



Efeito de borda na estrutura da colônia de uma formiga de Cerrado, *Odontomachus chelifer* (Formicidae: Ponerinae)

Aluna: Alessandra dos Santos Mendes Lemos

Orientadores: Paulo S. Oliveira, Marianne Azevedo-Silva e Anete P. de Souza

Colaboradores: Salatiel Gonçalves-Neto e Luis F. P. P. Ferreira Salles

Introdução

Odontomachus chelifer são formigas poneromorfas amplamente distribuídas em regiões neotropicais. A espécie é frequentemente encontrada no cerrado, onde participa de diversas interações importantes tais como predação de artrópodes e dispersão de sementes. Sabe-se que essas formigas apresentam poliginia (mais de uma rainha funcional) e são suscetíveis a fragmentação de habitat, a qual pode afetar a diversidade genética de seus ninhos. No geral, em formigas, a variação genética das colônias é diretamente influenciada pela poliginia, a qual pode ser mediada por fatores ambientais como escassez de recursos. Assim, é importante compreender os potenciais efeitos de fragmentação de habitat sobre a poliginia e estrutura colonial. No presente projeto, utilizamos marcadores moleculares microsatélites previamente desenvolvidos por nosso grupo para descrever a diversidade genética e o sistema de cruzamento em colônias de *O. chelifer*, e investigar suas possíveis associações com efeitos de borda no cerrado.

Objetivos

Caracterizar a estrutura genética em colônias de *O. chelifer* através de ferramentas utilizadas para análise em genética de populações.

Objetivos específicos:

- Estimar diversidade genética das colônias, o número de rainhas reprodutivas nas colônias, e o parentesco genético entre rainhas reprodutivas e entre operárias de cada colônia.
- Avaliar se esses parâmetros são influenciados pela localização das colônias, no interior ou na borda de um mesmo fragmento de cerrado.

Metodologia

Coletas do material animal foram realizadas na Fazenda Campininha, uma reserva de cerrado em Mogi-Guaçu – SP (22°18'S e 47°11'W). No total, 270 operárias de 18 ninhos foram genotipadas para 12 marcadores microsatélites, sendo que 9 destes ninhos estavam localizados na borda e 9 no interior de um fragmento de cerrado.

Os genótipos parentais foram reconstruídos através do programa Colony v.2.0 e assim, obtivemos o número efetivo de rainhas por ninho, bem como suas frequências de acasalamento. Já o parentesco genético nas colônias de *O. chelifer*, foi estimado utilizando a estatística de Queller &



Goodnight (1989), implementada no software RELATEDNESS v.5.0. O parentesco médio foi estimado para cada colônia entre: as operárias, as rainhas, todos os machos, os machos que copularam com a mesma rainha e entre as rainhas e machos com os quais copularam. As análises de desvio reprodutivo de rainhas e de machos que copularam com uma mesma rainha, bem como tendência a monopolização da prole pelos mesmos, foram feitas utilizando o índice B proposto por Nonacs (2000) no software R. Por fim, através de múltiplas ferramentas, caracterizamos a diversidade genética dos ninhos de *O. chelifer*, estimando os valores de: heterozigosidade esperada (H_E), riqueza alélica rarefeita (A), riqueza de alelos privados (pA) e tamanho efetivo das colônias (N_e).

Para avaliar um possível efeito de borda sobre a estrutura das colônias de *O. chelifer*, os componentes do sistema de cruzamento e as estimativas de diversidade genética foram comparados entre os ninhos localizados na borda e no interior do fragmento de cerrado utilizando likelihood ratio test, implementado no pacote lntest no R.

Resultados

A poliginia funcional (i.e. mais de uma rainha efetivamente contribuindo para formação da prole nas colônias) foi observada em todos os ninhos de *O. chelifer*. No total, 87 rainhas tiveram seus genótipos reconstruídos, com esse número variando de 3 a 8 rainhas por ninho. Em média (\pm erro padrão), as rainhas de *O. chelifer* apresentaram uma baixa frequência de cruzamentos ($1,73 \pm 0,10$).

Considerando o sistema reprodutivo haplodiploide encontrado em formigas e a ocorrência de poliginia na espécie foco deste estudo, o valor teórico de parentesco esperado entre operárias é de 0,25 (meia-irmãs). Porém, ao analisarmos todos os ninhos juntos, encontramos um parentesco significativamente maior do que este valor teórico ($0,45 \pm 0,023$), exceto em um ninho (A3N12I). O parentesco entre rainhas também se mostrou maior do que o valor teórico esperado para meias-irmãs (0,25), apresentando média (\pm desvio padrão) de $0,37 \pm 0,024$. Já entre machos que copularam com uma única rainha, o valor do parentesco ($0,38 \pm 0,023$) foi significativamente menor que o valor teórico esperado para irmãos (0,5). O mesmo ocorreu para o parentesco dos machos entre todos os machos dos ninhos ($0,31 \pm 0,022$). Analisando a relação entre as rainhas e os machos com os quais acasalaram, a média foi de $0,33 \pm 0,017$, valor significativamente maior que o teórico de 0,25 esperado entre irmãs-irmãos. Esse mesmo padrão de resultados também foi encontrado quando analisamos as colônias separadas por localização do ninho (borda e interior).

Com relação aos desvios reprodutivos entre rainhas em cada ninho, este foi significativo entre rainhas em 4 ninhos, dois localizados no interior e dois na borda. Apenas um ninho (T4N4B), de borda, apresentou evidências de monopolização da prole por uma única rainha. Para os machos que copularam com uma mesma rainha, não encontramos evidências de desvios reprodutivos significativos ou tendência a monopolização da prole, sugerindo que a determinação da paternidade em rainhas com múltiplas cópulas é aleatória para *O. chelifer*.

Já as análises de diversidade genética, apresentaram ninhos com média (\pm erro padrão) da H_E igual a $0,59 \pm 0,01$. A riqueza alélica rarefeita variou entre 1 e 7, com média 3,45, enquanto a riqueza de alelos privados apresentou média 0,32, variando de 0 a 3. Por fim, o tamanho efetivo de cada uma das colônias foi, em média, $6,3 \pm 0,656$.



As análises comparativas dos componentes do sistema de cruzamento e das estimativas de diversidade genética ninhos localizados na borda e no interior não mostraram diferenças significativas entre os mesmos, sugerindo que as estratégias reprodutivas de *O. chelifera*, bem como seus efeitos sobre a diversidade genética dos ninhos, não são exclusivamente dependentes da localização dos mesmos nos fragmentos de cerrado (Figuras 1 e 2).

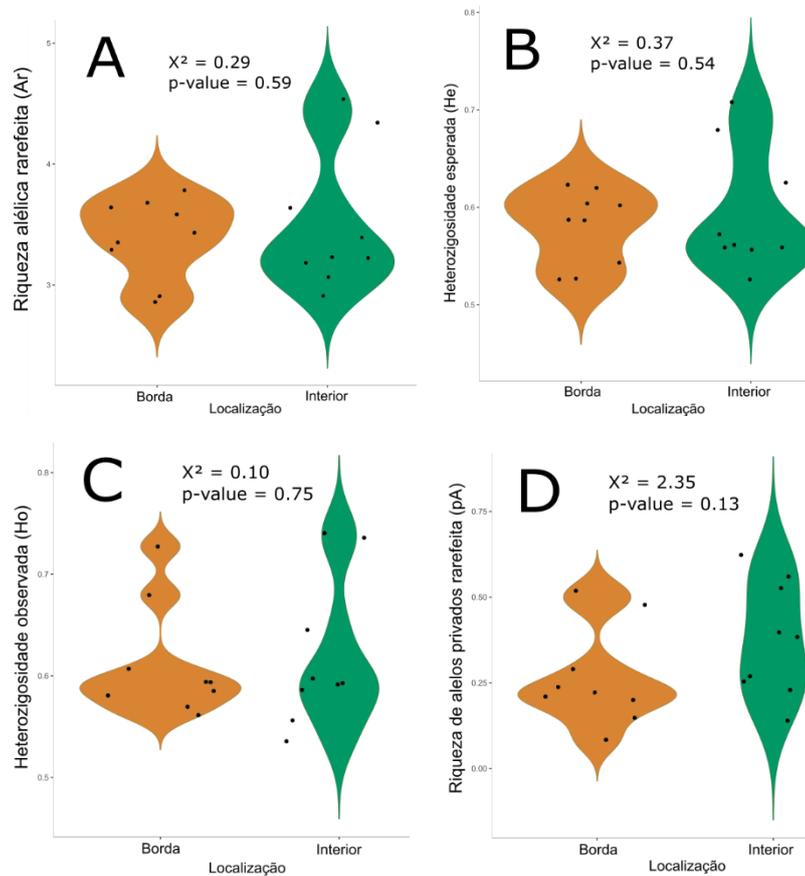
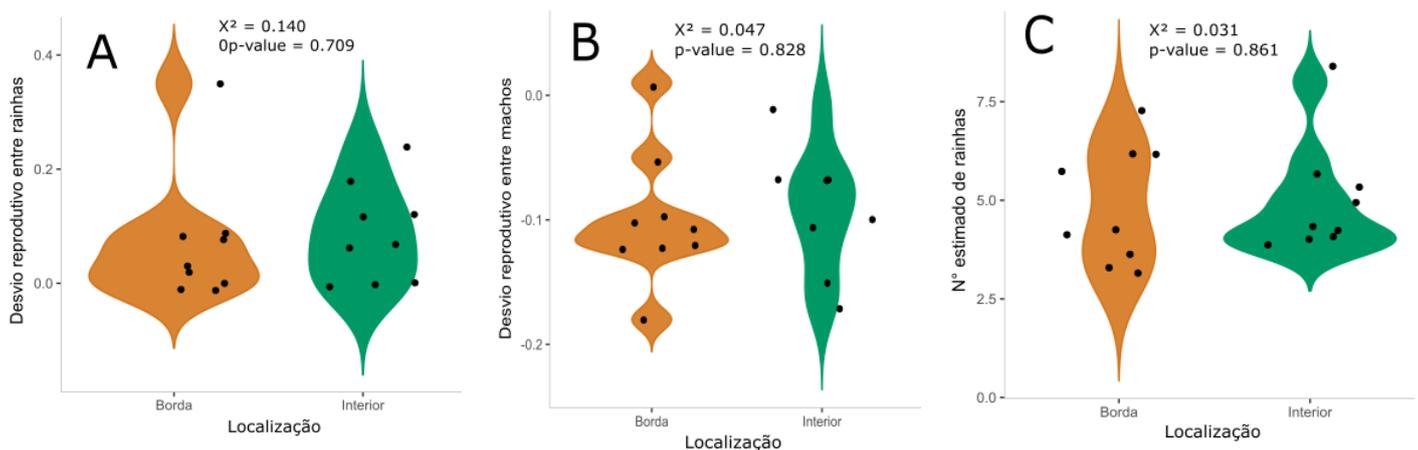


Figura 1. Relação de ninhos localizados na borda e no interior de um mesmo fragmento de Cerrado com: A. Heterozigosidade esperada (He), B. Heterozigosidade observada (Ho), C. Riqueza alélica rarefeita (Ar) e D. Riqueza de Alelos privados (pA).



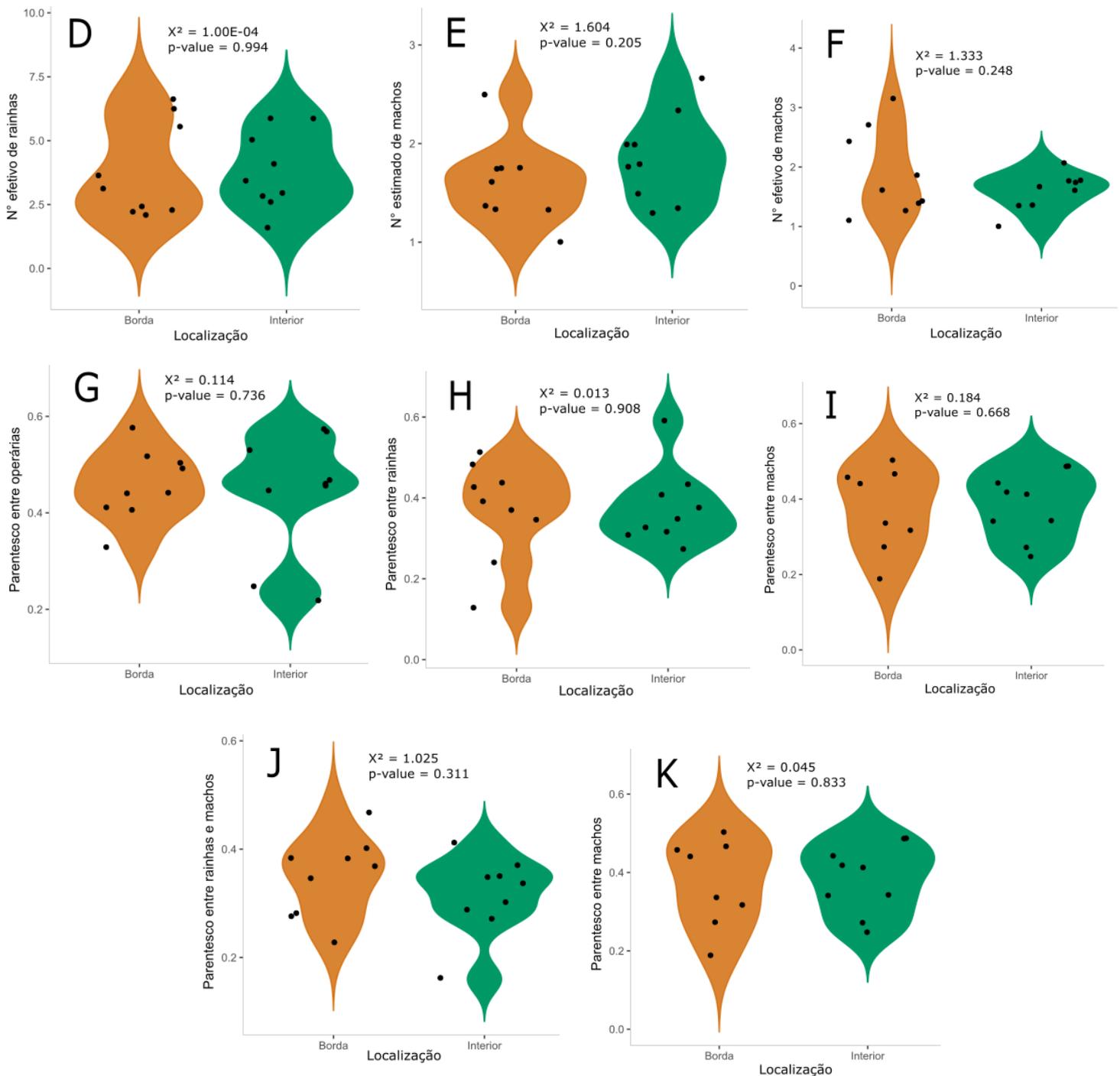


Figura 2. Relação de ninhos localizados na borda e no interior de um mesmo fragmento de Cerrado com: A. Desvio reprodutivo entre rainhas, B. Desvio reprodutivo entre machos, C. N° estimado de rainhas, D. N° efetivo de rainhas, E. N° estimado de machos, F. N° efetivo de machos, G. Parentesco entre operárias, H. Parentesco entre rainhas, I. Parentesco entre machos, J. Parentesco entre rainhas e machos e K. Parentesco entre machos.

Discussão e Conclusão



A poliginia detectada nos ninhos de *O. chelifer* neste trabalho corrobora dados observacionais anteriores. Nesta espécie, foi mostrada a existência de rituais comportamentais que determinam uma ordem de dominância entre rainhas, sendo que rainhas posicionadas no topo da hierarquia, colocam mais ovos. Tais dados indicam que as rainhas mantem esses rituais, e que a dominância reprodutiva dentro da colônia está em constante mudança. Com os dados moleculares obtidos, foi possível verificar que, de fato, mais de uma rainha contribui para a formação da prole e que, embora haja desvios reprodutivos significativos, esses raramente culminam em monopolização da prole por uma única rainha. Isso sugere que a troca de posições na hierarquia de dominância reprodutiva da espécie é, provavelmente, frequente. De forma que as diferentes linhagens maternas são detectadas entre as operárias da colônia. Essa estratégia culmina no aumento de diversidade genética nos ninhos de *O. chelifer*.

A associação de rainhas em colônias de formigas pode ser vista como uma estratégia das espécies de aumentar a probabilidade de sobrevivência da colônia, devido a uma maior qualidade e rapidez na produção de operárias. Além disso, credita-se a poliginia à ocorrência de pressões ecológicas como o alto custo de criação independente dos ninhos e a baixa disponibilidade de locais para nidificação no ambiente. Por outro lado, diferentes hipóteses existem para evolução da poliandria em formigas, tais como o aumento do estoque de espermatozoides, aumento da imunidade das colônias e da diversidade genética nas mesmas. De fato, existe uma relação negativa entre poliginia e poliandria (cópula com vários machos), tal que espécies de formigas tendem a investir em apenas uma dessas duas estratégias. Nossos dados corroboram essa tendência, uma vez que em *O. chelifer* o número observado de rainhas nos ninhos variou de 3 a 8, enquanto a média de cópulas por rainha foi menor que 2. Apesar da média de frequência de acasalamentos ter sido baixa, de 87 rainhas detectadas neste estudo, 32 acasalaram mais de uma vez, sugerindo que a poliandria pode também ser uma estratégia para algumas rainhas da espécie.

Não houve diferenças significativas entre os componentes do sistema de cruzamento e, conseqüentemente, na diversidade genética, nos ninhos de *O. chelifer* localizados em borda e interior do fragmento de cerrado. Embora exista evidências de que colônias de formigas tenham uma tendência a permanecerem menos tempo em bordas de fragmentos, nossos dados mostram que não há um efeito de borda sobre a estruturação genética em ninhos de *O. chelifer*. Em trabalho anterior, Salles e colaboradores (2018) verificaram não haver diferença na sobrevivência de ninhos de *O. chelifer* localizados em borda e interior do mesmo fragmento de cerrado por nós estudado. É possível que o fato dessas colônias apresentarem estratégias reprodutivas similares culmine na mesma probabilidade de sobrevivência das mesmas. Por fim, embora *O. chelifer* não tenha apresentado alterações de sobrevivência e estruturas das colônias no interior e na borda do fragmento do cerrado, não se pode afirmar que a espécie não seja sucessível à fragmentação de habitat. Isso porque o efeito de borda é apenas uma forma de se avaliar a fragmentação. Mais estudos são necessários para avaliar, por exemplo, como a perda de habitat afeta essa espécie.

Neste projeto, a partir de marcadores microssatélites desenvolvidos previamente pela bolsista, caracterizamos o sistema de cruzamento e a diversidade genética em colônias de *O. chelifer* localizadas no interior e na borda de um fragmento de cerrado, contribuindo para uma maior elucidação da história natural da espécie.