

Andre Vieira Rodrigues

Efeitos macroevolutivos de comportamentos
sociais: da correlação de características em animais
domesticados à evolução do tamanho cerebral de
aves

Macroevolutionary effects of social behaviors:
from domesticated animals correlated traits to bird
brain size evolution

São Paulo

2024

Andre Vieira Rodrigues

Efeitos macroevolutivos de comportamentos
sociais: da correlação de características em animais
domesticados à evolução do tamanho cerebral de
aves

Macroevolutionary effects of social behaviors:
from domesticated animals correlated traits to bird
brain size evolution

Tese apresentada ao Instituto de
Biotecnologia da Universidade de São
Paulo, para a obtenção de Título de
Doutor em Ciências, na Área de
Biologia (Zoologia).

Orientador(a): Paulo Enrique Cardoso
Peixoto

São Paulo

2024

Rodrigues, Andre Vieira

Efeitos macroevolutivos de comportamentos sociais:
da correlação de características em animais
domesticados à evolução do tamanho cerebral de
aves

Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da
Universidade de São Paulo. Departamento de
Zoologia.

1. Meta-análise 2. Análise comparativa filogenética
3. Vertebrados 4. Evolução da socialidade

I. Universidade de São Paulo. Instituto de
Biociências. Departamento de Zoologia.

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Orientador(a)

Dedico esta tese aos meus pais.
As melhores pessoas do mundo.

*“...aquele homem acredita saber alguma coisa, sem sabê-la, enquanto eu, como não sei nada,
também estou certo de não saber.”*

(Sócrates em Apologia de Sócrates, Platão cerca de 399 a.C.)

“Autodidata é um ignorante por conta própria”
(em A Vaca e o Hipogrifo, Mário Quintana 1977)

Agradecimentos

Primeiramente agradeço à minha família. Minha esposa Vanessa maravilhosa e meus pais sensacionais que sempre me apoiaram e me ajudaram extremamente durante a minha vida e carreira acadêmica.

Ao Edu por ter me dado a oportunidade de começar esta tese e ajudado no ponta pé inicial.

À Ingrid por ter me aturado enquanto éramos colegas de sala e por ainda me aturar como amigo.

À Laís e ao Léo, que foram parceiros em um “trabalhinho” por aí.

Ao Christophe Pélabon pela grande ajuda no capítulo 1 e a futura continuação para o respectivo paper.

Ao Daniel Sol por ajudar a discutir os resultados do Capítulo 2.

Ao Carlos Bottero por ter me coorientado no Capítulo 2 e ajudado muito mesmo em um breve momento sem orientação.

Às pessoas da Zoologia do IB, principalmente ao coordenador José Marian por ter dado uma atenção para mim sem saber que eu necessitava.

Aos autores que responderam meus e-mails pedindo detalhes de seus respectivos trabalhos.

A todas as pessoas do Lasexia, eu não conheço metade de vocês como gostaria; e gosto de menos da metade de vocês a metade que vocês merecem.

Ao Paulo que, por algum motivo que ainda não captei, aceitou me orientar em um momento que eu estava muito desesperado.

Ao CNPq pelo financiamento através da minha bolsa e taxa de bancada (CNPq 140056/2019-0).

Resumo

Rodrigues, A. V. (2024). Efeitos macroevolutivos de comportamentos sociais: da correlação de características em animais domesticados à evolução do tamanho cerebral de aves (Tese de Doutorado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

A evolução é um processo fundamental em moldar a diversidade através da adaptação das espécies ao longo do tempo. Embora o ambiente desempenhe um papel crucial nesse processo, a influência do contexto social na evolução das espécies é também significativa. Este ambiente social pode não apenas influenciar os padrões evolutivos comportamentais das espécies, mas também desempenhar um papel na evolução de sua morfologia. Por exemplo, diferentes sistemas sociais em primatas influenciam o desenvolvimento de características morfológicas, como o dimorfismo sexual do tamanho do corpo e caninos. Apesar da importância desse tema na área de estudo da evolução, lacunas no conhecimento sobre os efeitos dos sistemas sociais na evolução de outras características ainda persistem. Esta tese investiga o efeito da evolução da socialidade em animais sobre características comportamentais, morfológicas e fisiológicas. Dois temas principais são abordados: (I) a evolução de características em espécies submetidas a um tipo específico de socialização, utilizando a domesticação de vertebrados como estudo de caso, e (II) a relação entre o tamanho do cérebro e diferentes sistemas sociais, com uma análise detalhada das aves e suas diversas formas de socialidade. Ao abordar temas amplos de macroevolução de comportamentos sociais, como evolução correlacionada com outras características evolutivas e a relação entre socialidade e evolução cerebral, esta tese amplia o conhecimento sobre a influência da dinâmica social na evolução das espécies.

Palavras-chave: meta-análise, análise comparativa filogenética, vertebrados, evolução da socialidade

Abstract

Rodrigues, A. V. (2024). Macroevolutionary effects of social behaviors: from domesticated animals correlated traits to bird brain size evolution (Tese de Doutorado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Evolution is a fundamental process in shaping diversity through the adaptation of species over time. Although the environment plays a crucial role in this process, the influence of the social context on the evolution of species is also significant. This social environment can not only influence the evolutionary behavioral patterns of species, but also play a role in the evolution of their morphology. For example, different social systems in primates influence the development of morphological traits such as sexual dimorphism in body size and canines. Despite the importance of this topic in the study of evolution, gaps in knowledge about the effects of social systems on the evolution of other characteristics still persist. This thesis investigates the effect of the evolution of sociality in animals on behavioral, morphological and physiological traits. Two main themes are addressed: (I) the evolution of characteristics in species subjected to a specific type of socialization, using the domestication of vertebrates as a case study, and (II) the relationship between brain size and different social systems, with a detailed analysis of birds and their various forms of sociality. By addressing broad themes of the macroevolution of social behaviors, such as correlated evolution with other evolutionary traits and the relationship between sociality and brain evolution, this thesis expands knowledge about the influence of social dynamics on the evolution of species.

Keywords: meta-analysis, comparative phylogenetic analysis, vertebrates, evolution of sociality

Apresentação

Imagine, por um momento, um documentário sobre vida selvagem, algo que nos remete às narrativas dos canais como Discovery Channel ou Animal Planet. Este documentário é sobre grandes felinos e se inicia com uma cena clássica em uma savana africana, um bando de leões caçando zebras. Chama a atenção o modo que elas caçam coordenadamente. Cada membro do bando desempenhando um papel estratégico e todos convergindo com precisão para garantir sua presa. A cena transita para o bando dividindo a caça entre elas e outros indivíduos que não participaram da atividade de caça em si. Nesta cena, aparecem comportamentos sociais, como membros se lambendo e outros brigando entre si, uma exibição de cooperação e intrigas. Agora, desloque sua imaginação para uma floresta densa da América do Sul, onde uma onça caminha. Como animal solitário, essa onça caça e consome sua presa solitariamente. Eventualmente, outra onça se aproxima e o encontro é tenso, envolvendo conflito pela comida e território. Considerando essas diferentes narrativas de sociabilidade entre felinos, e que podem também ser observadas em outros animais, algumas perguntas podem surgir:

- O que diferentes vidas sociais podem implicar em outros comportamentos, como a tolerância de outros indivíduos da mesma espécie?
- Distintas estruturas sociais se traduzem em diferenças no cuidado parental?
- Diferentes socialidades poderiam influenciar na propagação de doenças, com grupos sociais potencialmente mais vulneráveis devido à proximidade entre indivíduos?
- O tipo social poderia influenciar a inteligência e/ou características morfológicas?

Perguntas como essas têm alimentado minha curiosidade por muito tempo, despertando um profundo interesse em compreender o impacto da dinâmica social nos caminhos evolutivos dos animais.

Interessantemente, diferentes dinâmicas sociais podem exercer um papel crucial na evolução de uma espécie, moldando não apenas os comportamentos individuais, mas também conjuntos de comportamento e até mesmo influenciando a evolução da morfologia. Um exemplo de alteração de conjunto de comportamentos dependendo do contexto social é encontrado em fêmeas de uma espécie de peixinhos espada (*Xiphophorus nigrensis*). Quando criadas em um contexto social com grande diversidade de estratégias de acasalamento por parte dos machos, estas fêmeas demonstraram comportamentos menos agressivos e mais audaciosos do que fêmeas em ambientes onde os machos apresentavam apenas uma estratégia de acasalamento. No caso do grupo dos primatas, encontramos um exemplo da relação

evolutiva do sistema social e morfologia. As diferentes formas de organização social, variando de monogâmicas até poligâmicas, aparentemente funcionaram como importantes contextos evolutivos para o desenvolvimento das diferenças morfológicas entre os sexos, como tamanho do corpo e dos caninos. Estas diferenças são menos acentuadas em sistemas sociais monogâmicos e mais evidentes em sistemas poligâmicos. Sendo assim, embora seja um tópico de grande relevância científica, ainda existem lacunas no conhecimento sobre o efeito de sistemas sociais na evolução de diversas outras características.

Dois temas relacionados a como as dinâmicas sociais afetam a evolução das espécies me despertaram interesses específicos: (I) evolução simultânea de diversas características em espécies submetidas a um tipo de socialização singular e (II) como o cérebro evolui em relação à socialidade. O primeiro tema de interesse traz uma dúvida que sempre tive de como a evolução de várias espécies poderia ocorrer caso estas estivessem evoluindo em contexto social semelhante. Mais especificamente, seria interessante saber se este contexto social causaria várias características comportamentais, morfológicas e fisiológicas evoluírem em conjunto. O segundo tema foca mais na evolução do tamanho do cérebro como característica possivelmente afetada por tipos de socialidade. Apesar de ser apenas uma característica, a evolução do cérebro possui várias implicações, dado a importância deste órgão para o controle de outras características ao mesmo tempo sendo metabolicamente muito custoso. Adicionado a estes fatores, contextos nos quais animais vivem sozinhos em comparação com outros nos quais indivíduos interagem e toleram vários outros indivíduos podem se apresentar como contextos evolutivos que influenciam a evolução do tamanho do cérebro. Esses dois temas mencionados são tópicos debatidos nos capítulos da presente tese. Para o primeiro tema sobre como um conjunto de características de diversos animais mudam em decorrência de um tipo específico de socialização, utilizei o caso de domesticação de vertebrados. A domesticação impõe uma forma singular de evolução de socialização, caracterizada pela intensificação de comportamentos sociais ao longo do processo. Essa intensificação torna os indivíduos mais pró-sociais, ou seja, mais tolerantes, menos agressivos e mais propensos à cooperação. Para o segundo, sobre como o tamanho do cérebro responde a diferentes sistemas sociais, estudei o tamanho do cérebro das aves e seus diferentes sistemas familiares como suas diferentes socialidades.

Os dois temas abordados na presente tese são também discutidos na literatura, mas ainda apresentam algumas lacunas de conhecimento e que procuro preencher ao longo dos capítulos. O tema da evolução da domesticação ainda carece de uma abordagem mais empírica que envolva diversas espécies, pois é tratado na literatura de forma mais teórica ou

especulando a partir de estudos com uma única espécie. O tema da evolução do cérebro em aves de diferentes organizações sociais enfrenta divergências devido a controvérsias na metodologia. Para abordar ambos os temas, utilizei ferramentas de macroevolução, ou seja, ferramentas para entender mudanças evolutivas de diversas espécies de animais em uma larga escala temporal. No primeiro capítulo abordei o tema de evolução correlacionada em animais domésticos. Por evolução correlacionada entenda-se que são várias características, por exemplo tamanho da cabeça e comportamento agressivo, que evoluem conjuntamente em praticamente todas as espécies domesticadas. Neste primeiro capítulo, conduzi uma metanálise, no qual analisei diversos estudos que compararam a forma doméstica desses animais com suas formas originais selvagens. Isso me permitiu investigar se as mudanças observadas são de fato resultado da domesticação, se essas mudanças ocorrem em conjunto e se algum contexto específico de domesticação (experimental ou histórica) pode explicar os padrões de evolução que observamos. Já no segundo capítulo, abordei o tema da evolução de tamanho de cérebro em aves de diferentes sistemas sociais sob o guarda-chuva teórico de duas hipóteses: uma que prevê a redução e outra o aumento do cérebro em resposta à maior complexidade social. Neste segundo capítulo utilizei informação do sistema social de 1125 espécies de aves baseada em como se organizam em relação ao cuidado dos filhotes. Por exemplo, algumas espécies de aves, como a Arara-Vermelha (*Ara chloropterus*), cuidam da prole apenas até que esta adquira independência. Outras espécies, como o Gavião-Preto (*Buteogallus anthracinus*) continuam interagindo com seus filhos até mesmo depois da independência alimentar. Existem ainda espécies como o Periquito-de-cabeça-suja (*Aratinga weddellii*), nas quais os filhos adultos ajudam os pais na criação de seus irmãos mais recém-nascidos, abrindo mão de seu potencial reprodutivo temporariamente. Considerando estes tipos de sistemas sociais e as relações de parentesco evolutivo entre as espécies de aves, testei se cada tipo social é caracterizado por cérebros maiores ou menores.

Apesar de ambos os capítulos possuírem modelos de estudo específicos - animais domésticos e aves - o meu interesse foi em abordar temas macroevolutivos de socialidade. Meu arcabouço científico anterior ao doutorado se baseou muito em experimentação animal, especialmente em comportamento. Experimentos são ferramentas muito importantes para abordar vários temas da biologia, entretanto eu percebia, em mim, limitações de entender temas na biologia de maneira mais ampla. Aprender ferramentas metanalíticas e filogenéticas certamente me acompanhará para o resto da minha carreira acadêmica. Dito isso, além desta tese abordar temas amplos de macroevolução de comportamentos sociais, como a evolução correlacionada destes comportamentos com morfologia, fisiologia e outros tipos de

comportamentos em larga escala temporal, bem como, a evolução do cérebro em resposta a diferentes socialidades, ela tem uma pitada de interesse pessoal, permitindo expandir o meu conhecimento de como eu possa formular e responder diversas perguntas na biologia.

Referências

Nesta apresentação, não foram utilizadas citações de forma a deixar o texto mais fluido e acessível para um público mais leigo, no entanto segue uma lista das referências utilizadas:

Alcock, J. (2009). *Animal behavior: An evolutionary approach*. Sinauer associates.

Agnvall, B., Bélteky, J., Katajamaa, R., & Jensen, P. (2018). Is evolution of domestication driven by tameness? A selective review with focus on chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, 205, 227-233. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.09.006>

Armstrong, E. (1983). Relative brain size and metabolism in mammals. *Science*, 220(4603), 1302-1304. <https://doi.org/10.1126/science.640710>

Byrne, R. W. (1996). Machiavellian intelligence. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*, 5(5), 172-180. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6505\(1996\)5:5<172::AID-EVAN6>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6505(1996)5:5<172::AID-EVAN6>3.0.CO;2-H)

Crook, J. H. (2017). Sexual selection, dimorphism, and social organization in the primates. In *Sexual selection and the descent of man* (pp. 231-281). Routledge.

Drobniak, S. M., Wagner, G., Mourocq, E., & Griesser, M. (2015). Family living: an overlooked but pivotal social system to understand the evolution of cooperative breeding. *Behavioral Ecology*, 26(3), 805-811. <https://doi.org/10.1093/beheco/arv015>

Dunbar, R. I. (1998). The social brain hypothesis. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*, 6(5), 178-190. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6505\(1998\)6:5<178::AID-EVAN5>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6505(1998)6:5<178::AID-EVAN5>3.0.CO;2-8)

Dunbar, R. I. (2009). The social brain hypothesis and its implications for social evolution. *Annals of human biology*, 36(5), 562-572. <https://doi.org/10.1080/03014460902960289>

Dunbar, R. I., & Shultz, S. (2007). Evolution in the social brain. *Science*, 317(5843), 1344-1347. <https://doi.org/10.1126/science.1145463>

- Fischer, E. K., Ghalambor, C. K., & Hoke, K. L. (2016). Plasticity and evolution in correlated suites of traits. *Journal of Evolutionary Biology*, 29(5), 991-1002.
<https://doi.org/10.1111/jeb.12839>
- Griesser, M., Drobniak, S. M., Nakagawa, S., & Botero, C. A. (2017). Family living sets the stage for cooperative breeding and ecological resilience in birds. *PLoS biology*, 15(6), e2000483. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2000483>
- Hare, B., Wobber, V., & Wrangham, R. (2012). The self-domestication hypothesis: evolution of bonobo psychology is due to selection against aggression. *Animal Behaviour*, 83(3), 573-585. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.12.007>
- Hatchwell, B. J. (2009). The evolution of cooperative breeding in birds: kinship, dispersal and life history. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1533), 3217-3227. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0109>
- Heldstab, S. A., Isler, K., Graber, S. M., Schuppli, C., & van Schaik, C. P. (2022). The economics of brain size evolution in vertebrates. *Current Biology*, 32(12), R697-R708. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.04.096>
- Hodgson, G. M., & Knudsen, T. (2006). The nature and units of social selection. *Journal of Evolutionary Economics*, 16, 477-489. <https://doi.org/10.1007/s00191-006-0024-6>
- Kern, J. M., Sumner, S., & Radford, A. N. (2016). Sentinel dominance status influences forager use of social information. *Behavioral Ecology*, 27(4), 1053-1060.
<https://doi.org/10.1093/beheco/arv240>
- Koricheva, J., Gurevitch, J., & Mengersen, K. (Eds.). (2013). *Handbook of meta-analysis in ecology and evolution*. Princeton University Press.
- Laland, K. N. (2015). On evolutionary causes and evolutionary processes. *Behavioural Processes*, 117, 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2014.05.008>
- Larson, G., & Fuller, D. Q. (2014). The evolution of animal domestication. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45, 115-136.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110512-135813>

- Lyon, B. E., & Montgomerie, R. (2012). Sexual selection is a form of social selection. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1600), 2266-2273. <http://doi.org/10.1098/rstb.2012.0012>
- Montgomery, S. H., Mundy, N. I., & Barton, R. A. (2016). Brain evolution and development: adaptation, allometry and constraint. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1838), 20160433. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0433>
- Price, T., & Langen, T. (1992). Evolution of correlated characters. *Trends in Ecology & Evolution*, 7(9), 307-310. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(92\)90229-5](https://doi.org/10.1016/0169-5347(92)90229-5)
- Queller, P. S., Shirali, Y., Wallace, K. J., DeAngelis, R. S., Yurt, V., Reding, L. P., & Cummings, M. E. (2022). Complex sexual-social environments produce high boldness and low aggression behavioral syndromes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 1050569. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.1050569>
- Riehl, C. (2013). Evolutionary routes to non-kin cooperative breeding in birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1772), 20132245. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2245>
- Roughgarden, J. (2009). *The genial gene: Deconstructing Darwinian selfishness*. Univ of California Press.
- Sukhum, K. V., Freiler, M. K., Wang, R., & Carlson, B. A. (2016). The costs of a big brain: extreme encephalization results in higher energetic demand and reduced hypoxia tolerance in weakly electric African fishes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1845), 20162157. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2157>
- Trut, L., Oskina, I., & Kharlamova, A. (2009). Animal evolution during domestication: the domesticated fox as a model. *Bioessays*, 31(3), 349-360. <https://doi.org/10.1002/bies.200800070>
- Trut, L. N., Plyusnina, I. Z., & Oskina, I. N. (2004). An experiment on fox domestication and debatable issues of evolution of the dog. *Russian Journal of Genetics*, 40, 644-655. <https://doi.org/10.1023/B:RUGE.0000033312.92773.c1>
- West-Eberhard, M. J. (1984). Sexual selection, competitive communication and species-specific signals in insects. In *Insect communication, 12th symposium of the*

Royal Entomological Society of London, from 7th to 9th September 1983 at the Imperial College Mechanical Engineering Theatre, London (pp. 284-324).

Wilkins, A. S., Wrangham, R. W., & Fitch, W. T. (2014). The “domestication syndrome” in mammals: a unified explanation based on neural crest cell behavior and genetics. *Genetics*, 197(3), 795-808. <https://doi.org/10.1534/genetics.114.165423>

Whiten A, Byrne RW. The Machiavellian intelligence hypotheses: Editorial. In: *Machiavellian intelligence: Social expertise and the evolution of intellect in monkeys, apes, and humans*. New York, NY, US: Clarendon Press/Oxford University Press; 1988. p. 1–9.

Zeder, M. A. (2012). Pathways to animal domestication. *Biodiversity in agriculture: domestication, evolution, and sustainability*, 10, 227-259.

Considerações finais:

Nesta tese abordamos o tema de evolução de socialidade em vertebrados, com foco em seleção social e seus efeitos no comportamento, na morfologia e na fisiologia, utilizando ferramentas macroevolutivas para examinar mudanças evolutivas em várias espécies ao longo do tempo. No primeiro capítulo, apesar de termos corroborado que as características alvo da domesticação envolvem os comportamentos menos defensivos, demonstramos que a hipótese das células da crista neural não explica a correlação evolutiva de características em todos os vertebrados. Além disso, constatamos que as espécies domesticadas experimentalmente exibem mudanças evolutivas mais acentuadas, sugerindo um viés nos estudos teóricos sobre a evolução da domesticação baseados em estudos experimentais. Este primeiro capítulo destacou a complexidade da evolução correlacionada em vertebrados domesticados, indicando que, mesmo que as espécies estejam sujeitas a regimes seletivos semelhantes, os efeitos evolutivos da domesticação podem variar dependendo do contexto ser experimental ou não, e do domínio das características envolvidas (comportamental, morfológico e fisiológico).

Já no segundo capítulo, abordamos a relação entre tamanho do cérebro e os diferentes tipos sociais em aves. Neste capítulo, demonstramos a importância de considerar a escala filogenética analisada, devido a ausência de efeito da socialidade no tamanho do cérebro para alguns grupos de aves e a presença desse efeito para aves no geral, Psittaciformes e Passeriformes: Oscines. Também ressaltamos a importância de considerar o tamanho corpóreo nas análises, pois o efeito da socialidade foi evidente somente em aves de grande porte, com as de maior complexidade social apresentando menor tamanho do cérebro. Este resultado se alinha parcialmente com a hipótese de auto-domesticação, sugerindo que a seleção de comportamentos menos defensivos pode ser importante para a manutenção de sociedades complexas em aves grandes, o que possivelmente não ocorre em aves pequenas. Por fim, os resultados deste capítulo destacaram também que a hipótese do cérebro social não possui suporte e que a da auto-domesticação pode explicar a evolução do tamanho do cérebro em contextos de seleção favorecendo comportamentos menos defensivos, possivelmente sob efeito da variação do tamanho corpóreo.

No geral, ambos os capítulos evidenciaram a importância da socialidade na evolução de características em vertebrados. Desta maneira, para compreender os efeitos da seleção

social é necessário considerar cuidadosamente a evolução em conjunto de características além das comportamentais, como as morfológicas e fisiológicas. Além disso, a avaliação dos resultados evolutivos de regimes seletivos sociais requer consideração do contexto da seleção, se foi experimental ou não, e dos possíveis efeitos do tamanho corpóreo em outras características morfológicas.

Impacto e contribuições pessoais

Para mim, esta tese foi extremamente importante para me tirar da minha zona de conforto. Apesar de ter estudado comportamentos relacionados à socialidade durante minha iniciação científica e mestrado, a abordagem deste tópico nesta tese foi completamente diferente. Aprendi a realizar uma meta-análise, o que me fez pensar de forma diferente sobre como formular perguntas científicas e a analisar trabalhos científicos de forma única para extrair os tamanhos de efeito. Aprendi também a utilizar ferramentas comparativas filogenéticas para estudar evolução de maneira mais ampla do que as restrições experimentais permitem. Essas novas ferramentas e abordagens não apenas ampliaram minha compreensão da evolução da socialidade, mas também me tornaram um pesquisador mais versátil e completo, capaz de abordar questões científicas de forma mais abrangente e inovadora.

O conhecimento e as habilidades adquiridas durante a realização desta pesquisa não se limitaram apenas ao escopo da tese. Eles também abriram portas para colaborações interdisciplinares, permitindo-me explorar novas áreas de pesquisa. Como resultado, pude contribuir e realizar projetos que vão além do tema específico desta tese, estendendo meu impacto para diferentes campos científicos.