação taxonômica e da técnica de obtenção cromossômica que necessita da coleta correta do tecido em divisão celular nas pupas. Associar a taxonomia com a citogenética, amplia as possibilidades de diagnósticos mais precisos sobre o real status taxonômico dessas espécies.

Materiais e métodos

Área de coleta e identificação da espécie

Foi coletado um ninho de formigas de *Camponotus rufipes* (figura 1) na região do município de União da Vitória - PR ($26^{\circ}11'37.9''S$ $51^{\circ}06'28.0''W$) (Figura 2) com formigas adultas (Figura 3 A e B) e pupas (Figura 4).



Figura 1. Ninho coletado com os exemplares estudados de *Camponotus rufipes*. As características principais do ninhosão observadas na figura, como a presença de caules, galhos, troncos podres e construído no solo. Fonte: a autora, 2021.



Figura 2. Local de coleta dos ninhos de *Camponotus rufipes* no município de União da Vitória (PR), distrito de São Domingos, Colônia Correntes. Em vermelho o destaque das coordenadas dos ninhos. Fonte: Google Earth, 2021.



Figura 3. Exemplares da espécie *Camponotus rufipes*, em A) Espécime analisado e em B) Imagem da literatura. Fonte: A) a autora, 2022. B) Antwiki.org, 2021.



Figura 4. Pré-pupa de *Camponotus rufipes* fotografada em estereoscópio. Fonte: a autora, 2022.

Os espécimes foram transportados vivos, em uma caixa de transporte para o laboratório multidisciplinar da Universidade Estadual do Paraná, *Campus* União da Vitória. A identificação foi realizada pela Profa. Dra. Daniela Roberta Holdefer e confirmada pelo Pesquisador Dr. Ricardo Eduardo Vicente e depositados na coleção do laboratório de Ecologia de Insetos da Universidade Estadual do Paraná.

Delineamento experimental

As colônias foram mantidas em laboratório para separação das pupas em estágio específico de desenvolvimento, em seguida, houve a realização dos procedimentos de estimulação de metáfases mitóticas e demais técnicas.

Os procedimentos citogenéticos utilizadas foram: obtenção de cromossomos mitóticos (IMAI *et al.*, 1994), Coloração convencional ou Giemsa e Montagem dos Cariótipos.

Obtenção de cromossomos mitóticos (IMAI et al, 1988)

Inicialmente ocorreu a triagem do material, objetivando selecionar indivíduos em estágio de larva pós-defecantes, também chamado de pré-pupa, o estágio é caracterizado pela presença do mecônio e a formação inicial da mandíbula. Após, foram selecionadas diversas pré-pupas do ninho, totalizando 20 pré-pupas para obtenção cromossômica. Através do auxílio de um estereomicroscópio, foram retirados os gânglios cerebrais (Figura 5) das pré-pupas com suporte de alfinetes entomológicos sob uma lâmina de extração, estes foram imersos

individualmente em um recipiente contendo solução de colchicina hipotônica 0,005% (0,5 mL de solução de colchicina 0,1% / 9,5 mL de solução de Citrato de Sódio a 1%).

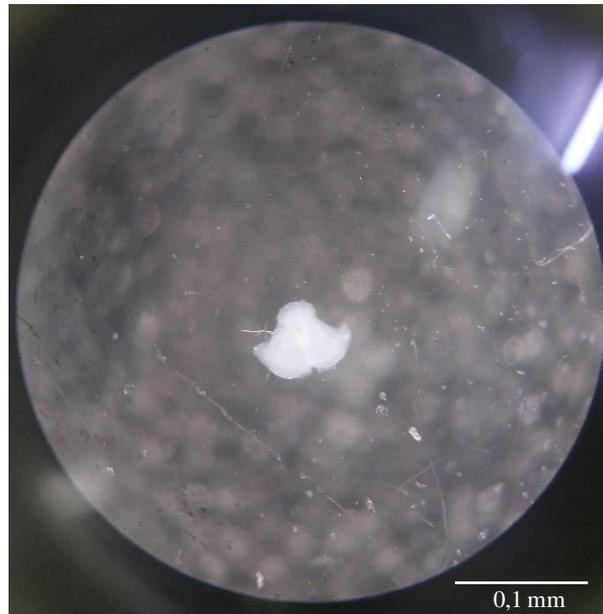


Figura 5. Gânglio cerebral coletado da espécie *Camponotus rufipes* com a utilização do estereomicroscópio.
Fonte: a autora, 2022.

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, iniciando a dissociação dos gânglios e fixação do material. Para dissociação e início da fixação utilizou-se duas gotas do fixador I (água destilada: etanol: ácido acético, 4:3:3) sobo 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 foi adicionado duas gotas do fixador II (etanol: ácido acético, 1:1) deixando agir durante 1 minuto. Após a evaporação do fixador II, foram adicionadas duas gotas de fixador III (ácido acético glacial 100%) finalizando a fixação. Após esta fase, as lâminas foram deixadas para secagem em temperatura ambiente durante 24 horas e coradas posteriormente.

Coloração convencional e montagem dos cariótipos

As lâminas foram coradas com uma solução de Giemsa a 3% em tampão fosfato (pH 6,8), o corante preparado foi colocado sobre as lâminas cobrindo toda a sua extensão, permanecendo durante 20 minutos. Em seguida, foi retirado o excesso em água corrente. Após secagem as lâminas foram analisadas no microscópio de luz. Foram analisadas 12 pré-pupas, totalizando 12 lâminas submetidas à coloração convencional de Giemsa. As melhores metáfases foram capturadas com utilização do software Image Pro Plus - CoolSNAP-pro (Media Cybernetic) em Câmara de Captura Carl Zeiss AxioLab A1. As fotografias dos cromossomos foram

recortadas no Photoshop e em seguida os homólogos pareados e dispostos em grupos (metacêntrico, submetacêntrico, subtelocêntrico e acrocêntrico). A classificação cromossômica adotada será a proposta por Levan *et al.* (1964) e revista por Guerra (1986) onde o limite de ralação de braços (RB), braço maior/menor, estabelecido é:

RB = 1,00 - 1,70 / metacêntrico (m);

RB = 1,71 - 3,00 / submetacêntrico (sm);

RB = 3,01 - 7,00 / subtelocêntrico (st);

RB = maior que 7,00 / acrocêntrico (a).

Na determinação do número fundamental (NF), os cromossomos metacêntricos, submetacêntricos e subtelocêntricos foram considerados com dois braços cromossômicos.

Resultados e discussões

A população estudada de *Camponotus rufipes* coletada no município de União da Vitória - Paraná, apresentou número diploide com $2n = 40$ cromossomos, com fórmula cariotípica de $4sm+34st+2a$, e NF=78 (Figura 6).

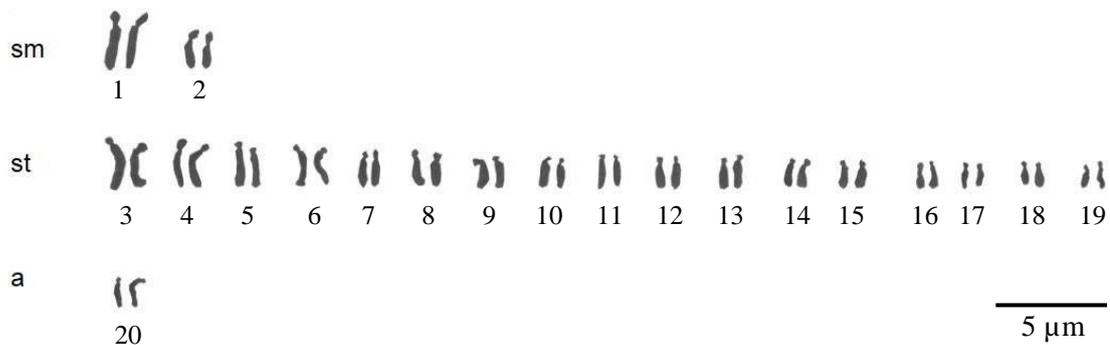


Figura 6. Cariótipo de *Camponotus rufipes* coletado em União da Vitória (PR), com $2n=40$ cromossomos.

Legenda: sm(submetacêntrico), st (subtelocêntrico) e a (acrocêntrico). Fonte: a autora, 2022.

A quantidade e a morfologia cromossômica são aspectos importantes para organização genômica de cada organismo. Dados mostram que a evolução cromossômica, que ocorre em taxas mais altas em insetos eusociais, tende a reduzir o tamanho dos cromossomos durante a diversificação genética (VIEIRA; SANTANA, 2020).

Estudos citogenéticos clássicos e moleculares em formigas têm grande aplicabilidade e relevância em áreas como citotaxonomia, evolução, filogenia e conservação de espécies (MARIANO *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2010; 2016; CRISTIANO *et al.*, 2013; BARROS *et al.*, 2015; AGUIAR *et al.*, 2017). O conceito de taxonomia integrativa, que tem sido muito discutido, corresponde à integração de dados de diversas áreas da ciência para auxiliar na delimitação de espécies (SCHLICK- STEINER *et al.*, 2010). Nesse contexto, a citogenética tem

se mostrado uma ferramenta útil na resolução de grupos taxonômicos complexos em Formicidae (CRISTIANO *et al.*, 2013; CORREIA *et al.*, 2016; SANTOS *et al.* 2016, AGUIAR *et al.*, 2017). Esses estudos citogenéticos em formigas mostraram variações cariotípicas nítidas entre os táxons morfológicamente complexos estudados, o que permitiu distingui-los, seja em relação ao número, morfologia cromossômica, padrão de bandamentos cromossômicos (citogenética clássica) e/ou a distribuição das regiões de genes ribossomais (citogenética molecular), auxiliando na taxonomia dos mesmos.

As formigas apresentam alta plasticidade cariotípica e o gênero *Camponotus*, um dos mais especiosos entre os Formicídeos, apresenta poucos dados citogenéticos em relação à sua abundância (Tabela 1) (VIEIRA; SANTANA, 2020).

Tabela 1. Dados citogenéticos de *Camponotus (Myrmotherix)*. Informações das espécies, local de coleta, número diploide. Fonte: a autora, 2021.

| <i>Camponotus sp</i> | Local de coleta | 2n | Referência |
|----------------------|---|--------|--|
| <i>C. atriceps</i> | Lavras (MG) | 40 | AGUIAR <i>et al.</i> , 2017 |
| <i>C. cingulatus</i> | Rio de Janeiro (RJ) e Viçosa (MG) | 40 | AGUIAR <i>et al.</i> , 2017 |
| <i>C. renggeri</i> | Nova Mutum (MT) e Macapá (AP) | 40 | AGUIAR <i>et al.</i> , 2017 VIEIRA; SANTANA, 2020 |
| <i>C. rufipes</i> | Viçosa (MG), Ponte Nova (MG), Lavras (MG), Ubá (MG) e Curitiba (PR) | 40, 39 | MARIANO <i>et al.</i> , 2001; AGUIAR <i>et al.</i> , 2017 |
| <i>C. rufipes</i> | Rio de Janeiro (RJ), Petrópolis (RJ) Urucânia (MG) e Uruguai | 40 | GOÑI <i>et al.</i> , 1983; AGUIAR <i>et al.</i> , 2017 |

As análises citogenéticas em *Camponotus* ocorreram principalmente em espécies coletadas no estado brasileiro de Minas Gerais, correspondendo a três espécies e/ou sete populações analisadas. Na sequência no Rio de Janeiro ocorreu a análise de duas espécies, e três populações. Esses estudos localizados principalmente nesses dois estados são resultado de grupos de pesquisas em Citogenética de Formigas consolidados nessas regiões. No estado do Paraná apenas uma população foi analisada, e na capital do estado Curitiba por Aguiar *et al.* (2017). Esses dados revelam a importância da ampliação de análise na região sul do Brasil, iniciando no Paraná e estendo aos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Ao analisar o número diploide nas espécies de *Camponotus*, 40 cromossomos é o número comum entre eles, com polimorfismo cromossômico observado em *C. rufipes*. Ao observar os dados da literatura, verificou-se que onze populações de *Camponotus rufipes* foram analisadas citogeneticamente no Brasil e Uruguai, dados referentes a macroestrutura cromossômica foram inseridos na tabela 2, juntamente com os dados do presente estudo.

Tabela 2. Dados citogenéticos de *Camponotus rufipes*. Informação referente a localização com as coordenadas dos ninhos, bioma e número diploide. Informações do cariótipo: W (wild $2n=40$), T (translocação, $2n=39$) e I (Inversão, $2n=40$). Informações das técnicas citogenéticas: BC (Bandeamento C), FL (fluorocromos CMA₃/DAPI), RONS (Regiões Organizadoras de Nucléolos com nitrato de prata) e FISH (Hibridação Fluorescente *In Situ*).

Fonte: a) Goñi *et al.*, 1983; b) Aguiar *et al.*, 2017; c) Mariano *et al.*, 2001 e d) Presente estudo.

Legenda: U (Uruguai), Estados brasileiros: MG (Minas Gerais), RJ (Rio de Janeiro) e PR (Paraná).

| Espécie | Local/ Coordenadas | Bioma | 2n | Cariótipo | Técnicas | Referência |
|-------------------|---|----------------|------------------|-----------|--------------|------------|
| <i>C. rufipes</i> | U: Piriapolis-Maldonado | Pampas | 40 | W | - | A |
| <i>C. rufipes</i> | U: Punta del Este-Maldonado | Pampas | 40;(20) | W | - | A |
| <i>C. rufipes</i> | Viçosa (MG) | Mata Atlântica | 40, 39; (20, 19) | W, T | BC, FL, FISH | B |
| <i>C. rufipes</i> | Viçosa (MG) | Mata Atlântica | 40, 39 | W, T | - | C |
| <i>C. rufipes</i> | Ponte Nova (MG) | Mata Atlântica | 40, 39 | W, T, I | BC, FL, FISH | B |
| <i>C. rufipes</i> | Lavras (MG) | Cerrado | 40, 39 | W, T | BC, FL, FISH | B |
| <i>C. rufipes</i> | Ubá (MG) (21°05`S, 42°55`W) | Mata Atlântica | 40;(20) | W, T | BC, FL, FISH | B |
| <i>C. rufipes</i> | Petrópolis (RJ) (22°30`S, 43°13`W) | Mata Atlântica | 40 | W | BC, FL | B |
| <i>C. rufipes</i> | Rio de Janeiro (RJ) (23°00`S, 43°22`W) | Mata Atlântica | 40;(20) | W | BC, FL | B |
| <i>C. rufipes</i> | Curitiba (PR) (25°26`S, 49°14`W) | Mata Atlântica | 40, 39; (20) | W, T | BC, FL, FISH | B |
| <i>C. rufipes</i> | Urucânia (MG) (20°22`S, 42°44`W) | Mata Atlântica | 40 | W | FL | B |
| <i>C. rufipes</i> | União da Vitória (PR) (26°11'37.9"S 51°06'28.0"W) | Mata Atlântica | 40 | W | - | D |

Fonte: Aguiar *et al.*, 2017 com modificações.

Rearranjos cromossômicos são responsáveis por diferenças cariotípicas interindividuais ou interespecíficas observadas nos diferentes organismos (KASAHARA, 2009) e podem originar polimorfismos cromossômicos em populações naturais (WHITE, 1973).

Polimorfismos cromossômicos foram definidos por Sumner (1990) como resultado de inversões e outros rearranjos em que somente as formas selvagens e as rearranjadas são possíveis de ocorrer sendo essas claramente descontínuas. Vários estudos de variações cromossômicas estão de acordo com esse conceito, pois em uma mesma população observam-se os portadores heteromórficos do rearranjo e os indivíduos homomórficos para um ou outro tipo de cromossomos, podendo existir formas distintas de constituição cariotípica (KASAHARA, 2009). O estudo citogenético em diferentes populações de espécies de formigas tem permitido a identificação e caracterização de polimorfismos cromossômicos e a compreensão da dinâmica evolutiva cromossômica nas espécies (MARIANO *et al.*, 2008; AGUIAR *et al.*, 2017).

A ocorrência de polimorfismos cromossômicos devido a translocações e inversões em formigas com alto número cromossômico ($n>12$) tem sido relatados, como em *Camponotus*

rufipes (n=20) (MARIANO *et al.*, 2001; AGUIAR *et al.*, 2017). Nessa espécie foi possível detectar um polimorfismo cromossômico numérico em diferentes populações, inclusive machos portando o cromossomo rearranjado, isso acontece devido à translocação robertsoniana, onde ocorre a fusão da cromatina completa do braço longo de dois cromossomos acrocêntricos (BARUFFI, 2013). É bastante comum observar em diferentes organismos variações entre os cromossomos homólogos referentes a tamanho ou intensidade no padrão de coloração de marcações observadas em técnicas citogenéticas. Essas variações são denominadas de heteromorfismos cromossômicos, um termo mais neutro, que indica diferentes formas cromossômicas que não necessariamente são descontínuas e, ainda, não obrigatoriamente ocorrem juntas no mesmo habitat (AGUIAR *et al.*, 2017).

As translocações robertsonianas, fazem com que haja a variação do número diploide dentro da espécie estudada de $2n=40$ para $2n=39$ cromossomos (Tabela 1), a qual não é observada para *C. atriceps* e *C. renggeri*, espécies morfologicamente parecidas a *C. rufipes*. Apesar de ser comum, nem sempre essa variação é encontrada, conforme a tabela 2, é possível observar uma diferença no número diploide dos indivíduos nos municípios de Viçosa (MG), Ponte Nova (MG), Lavras (MG) e também em Curitiba (PR). No presente estudo essa variação não foi observada para *C. rufipes*, entretanto acredita-se que ela esteja presente nas populações analisadas e que o motivo de não ser encontrada se dá ao fato do baixo número de metáfases adquiridas e pré-pupas analisadas, impossibilitando que o resultado fosse obtido com precisão.

Portanto, ampliar os estudos citogenéticos através da obtenção de um número maior de pré-pupas e da realização de técnicas como o FISH para mapeamento de genes ribossomais 18S, além do emprego de técnicas como a AgRONS e bandamento C são muito valiosos para auxiliar no estudo e compreensão de *Camponotus* na região de União da Vitória.

Considerações finais

Na região sul, diferente de outras regiões do país, como Minas Gerais, as estações do ano são bem típicas, com invernos rigorosos e temperaturas baixas que dificultam o encontro de ninhos, registrando baixa atividade das formigas. Assim, verificou-se durante a pesquisa que o período de coleta deverá ocorrer nos meses de verão (novembro até fevereiro), pois em outros períodos do ano, não encontramos ninhos com pupas em estágios adequados para a coleta do gânglio. Devido a pandemia do Covid-19, e a liberação do uso dos laboratórios no Campus de União da Vitória, foi possível processar o material apenas nos meses de fevereiro e março de 2022, dessa forma, os dados serão ampliados no próximo período de verão na região de coleta, para que seja possível a aplicação de outras técnicas, aumentando as informações e permitindo uma discussão mais ampla de *Camponotus rufipes*.

Referências

- AGUIAR HJAC, *et al.* Cytogenetic studies on populations of *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775) and *Camponotus renggeri* Emery, 1894 (Formicidae: Formicinae). **PLoS ONE**, 12(5): e0177702, 2017.
- ANTWIKI. <https://antwiki.org/wiki/Myrmicinae> Acesso em: 18.03.2021.
- BARROS LAC, *et al.* Cytogenetic data on the threatened leafcutter ant *Atta robusta* Borgmeier, 1939 (Formicidae: Myrmicinae: Attini). **Comptes Rendus Biologies**, 338(10): 660-665, 2015
- BARUFFI, MR. Uma rara translocação não robertsoniana envolvendo os cromossomos 15 e 21. **Sao Paulo Medical Journal**, 2013.
- BOLTON B. **An online catalog of the ants of the world**. <http://antcat.org>. (acesso em 18 de julho de 2022), 2022.
- CORREIA JPSO. Cytogenetic analysis of *Pseudoponera stigma* and *Pseudoponera gilberti* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae): a taxonomic approach. **Florida Entomologist**, 99(4): 718- 721, 2016.
- CRISTIANO MP. **História evolutiva e filogeografia da formiga cortadeira *Acromyrmex striatus* (Roger, 1863) (Formicidae: Attini)**. 2013. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2013.
- CROSLAND MW; CROZIER RH. *Mymercia pilosula*, an ant with only one pair of chromosomes. **Science**, 231-1278, 1986.
- DIEHL-FLEIG E. **Formigas: organização social e ecologia comportamental**. 1ª ed. São Leopoldo: Editora Unisinos, 1995.
- GUERRA MS. Reviewing the chromosome nomenclature of Levan *et al.* **Revista Brasileira de Genética**, 9: 741-743, 1986.
- HOLDOBLER B; WILSON E. **The ants**. Harvard University Press, Cambridge, 1990.
- IMAI HT, *et al.* Experimental bases for the minimum interaction theory. I. Chromosome evolution in ants of the *Mymercia pilosula* species complex (Hymenoptera: Formicidae: Myrmecinae). **Japan Journal Genetic**, 69, 1994.
- KASAHARA S. **Introdução à pesquisa em Citogenética de Vertebrados**. 1ª ed. Sociedade Brasileira Genética. Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil. 160 pp, 2009.
- LEVAN A *et al.* Nomenclature for centromeric position on chromosomes. **Hereditas**, 52: 201-220, 1964.
- LORITE P; PALOMEQUE T. Evolução do cariótipo em formigas (Hymenoptera: Formicidae), com uma revisão dos números cromossômicos conhecidos. **Myrmecological News**, 13(1): 89-102, 2010.

- MACKAY WP; MACKAY EE. **Género *Camponotus***. Capítulo 26. Pp. 743-789. In: FERNÁNDEZ F *et al.* (eds.). *Hormigas de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2019.
- MARIANO CSF *et al.* Estudos cariotípicos de algumas espécies neotropicais de *Camponotus* Mayr (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, 45: 267-274, 2001.
- MARIANO CSF, *et al.* A biogeographical study of the threatened ant *Dinoponera lucida* Emery (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) using a cytogenetic approach. **Insect Conservation and Diversity**, 1: 161-168, 2008.
- SANTOS IS *et al.* A cytogenetic approach to the study of Neotropical *Odontomachus* and *Anochetus ants* (Hymenoptera: Formicidae). **Annals of the Entomological Society of America**, 103(3): 424-429, 2010.
- SANTOS TT; CAZETTA ML. Formigas da tribo Attini e sua interação com micro-organismos. **Revista Científica da FHO/Uniararas**, 4(1), 2016.
- SANTOS, V. **Especiação**. Brasil Escola, 2020. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/especiacao.htm>. Acesso em: 17 nov. 2022.
- SCHLICK-STEINER BC *et al.* Integrative taxonomy: a multisource approach to exploring biodiversity. **Annual Review of Entomology**, 55: 421-438, 2010.
- SUMNER AT. **Chromosome Banding**. Hyman U. ed. London, Boston, Sydney, Wellington, 1990.
- TEIXEIRA GA. **Citogenética clássica e molecular de formigas neotropicais**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2018.
- UTSUNOMIA R. **Estrutura cromossômica e caracterização cariotípica no complexo de espécies *Sybranchus marmoratus* (TELEOSTEI, SYNBRANCHIFORMES, SYNBRANCHIDAE)**. Botucatu/SP, 2013.
- VIEIRA TFBV; SANTANA FA. Chromosome morphometry of *Camponotus renggeri* Emery, 1894 (Hymenoptera: Formicidae). **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, 15(1), 231-235, 2020
- WHITE MJD. *Animal cytology and evolution*. 3rd ed. London, Cambridge University, 961 p, 1973.
- WILSON EO. **The insects societies**. Belknap Press of Harvard Univ. Press. Cambridge, Mass, 1971.

NORMAS PARA APRESENTAÇÃO DE ARTIGOS – REVISTA LUMINÁRIA

- a) Os artigos deverão conter entre 10 e 30 páginas, respeitando-se a seguinte configuração: utilizar o editor de texto Word for Windows, papel em formato A4 (21 x 29,7 cm) com margens 2,0cm, com numeração de páginas.
- b) Os artigos submetidos à revista Luminária serão formatados e compatibilizados com o visual do formato do periódico.
- c) As condições de ortografia e sintaxe serão de responsabilidade do autor.

ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS

1. Primeira página

- a) Título do artigo: deve ser claro e objetivo. Deve estar escrito na mesma língua do texto, evitando-se abreviaturas, parênteses e fórmulas que dificultem a compreensão do conteúdo do artigo. Deve ser apresentado na primeira linha, centralizado e em negrito. Fonte: Times New Roman, tamanho 12, somente primeira letra em maiúscula.
- b) Nome(s) do(s) autor(es): deve-se indicar o(s) nome(s) de todos os autores do trabalho, por extenso. Após cada nome, inserir o nome da Instituição e sigla; o endereço eletrônico deverá ser indicado logo em seguida. Deve estar alinhado à direita, somente as iniciais dos nomes em maiúsculas.
- c) Resumo: deve ser redigido em português, independente da língua em que o texto estiver escrito. Colocar, antecedendo o texto, a palavra Resumo em caixa baixa (inicial maiúscula) e negrito. Redigir o texto em parágrafo único, espaço simples, justificado, de no máximo 300 palavras.
- d) Palavras-chave: indicar entre 3 a 5 palavras significativas do conteúdo do artigo, logo abaixo do resumo, separadas entre si por ponto-vírgula (;). Colocar o termo Palavras-chave em caixa baixa e negrito, primeira letra em maiúscula.
- e) Para o Título em inglês: seguir as mesmas normas indicadas para o título.
- f) Para o Abstract: seguir as mesmas normas indicadas para o resumo.
- g) Para Key-words: seguir as mesmas normas indicadas para palavras-chave.

2. Corpo do texto

- a) O texto do artigo científico deve conter os seguintes tópicos: Introdução contendo

Material e Métodos ou, Metodologia; Desenvolvimento; Resultados; Discussão (Resultados e Discussão podem ser apresentados num mesmo tópico se os autores preferirem) e Considerações finais. Em casos especiais (p.ex. trabalhos essencialmente teóricos) será permitida a organização somente nos tópicos:

Introdução, Desenvolvimento e Considerações finais. Os tópicos devem ser apresentados em negrito e caixa baixa, somente inicial em maiúscula.

b) Fonte: Times New Roman, tamanho 12, alinhamento justificado ao longo de todo o texto e espaçamento 1,5 entre linhas.

c) Citações: no corpo do texto, serão de até 03 linhas, entre aspas duplas. Quando maiores do que 03 linhas, devem ser destacadas fora do corpo do texto, com recuo de 4 cm da margem esquerda, com letra menor que a utilizada no texto (fonte 11), em espaçamento simples e sem aspas. As referências bibliográficas das citações ou menções a outros textos deverão ser indicadas, com as seguintes informações, entre parênteses: (sobrenome do autor em caixa alta, vírgula, ano da publicação). Exemplo: (COSTA, 2003). Quando as citações vierem incluídas no corpo do texto, as citações devem ser expressas em minúsculo e somente com a inicial em maiúsculo e somente o ano entre parênteses. Exemplo: Costa (2003). Para dois autores (COSTA; SANTOS, 2010). Se for no texto Costa e Santos (2010). No caso de mais autores, usar *et al.* Exemplo: Costa *et al.* (2010) ou (COSTA *et al.*, 2010).

d) Notas explicativas: quando utilizadas, devem ser colocadas no rodapé da página e ser numeradas sequencialmente, sobrescritas com algarismos arábicos no decorrer do texto, devendo ter numeração única e consecutiva. Alinhamento justificado, espaçamento 10, mantendo espaço simples dentro da nota e entre as notas.

e) Subtítulos das seções: sem numeração, sem recuo de parágrafo, em itálico, com maiúscula somente a primeira palavra da seção. Exemplo: *Relação teoria e prática na formação de professores*. Não numerar: *Introdução, Metodologia, Resultados, Discussão, Conclusão e Referências*.

f) Elementos ilustrativos: gráficos, mapas, tabelas, figuras, fotos, etc., devem ser inseridos no texto, logo após serem citados, contendo a devida explicação (legenda) na parte inferior (quando se tratar de ilustrações) ou superior (quando se tratar de tabelas ou quadros) da mesma e numeradas sequencialmente (ex. Figura 1. Modelos didáticos desenvolvidos por alunos do ensino médio da rede pública de ensino do município de União da Vitória, PR). No caso de imagens, usar formatos igual ou superior a 300dpi.

3. Referências

Colocadas logo após o término do artigo. Seguir normas da ABNT em uso. Em caso de dúvidas, você poderá usar links que formatam referências, como: <https://referenciabibliografica.net/>

Exemplos:

Artigo de periódico:

BARBOSA, M.C.; NAVARRO, V.M.; QUEIROZ, P.G. Física e arte nas estações do ano. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, v. 13, n.1, p.33-54, 2004.

Obs. Neste caso nomes e segundo nomes dos autores podem ser abreviados sem espaço. Após o nome do periódico é usual a cidade onde o periódico é editado. Recomendamos padronização, se fizer para uma Livros e folhetos: HARBONE, J. B. **Introduction to ecological**

biochemistry. 3. ed. London: Academic Press, 1988. 382 p.

Obs. Em caso de mais autores abreviar como artigo de periódico.

Capítulos de livros:

ROMANO, G. Imagens da juventude na era moderna. In: LEVI, G.; SCHMIDT, J. (Orgs.).

Histórias jovens 2: a época contemporânea. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. p. 7-16.

Monografias, dissertações e teses:

ARAUJO, U.A.M. **Máscaras inteiriças Tukúna: possibilidades de estudo de artefatos de museu para o conhecimento do universo indígena**. 1985. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais)–Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo, São Paulo, 1986.

Obs. Citar teses, monografias e dissertações da mesma forma.

Congresso, Conferências, Encontros e outros eventos:

RODRIGUES, M. V. Uma investigação na qualidade de vida no trabalho. In: ENCONTRO ANUAL DA ANPAD, 13., 1989, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ANPAD, 1989. p. 455-46

Documentos em meio eletrônico:

BELLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El niño e a agricultura da região Sul do Brasil**.

Disponível em: <<http://www.mac.usp.br/nino2>.> Acesso em: 6 abr. 2001.

Artigos

Política padrão de seção

Declaração de Direito Autoral

Todas as informações, opiniões, dados, referências, citações e posicionamentos expressos nos textos científicos publicados são de inteira responsabilidade dos seus respectivos autores/escritores, cabendo-lhes os elogios, as críticas e as possíveis consequências legais e jurídicas. Uma vez aceito para publicação, o autor concorda em ceder os direitos autorais da publicação do texto científico encaminhado à revista Luminária.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.