

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora,
o texto completo desta tese será
disponibilizado somente a partir
de 04/05/2025

Karina Rodrigues da Silva Banci

História Natural e Ecologia da jararaca-ilhoa, *Bothrops insularis*
(Serpentes, Viperidae)

São José do Rio Preto
2023

Karina Rodrigues da Silva Banci

**História Natural e Ecologia da jararaca-ilhoa, *Bothrops insularis*
(Serpentes, Viperidae)**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Biologia Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof. Dr. Otavio Augusto Vuolo Marques

São José do Rio Preto
2023

B213h

Banci, Karina Rodrigues da Silva

História Natural e Ecologia da Jararaca-Ilhoa, *Bothrops insularis* (Serpentes, Viperidae) / Karina Rodrigues da Silva Banci. -- São José do Rio Preto, 2023

110 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientador: Otavio Augusto Vuolo Marques

1. Serpentes. 2. Ilha da Queimada Grande. 3. Atividade. 4. Uso do habitat. 5. Comportamento. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Karina Rodrigues da Silva Banci

**História Natural e Ecologia da jararaca-ilhoa, *Bothrops insularis*
(Serpentes, Viperidae)**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Biologia Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Otavio Augusto Vuolo Marques
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto
Orientador

Prof^a. Dr^a. Christine Strüssmann
UFMT – Faculdade de Medicina Veterinária

Prof^a. Dr^a. Letícia Ruiz Sueiro
FAEM – Faculdade Embú das Artes

Prof. Dr. Marcio Roberto da Costa Martins
USP – Departamento de Ecologia

Prof. Dr. Ricardo Jannini Sawaya
UFABC – Centro de Ciências Naturais e Humanas

São José do Rio Preto
04 de Maio de 2023

Ao Miguel, minha vida inteira.

AGRADECIMENTOS

São tantas, tantas pessoas a agradecer, que espero não me esquecer de ninguém! Fazer uma tese de doutorado certamente é sempre um desafio, especialmente envolvendo trabalhos de campo. Fazer doutorado durante os tempos malucos de pandemia pelos quais passamos, aumenta, e muito, esse desafio, exigindo ainda mais da nossa saúde mental. Por isso, ainda mais, sou grata a tanta gente que segurou minha mão e me apoiou ao longo desses anos.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelos auxílios que possibilitaram que esses estudos fossem realizados (Processo FAPESP #2018/07507-7 e #20/12658-4).

Agradeço ao Dr. Otavio Marques pelos muitos anos de orientação, projetos e experiências. Agradeço pela confiança em meu trabalho, pela autonomia que sempre me deu, e pelas discussões que tanto enriquecem os trabalhos, sempre trazendo visões bastante amplas, advindas de toda sua experiência. No que diz respeito à minha tese, ainda mais tenho a agradecer, por todo o apoio, e conhecimento sobre essa espécie tão querida!

Agradeço aos membros da banca, Dra. Christine Strüssman, Dra. Letícia Ruiz Sueiro, Dr. Marcio Martins e Dr. Ricardo Jannini Sawaya (titulares), e Dra. Einat Hauzman, Dra. Veronica Alberto Barros e Dra. Livia Cristina dos Santos, por aceitarem o convite. Pensei em cada nome com muito carinho e consciência da importância que suas críticas e sugestões terão, não só às publicações advindas da tese, mas, principalmente, ao meu desenvolvimento acadêmico e profissional. Agradeço à Dra. Letícia e à Dra. Vanessa Verdade, também, pela participação tão bacana em minha qualificação!

Agradeço ao ICMBio pela confiança e parceria, que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho. Obrigada, Kelen Leite, Silvia Neri Godoy, Edivan de Oliveira, Pedro, Carlos Renato, Marcelo, Cássio, Márcio de Moraes e Fernando Guerra.

Agradeço à Kaline, Luana, Lucas, Mariana, Natália e Wilian pelas parcerias nos trabalhos desenvolvidos, e pela amizade de tantos anos! Quantas trocas, e quantas experiências compartilhamos!

Agradeço à minha família. Tanto, tanto, tanto, mas tanto! Não sei o que seria sem o apoio de vocês, sem a ajuda de vocês com o Miguel, especialmente durante minhas tantas viagens. Obrigada por todo carinho e cuidado, pelas conversas, pela torcida de sempre.

Obrigada à Família Silva, vó, Márcia, Raul, Amanda, Juliano, “Beibi”, Dri, Kauê, e crianças, por me apoiarem e partilharem comigo tantos momentos e risadas. Vó, obrigada por

sempre estar aí pra mim, por me ouvir, conversar, cuidar do meu pitico, se preocupar, e até fazer carne com batata pra eu levar pra ilha! Somos gratos! Hehehe! Dines, obrigada por acreditar tanto em mim, e me apoiar sempre, além de ser a melhor Dinda! Vô (*in memorian*), diferente do meu mestrado, dessa vez, infelizmente, você não vai estar aqui para celebrar comigo presencialmente, mas no meu coração, você vai sempre estar. Obrigada por tanto!

Agradeço à Família Banci, pelo apoio e incentivo, aos muitos vinhos, comidas gostosas, conversas e risadas!

Margareth, a melhor boadrasta e “vódrasta” que existe, obrigada por estar sempre presente, por cada conversa, sempre com tanto discernimento, e, claro, por todo apoio e carinho. Sou sua fã!

À minha mãe e ao meu pai, o que dizer? Vocês são meus super pilares, e eu nunca chegaria a lugar nenhum sem vocês. Agradeço demais pelo apoio incondicional, por sempre acreditarem em mim, e me ajudarem a expandir meus horizontes. Agradeço por sempre estarem ao meu lado, por todo cuidado, comigo e com o Miguel, por escutarem, acolherem, orientarem, torcerem, se orgulharem e me orgulharem. Vocês são os melhores! Não tenho dúvidas! Amo vocês atéeee Urano!

Michael, obrigada por todo apoio, por me trazer um equilíbrio, por ser meu ombro, meu ouvido e tantas vezes meu refúgio. Obrigada por compartilhar comigo o meu bem mais precioso, e cuidar dele e ajudar a “aliviar” a carga emocional de quando preciso estar ausente. Obrigada pelo incentivo, por acreditar em mim, por todas as conversas, enfim... E obrigada à Dona Gil e à Karine, por todo carinho e apoio ao longo de todos esses anos.

Cara, e o que seria da minha vida sem vocês, meus amigos? Vocês que foram meu apoio, que estiveram sempre do meu lado, e não me deixaram me afundar no meio de tanta coisa? São tantos momentos, tanta coisa à qual sou grata, que sinceramente não tenho palavras que expressem a profundidade do meu sentimento e da minha gratidão, e sinto que serei bastante redundante! Vou começar agradecendo a todos que me ajudaram com os trabalhos de campo (a lista é longa!), em ordem alfabética, pra ser democrática: Aída, Bruno, Cássia, Diego Muniz, Diego Lorenzetto, Fabiano, Juliana, Kaline, Ligia, Luana, Lucas, Maísa, Natália, Rodrigo, Silara, Vini, Wellington (*in memorian*) e Wil. Sem vocês, nada disso seria possível! Agradeço demais à Mari, por anos de amizade, tantas conversas, por estar sempre disposta a dar até o braço, se preciso for! Obrigada por ser a melhor colega de trabalho que alguém pode ter! Hehehe! Cássia, minha super companheira de ilha! Obrigada demais por, desde 2018, estar tão disposta a se enfiar em perrengue comigo, fazendo a coisa acontecer. Você sabe que seria muito difícil essa tese existir sem você! Mas, para além disso, agradeço demais pela amizade e

confiança. E aqui já puxo o gancho pra falar da minha princesa! Júúúú! Amiga, tanto enredo! Hehehe! Obrigada pelos anos de amizade e muitas risadas! Luana, obrigada por ser uma estagiária e IC tão dedicada e disposta a ajudar! Mais do que isso, agradeço pela amizade e o carinho! Diego, Vini e Wil, idem! Obrigada por toda a força e suporte que me deram, cuidando dos meus bichicos, e tudo. Wil, agradecimentos mega especiais a você, que é sinônimo de proatividade, dedicação e diversão. Você tem trazido muita cor aos meus dias, minha Pequena Sereia!

Agradeço ao Diego Muniz, meu vet do coração, por embarcar nessa comigo, por cada perrengue, e, principalmente, pelos anos de amizade. Sou muito sua fã, não só do profissional que você é, mas dessa pessoa maravilhosa, esse super amigo que você é!

Maria José, você tem um latifúndio no meu coração! Obrigada pela amizade de anos, por tantos ensinamentos, tantos momentos, tantas conversas, tanto carinho, cumplicidade, respeito. Obrigada por ser um modelo de profissional para mim, sempre muito ética, competente, responsável, correta.

Agradeço ao Igor, Sérgio, ao Alex, Daniel, Marildinha, Patinalda e Rodrigo (ex-Leevianos), e ao Fefo (LE CZ) por toda a amizade e muitas trocas. Vocês são uns queridos! Cami e Cris, minhas gêmeas! Sinto demais a falta de vocês! Thiago (Sozinho), obrigada pela amizade, e por me dar meus dois filhos de quatro patas que tanto amo!

Nati, marida, minha metade! Obrigada por estar do meu lado para tudo, sempre, por ser a pessoa que mais acredita em mim. Obrigada por ser uma inspiração, e por me ensinar tanto! Si, minha amiga tão, tão querida, sempre tão disposta a ouvir, acolher, aquela pessoa que admiro, que é meu modelo pra tanta coisa, que é meu pinscherzinho mais sensível e afetuoso! Obrigada por sua amizade tão valiosa, amiga! Lú, obrigada por ter esse coração enorme, por ser apoio, empatia, diversão, carinho, dedicação, por dar a mão, o braço, as pernas por mim! Eu amo vocês três de um tanto que até dói, principalmente agora com a falta diária que sinto de vocês. Levo cada um de vocês, cada conversa e as muitas risadas sempre no meu coração, e a amizade de vocês, levo pra vida toda! Vocês são meus irmãos, minha força, meu Sense 8, e amo nosso Quarteto Fantástico! A vocês, dedico sempre “Amigo velho”, com lágrimas!

Agradeço demais às minhas companheiras de diretoria da SBH, Dra. Denise de Cerqueira Rossa-Feres, Dra. Paula Hannah Valdujo, Dra. Bianca von Muller Berneck e Dra. Ariadne Fares Sabbag por tantos ensinamentos e companheirismo. As admiro muito, super mulheres!!!

Agradeço à Dra. Selma Maria Almeida-Santos, pelos anos de convivência e trocas. Agradeço à Nancy Oguiura pela amizade, e tantos ensinamentos! Agradeço ao Rogério Bertani

pelas conversas e senso crítico. Agradeço ao Léo (Koba) pela amizade, conversas e massinhas! Hehehe! Agradeço também aos colegas do Laboratório de Ecologia e Evolução, Adriano, Bruno, Cintia, Cristiene, Deda, Eletra, Fabiano, Kelly, Marcia, Marta, Myriam, Regiane, Robson e Serena. Agradeço aos amigos do LECZ, Valzinho (querido), Marcelo Duarte, Carla e Paulo.

Agradeço às meninas super poderosas do Museu Biológico, Kalena, Tati e Isa, pela amizade e todo suporte! Agradeço também à Circe, Adriana e Marcelo, pela amizade.

Agradeço demais aos nossos companheiros de confiança na travessia dos mares, Beto, Cosme e Paschoal! Quantas histórias, aventuras, peixinhos e golfinhos compartilhados! E agradeço muito aos abridores de caminhos, Faustinho, Joel e Zé! Vocês são demais!

Agradeço à Aline Daros, Einat Hauzman, ao André Eterovic, ao Fausto Barbo e ao Fábio Pinheiro pelas trocas e parcerias.

Dé, amor da minha vida, agradeço pelos 26 anos de amizade (Nuuuuuu), por tantos papos na vida e durante meus trajetos, por ser minha alma gêmea da amizade, esse cara tão do bem, que admiro e amo tanto!

República Tcheca e Bruno, meu amor! Vos amo muito! Vocês moram no meu coração para sempre, junto com a nova geração! Obrigada pela amizade, tantas histórias, risos e cumplicidade.

Miguel, meu filho, meu amor, minha vida inteira! Você é o que me faz ter forças para tudo! Tudo o que faço é por você e pra você, sempre. Você mudou minha vida e meu mundo, virou tudo de ponta cabeça, e eu nunca iria querer nada diferente disso! “Entre as coisas mais lindas que eu conheci, só reconheci suas cores belas quando eu te vi”! Tudo vale a pena por você, e eu nunca conseguirei expressar minha imensa gratidão por ter você como filho, esse carinho tão do bem, justo, gentil, carinhoso, amigo, companheiro, animado, compreensivo, super inteligente. Te admiro, e me orgulho de você diariamente, te amando sempre mais! A você, ofereço todo o meu amor, meu coração e minha vida!

Agradeço à Ilha da Queimada Grande, por nossos 10 anos de história, e por ter sido minha segunda casa durante o desenvolvimento do projeto. Que eu possa sempre retribuir! Agradeço, enfim, a todos que direta ou indiretamente me ajudaram nessa trajetória! Meu coração tem que ser mesmo muito grande para caber tanta gente! Hehehe!

“Ipsa scientia potestas est.”

Francis Bacon (1597)

RESUMO

A jararaca-ilhoa, *Bothrops insularis*, é uma espécie criticamente ameaçada de extinção, endêmica da Ilha da Queimada Grande (IQG), no litoral Sul de São Paulo. Ela faz parte do grupo *Bothrops jararaca*, que também inclui *B. alcatraz*, *B. germanoi*, *B. jabrensis*, *B. jararaca*, *B. otavioi* e *B. sazimai*. Sua dieta é baseada em presas ectotérmicas, como anuros e lagartos, quando juvenis, e em aves migratórias quando adultas, que visitam a ilha em dois picos migratórios, em março e julho, principalmente. Por se tratar de espécie ameaçada, a manutenção de populações *ex situ* de *B. insularis* é uma recomendação da União Internacional para a Conservação da Natureza. No entanto, em cativeiro, essas serpentes são alimentadas com roedores mensalmente, desde seu nascimento. No primeiro capítulo da presente tese, a partir da comparação morfológica de animais de cativeiro e da IQG (com base em captura e recaptura), avaliamos a influência que esta alimentação diferenciada pode ter sobre o crescimento dos indivíduos. Demonstramos que os indivíduos de cativeiro apresentam maior taxa de crescimento e tamanho, e sua maturidade sexual ocorre mais cedo em comparação aos indivíduos de mesmo sexo da IQG, possivelmente por conta da maior frequência alimentar. Ainda em relação à dieta, desde sua descrição, por se alimentar de aves, a espécie tem sido considerada diurna, ao contrário das espécies do grupo. Entretanto, este aspecto ainda não havia sido devidamente estudado. No segundo capítulo, apresentamos dados comparativos da atividade diária de *B. insularis*, *B. alcatraz* e *B. jararaca* obtidos a partir de filmagens realizadas durante dez dias consecutivos em cativeiro. Os dados foram então comparados a registros de atividade de animais encontrados na IQG. Este estudo demonstrou que, assim como *B. alcatraz* e *B. jararaca*, *B. insularis* é intrinsecamente noturna, embora sua atividade de caça na natureza ocorra principalmente durante o dia. Demonstramos, ainda, que a variação de temperatura em diferentes estações pode modular a atividade diária de *B. jararaca*. O conhecimento acerca da história natural e ecologia das diferentes espécies, especialmente as ameaçadas de extinção, são essenciais para conhecer quais e como os diferentes fatores ambientais e ecológicos as influenciam. Deste modo, informações sobre história natural e ecologia são cruciais para o delineamento de estratégias de conservação direcionadas a essas espécies. Dado que ilhas podem apresentar condições ecológicas diferenciadas em relação ao continente, ou mesmo em relação a outras ilhas, é importante avaliar a taxa de predação à qual as espécies-alvo do estudo estão sujeitas, analisando, ainda, se este aspecto poderia influenciar seu comportamento defensivo. No terceiro capítulo, a partir de experimentos usando réplicas de massa de modelar, demonstramos que a taxa de predação sobre *B. insularis* na IQG é menor do que aquela sobre

B. alcatraz na Ilha de Alcatrazes e sobre *B. jararaca* em um fragmento urbano de São Paulo, que, por sua vez, são menores do que aquela sobre *B. jararaca* de áreas florestais contínuas. Possivelmente por conta disso, indivíduos de *B. insularis* são menos defensivos do que *B. jararaca*, fugindo mais. O mesmo foi constatado com *B. alcatraz*, porém isso possivelmente está associado ao seu tamanho reduzido e baixa capacidade de se defender contra aves e teiús que as podem preda, o que faz com que sejam mais secretivas do que as outras duas espécies. Finalizando, para estratégias de conservação, é fundamental conhecer os ambientes utilizados pelas espécies, avaliando as variáveis do hábitat e os padrões de deslocamento das mesmas. Utilizando três métodos combinados (radiotelemetria, carretel, e captura e recaptura), foi possível verificar que *B. insularis* aparenta ser uma espécie sedentária, assim como verificado para *B. jararaca*. Verificamos, ainda, que, embora os animais utilizem mais o chão, a probabilidade de encontrar animais sobre a vegetação é maior nos períodos em que as aves visitam a ilha, indicando a ocorrência de uma migração vertical pela jararaca-ilhoa. Existe, ainda, grande influência da alometria na utilização da vegetação. Além disso, com base nos encontros e reencontros ao longo dos anos, foi possível verificar que a jararaca-ilhoa está mais associada a áreas fechadas, sendo encontrada no interior da mata ou em áreas de borda, sempre com grande cobertura do dossel, indicando que a espécie seja mais dependente de áreas fechadas do que *B. alcatraz* e *B. jararaca*. As análises comparativas de *B. insularis* com espécies irmãs também são interessantes para o melhor entendimento da evolução do grupo. Finalmente, esperamos que o conhecimento gerado possa contribuir para a conservação não só da jararaca-ilhoa, mas do grupo *jararaca*.

Palavras-chave: Serpente. Grupo *Bothrops jararaca*. Crescimento. Atividade diária. Predação. Comportamento defensivo. Uso do ambiente.

ABSTRACT

The Golden Lancehead is a critically endangered species, endemic of Queimada Grande Island (QGI), southeastern Brazil. It belongs to the *Bothrops jararaca* species group, that also includes *B. alcatraz*, *B. germanoi*, *B. jabrensis*, *B. jararaca*, *B. otavioi*, and *B. sazimai*. The diet of juveniles of the Golden Lancehead is based on ectothermic prey, as anurans and lizards, and, when adults, on migratory birds which visit the island in two migratory peaks, mainly March and July. For being an endangered species, the International Union for Conservation of Nature encourages the maintenance of *ex situ* populations. However, in captivity these animals are usually monthly fed on mice, since birth. In the first chapter of this thesis, by comparing the morphology of captive and wild individuals of *B. insularis* (using mark-recapture methods), we evaluated the influence of this differential feeding on growth. We demonstrated that captive animals attain larger sizes and growth rate, and anticipated sexual maturity, in comparison to those of the same sex in the wild population, possibly as a result of the higher feeding frequency. Concerning diet, for feeding on birds, the species has been largely considered as diurnal since its description. However, this trait has not been studied in details, yet. In the second chapter, we present comparative data on the daily activity of *B. insularis*, *B. alcatraz*, and *B. jararaca* obtained with video records made during ten consecutive days for each species in captivity. Daily activity of captive *B. insularis* was also compared to those of QGI. This study evinced that as *B. alcatraz* and *B. jararaca*, *B. insularis* is intrinsically nocturnal, even though it hunts during the day in the wild. We also showed that seasonal fluctuations of temperature may shape daily activity of *B. jararaca*. Knowledge on natural history and ecology of different species, especially endangered ones, are essential for recognizing which and how environmental and ecological factors may affect them. Therefore, information on natural history and ecology are crucial for conservation strategies aimed at these species. Considering that islands may present ecological conditions which are different of those found in the mainland, or even in other islands, it is important to evaluate the predation rate under which the target species are, evaluating, also, if such aspect may influence its defensiveness. In the third chapter, after conducting experiments using plastiline snake replicas, we demonstrate that predation rate on *B. insularis* at QGI is lower than that on *B. alcatraz* at Alcatrazes Island and on *B. jararaca* from an urban fragment in São Paulo Municipality, which are, in turn, lower than that on *B. jararaca* from continuous forested areas. Possibly for this reason, individuals of *B. insularis* are less defensive than those of *B. jararaca*, and tend to flee more often. The same was observed for *B. alcatraz*, but this may be related to its reduced size and low ability to defend against birds

and tegus which may feed on these snakes, causing them to be more secretive than the other two species. Finally, knowing the habitats used by the species, evaluating environmental variables and displacement patterns, is fundamental for designing conservation plans. Using three combined methods (radiotelemetry, thread bobbins, and mark-recapture), it was possible to verify that *B. insularis* seems to be a sedentary species, as already reported for *B. jararaca*. We also found out that, even though they are observed more frequently on the ground, the probability of finding a Golden Lancehead is higher by the time the birds visit the island, indicating the occurrence of seasonal vertical migration by this species. Usage of vegetation seems to be influenced also by allometry. Additionally, based on mark-recapture methods, it was possible to verify that the Golden Lancehead is more associated with forested areas, with high canopy cover, indicating that this species relies more on such habitats than *B. alcatraz* and *B. jararaca*. Comparative analyses of *B. insularis* with its sister species are also interesting for better understanding the evolution of the group. Finally, we expect that the knowledge acquired may contribute with the conservation, not only of the Golden Lancehead, but of the *jararaca* group.

Keywords: Viperidae. *Bothrops jararaca* group. Growth. Daily activity. Predation. Defensive behavior. Habitat use.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

INTRODUÇÃO GERAL

- Figura 1 – Imagem de satélite da Ilha da Queimada Grande. 2
- Figura 2 – A jararaca-ilhoa, *Bothrops insularis*, da Ilha da Queimada Grande. 2

GROWTH PATTERNS OF THE CRITICALLY ENDANGERED *BOTHROPS INSULARIS*: A COMPARISON BETWEEN WILD AND CAPTIVE POPULATIONS.

- Figure 1 – Variation in snout-vent length in *Bothrops insularis* from the captivity (females: F CAPT; males: M CAPT) and from Queimada Grande Island (females: F QGI; males: M QGI). 35
- Figure 2 – Relative body mass in *Bothrops insularis* from the captivity (females: F CAPT; males: M CAPT) and from Queimada Grande Island (females: F QGI; males: M QGI). 36
- Figure 3 – Growth rate of wild (A) and captive (B) females and males of *Bothrops insularis*, expressed in millimetres per day. 37
- Figure 4 – Growth curves of captive (A) and wild (B) males and females of *Bothrops insularis*. The intersection of the segments with the x-axis correspond to age of sexual maturity, and that with the y-axis corresponds to size of sexual maturity reported in the literature (see text). 38

LIVING IN THE DARKSIDE: ACTIVITY IN REPRESENTATIVES OF THE *BOTHROPS JARARACA* GROUP (SERPENTES, VIPERIDAE)

- Figure 1 – Daily activity of *Bothrops alcatraz*. 44
- Figure 2 – Daily activity of *B. insularis*. 44
- Figure 3 – Daily activity of *B. jararaca* during the autumn. 45
- Figure 4 – Daily activity of *B. jararaca* during the winter. 45
- Figure 5 – Actogram representing daily activity of six individuals of *B. alcatraz* (identified in the left column). Hour intervals are indicated in the top row, with fields in grey representing the dark phase. Fields in orange show the periods in which animals were active. 46

Figure 6 – Actogram representing daily activity of five individuals of <i>B. insularis</i> (identified in the left column). Hour intervals are indicated in the top row, with fields in grey representing the dark phase. Fields in Orange show the periods in which animals were active.	47
Figure 7 – Actogram representing daily activity of five individuals of <i>B. jararaca</i> (identified in the left column) filmed during the autumn. Hour intervals are indicated in the top row, with fields in grey representing the dark phase. Fields in orange show the periods in which animals were active.	48
Figure 8 – Actogram representing daily activity of five individuals of <i>B. jararaca</i> (identified in the left column) filmed during the winter. Hour intervals are indicated in the top row, with fields in grey representing the dark phase. Fields in orange show the periods in which animals were active.	49
Figure 9 – Activity observations of <i>B. insularis</i> at Queimada Grande Island.	51
Figure 10 – Seasonal activity of <i>B. insularis</i> at Queimada Grande Island.	51

DIFFERENTIAL PREDATION RATE IN ISLANDS: CAN PREDATORS SHAPE THE NICHE AND DEFENSIVE BEHAVIOUR OF INSULAR PITVIPERS *BOTHROPS INSULARIS* AND *B. ALCATRAZ*?

Figure 1 – Replicas used in experiments. " <i>Bothrops insularis</i> pattern" (A) resembling <i>B. insularis</i> and " <i>Bothrops jararaca</i> pattern" (B) resembling <i>B. jararaca</i> and <i>B. alcatraz</i> . Note the beak marks due to bird attack.	68
Figure 2 – Odds Ratio and Confidence Intervals (95%) of predation pressure at Alcatrazes Island (AI), the urban fragment (PEFI), and Queimada Grande Island (QGI), in comparison to the continuous forested area in the mainland (PEC).	70

HABITAT USE IN THE CRITICALLY ENDANGERED GOLDEN LANCEHEAD, *BOTHROPS INSULARIS* (AMARAL, 1921)

Figure 1 – Distribution of the plots at Queimada Grande Island.	88
Figure 2 – Density of individuals of <i>B. insularis</i> around the plots.	91
Figure 3 – Correlation between maximum canopy height and altitude at Queimada Grande Island.	92
Figure 4 – Correlation between mean canopy height and altitude at Queimada Grande Island.	92

Figure 5 – Correlation between height used by males and females of <i>B. insularis</i> , according to their snout-vent length.	93
Figure 6 – Correlation between height used by males and females of <i>B. insularis</i> , according to their relative body mass.	94
Figure 7 – Correlation between distance from the initial location (in meters) and time since the first encounter.	94
Figure 8 – Males and females found together during the reproductive season, either during visual search (A) or while tracking animal with thread-bobbin.	95

LISTA DE TABELAS

GROWTH PATTERNS OF THE CRITICALLY ENDANGERED *BOTHROPS INSULARIS*: A COMPARISON BETWEEN WILD AND CAPTIVE POPULATIONS.

Table 1 – Mean $\pm$ standard deviation of snout-vent length (SVL), body mass (M) and growth rate (GR) of females and males of the captive and the wild population. 35

LIVING IN THE DARKSIDE: ACTIVITY IN REPRESENTATIVES OF THE *BOTHROPS JARARACA* GROUP (SERPENTES, VIPERIDAE)

Table I – Coefficients of the regression models used for analyzing daily activity of *Bothrops jararaca* group in captivity. 50

Table II – Coefficients of the regression models used for analyzing daily activity of *Bothrops insularis* at Queimada Grande Island. 50

HABITAT USE IN THE CRITICALLY ENDANGERED GOLDEN LANCEHEAD, *BOTHROPS INSULARIS* (AMARAL, 1921)

Table I – Indicators used for assessing Biotic Integrity Index at Queimada Grande Island. 87

Table II – Classification of the Biotic Integrity Index (BII) obtained at Queimada Grande Island. 87

Table III - Interaction between males and females of *B. insularis* observed at Queimada Grande Island. Individuals not measured are assigned as NM. 95

Appendix 1 109

Appendix 2 110

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
A jararaca-ilhoa: Rainha dos mitos entre as serpentes	1
Mas, afinal, o que é verdade?	3
Conservação da jararaca-ilhoa	5
Referências	6
 GROWTH PATTERNS OF THE CRITICALLY ENDANGERED <i>BOTHROPS INSULARIS</i>: A COMPARISON BETWEEN WILD AND CAPTIVE POPULATIONS.	7
Aknowledgements	7
Abstract	8
1. Introduction	9
2. Materials and Methods	11
2.1. Data Collection	11
2.2. Growth models and rates	13
2.3. Statistical Analyses	14
3. Results	15
3.1. Environmntal data	15
3.2. Body size	15
3.3. Growth rates and curves	16
4. Discussion	17
Data Availability Statement	23
Conflict of Interest	23
Ethical Guidelines	23
ORCID	23
References	23
 LIVING IN THE DARKSIDE: ACTIVITY IN REPRESENTATIVES OF THE <i>BOTHROPS JARARACA</i> GROUP (SERPENTES, VIPERIDAE)	39
Abstract	39
Introduction	40

Material and Methods	42
Results	43
Discussion	51
References	54
 DIFFERENTIAL PREDATION RATE IN ISLANDS: CAN PREDATORS SHAPE THE NICHE AND DEFENSIVE BEHAVIOUR OF INSULAR PITVIPERS <i>BOTHROPS INSULARIS</i> AND <i>B. ALCATRAZ</i>?	63
Abstract	63
Introduction	64
Material and Methods	66
Ethical Guidelines	66
Predation rates	67
Defensive Behaviour	68
Statistical Analyses	69
Results	70
Predation rate	70
Defensive behaviour	71
Discussion	71
References	74
 HABITAT USE IN THE CRITICALLY ENDANGERED GOLDEN LANCEHEAD, <i>BOTHROPS INSULARIS</i> (AMARAL, 1921)	82
Abstract	82
Introduction	83
Material and Methods	86
Ethical Guidelines	86
Habitat Characterization	86
Sampling of the Golden Lancehead	88
Statistical Analyses	89
Results	90
Interaction between animals	95
Figure 8	95

Discussion	96
References	99

INTRODUÇÃO GERAL: A presente introdução foi feita em formato de divulgação científica, e será submetida como artigo à Ciência Hoje

A JARARACA-ILHOA: RAINHA DOS MITOS ENTRE AS SERPENTES

Karina R.S. Banci, Wilian Barbosa Borges, Natália F. Torello-Viera & Otavio A.V.

Marques

Você provavelmente já ouviu falar sobre a Ilha das Cobras, a Ilha da Queimada Grande (figura 1). Esta ilha, localizada no Litoral Sul de São Paulo, é o lar da famosa jararaca-ilhoa, *Bothrops insularis* (figura 2). Mas será que as informações que você possui realmente condizem com a realidade? Muitas vezes, as fontes de informação tendem a ser sensacionalistas, trazendo informações que não são de fato verdadeiras. Sabe aquela história de que quem conta um conto aumenta um ponto? Pois é exatamente isso! Além disso, histórias sensacionalistas acabam atraindo mais atenção, resultando em maior audiência, que é o intuito destes meios. Entretanto, em uma era em que percebemos os prejuízos que as *fake news* podem trazer, é fundamental estreitar os laços entre a ciência e os meios de comunicação, para ofertar informações fidedignas e confiáveis às pessoas.

No que diz respeito à Ilha das Cobras, por exemplo, inúmeros são os mitos que a rodeiam. Dizem, por exemplo, que a ilha apresenta a maior abundância de cobras do mundo, e que até 25 mil jararacas-ilhoas vivem por lá. Alegam, ainda, que essa alta abundância é decorrente de esses animais terem sido levados para a ilha, para protegerem tesouros de piratas ou espanhóis. Isso porque seu veneno é tão potente que seria capaz de derreter a carne humana, podendo matar uma pessoa instantaneamente. Isso, inclusive, impediu que pessoas morassem na ilha, uma vez que as serpentes mataram famílias que tentaram, bem como seus animais, e mesmo pescadores que eventualmente aportaram na ilha para pegar banana. Outras inverdades não tão chocantes, dizem respeito à biologia e ecologia de espécie. Muitas vezes, é dito que tal serpente alimenta-se unicamente de aves, e, por este motivo, é exclusivamente diurna e arborícola.



Fig. 1: Imagem de satélite da Ilha da Queimada Grande. Fonte: Google Earth, 2023.



Fig. 2: A jararaca-ilhoa, *Bothrops insularis*, da Ilha da Queimada Grande. Fonte: Karina Banci.

Mas, afinal, o que é verdade?

Para saber o que é verdade, precisamos primeiramente falar sobre a origem da jararaca-ilhoa. Cabe ressaltar que a espécie é irmã da jararaca-comum (*Bothrops jararaca*), bastante comum no continente, nas áreas de Mata Atlântica. Diferente do que dizem os mitos, as serpentes não foram levadas à ilha para proteger tesouro algum. Na verdade, a hipótese aceita atualmente diz que a origem da espécie está associada ao aumento do nível do mar, possivelmente durante a última glaciação. Por conta do degelo, o nível do mar teria subido, inundando áreas que anteriormente faziam parte do continente. Por ser uma área mais elevada, o que hoje é a Ilha da Queimada Grande não foi alagada, mas populações de jararacas ancestrais ficaram isoladas. Em virtude do isolamento e das diferenças ambientais no continente e na ilha, com o tempo, essas populações foram se diferenciando tanto, que deram origem às espécies que conhecemos hoje, a jararaca-comum no continente, e a jararaca-ilhoa, na Ilha da Queimada Grande. Esse mesmo processo teria sido responsável pelo surgimento de outras espécies desse mesmo grupo, como a jararaca-de-Alcatraz, da Ilha de Alcatrazes, por exemplo.

Dentre as diferenças ambientais mencionadas, cabe ressaltar que na ilha não existem mamíferos. Os roedores são os principais alimentos de adultos da jararaca-comum. Uma vez privadas dessas presas, as jararacas-ilhoas acabaram se especializando em predação de aves, principal item da dieta dos adultos da espécie. Mais especificamente, duas espécies de aves migratórias constituem a maior parte do cardápio da jararaca-ilhoa. Uma delas é a guaracava-de-crista-branca, que visita a ilha em meados de março, e a outra, é o sabiá-una, que o faz em meados de julho.

Diferente do que costuma ser dito, a jararaca-ilhoa não é exclusivamente arborícola. Entretanto, ela usa mais a vegetação do que a sua irmã continental. Vale ressaltar que a probabilidade de encontrar exemplares sobre a vegetação é maior durante as épocas correspondentes à de migração das aves, o que condiz com o fato de que as aves buscam por alimento (frutas e insetos) nas árvores. Além disso, dado que as aves das quais se alimentam são diurnas, as jararacas-ilhoas também já foram consideradas exclusivamente diurnas. Embora, de fato, só tenham sido observadas se alimentando de aves durante o dia, a maioria dos registros de atividade das jararacas-ilhoas é no período noturno. A atividade noturna parece ser uma característica compartilhada e herdada dos ancestrais no grupo das jararacas, sendo que tanto a jararaca-comum, quanto a jararaca-de-Alcatraz, irmãs da jararaca-ilhoa, também apresentam o mesmo padrão de atividade. Possivelmente, a chegada das aves na ilha cause uma adequação no

período de atividade, o que é necessário para a sobrevivência da espécie. Fora dos períodos de migração das aves, porém, as jararacas-ilhoas são encontradas principalmente no chão da mata, onde podem se alimentar de sapos no chão da mata. Além disso, na estação chuvosa, essas serpentes apresentam atividade predominantemente noturna, o que coincide com o horário de atividade desses sapos. As jararacas-ilhoas também podem usar tanto o chão, quanto a vegetação, para se acasalarem, o que ocorre principalmente do outono até o meio do inverno. É importante ressaltar, ainda, que elas parecem dependentes das áreas florestadas da ilha, e mesmo neste ambiente não costumam se deslocar muito, ficando, geralmente, restritas a um raio de 40 metros.

A densidade de cobras na Ilha da Queimada Grande, diferente do que muitas vezes é noticiado, representa a segunda maior densidade de serpentes do mundo, ficando atrás, apenas, da Ilha de Shedao, na China. As estimativas populacionais mais recentes apontam para a existência de 2.000 a 3.000 cobras na ilha, o que representa algo em torno de 55 indivíduos em uma área equivalente a um campo de futebol (1 hectare)! Essa alta densidade de serpentes é possivelmente decorrente da baixa taxa de predação à qual a jararaca-ilhoa está submetida, doze vezes menor do que aquela à qual a jararaca-comum sofre em certas áreas florestais do continente. Esse aspecto pode explicar, inclusive, o motivo pelo qual esse animal pode ser frequentemente encontrado em campo, e também seu comportamento defensivo restrito quase inteiramente à fuga, diferente de sua irmã continental que possui repertório defensivo bem mais elaborado usado para intimidar os predadores. Apesar disso, cabe ressaltar que se trata de uma espécie peçonhenta, cujo veneno é de fato potente. Porém, ao contrário do que muitas vezes é dito, seu veneno não causa o derretimento da carne, nem é instantaneamente fatal, e, até o presente momento, não há registros de acidentes com esses animais na Ilha da Queimada Grande. Seu veneno tem essencialmente uma ação local agindo na destruição de tecidos e causando hemorragia, não diferindo da jararaca-comum, de modo que o mesmo soro (antibotrópico) pode ser administrado em caso de picadas com essas espécies, assim como com demais representantes das jararacas. O fato de não haver mais humanos residentes na Ilha da Queimada Grande está associado, portanto, não a eventos de acidentes com a jararaca-ilhoa, mas sim à automatização do farol da ilha pela Marinha do Brasil, fazendo com que não haja mais a necessidade de um faroleiro desde 1925. Atualmente, a Ilha da Queimada Grande é uma Unidade de Conservação Federal, fazendo parte da Área de Relevante Interesse Ecológico das Ilhas da Queimada Pequena e Queimada Grande, e desembarque na ilha só é autorizado a pesquisadores, mediante autorização do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO).

Também cabe ao ICMBIO a fiscalização da ilha, mas isso infelizmente não foi capaz de coibir a ação de traficantes de animais, o que resultou em uma redução da população de jararacas-ilhoas nas últimas décadas. Devido a isso, e também por se tratar de uma espécie endêmica, ou seja, que só ocorre na Ilha da Queimada Grande, a jararaca-ilhoa é classificada como criticamente ameaçada de extinção.

Conservação da jararaca-ilhoa

Por se tratar de uma espécie criticamente ameaçada, é fundamental que sejam feitos esforços para a sua conservação. As pesquisas realizadas com a espécie constituem a base para isso, uma vez que a preservação necessita das informações básicas acerca da história natural e ecologia da espécie. Os dados obtidos a partir dos estudos, portanto, devem nortear as estratégias de conservação. Considerando-se as informações disponíveis, fica evidente que a conservação da jararaca-ilhoa depende fundamentalmente, da preservação das florestas da ilha, bem como das áreas de Mata Atlântica do continente utilizadas pelas aves migratórias que servem de alimento para essas serpentes.

Paralelamente, é fundamental que sejam feitos programas de conservação da jararaca-ilhoa *ex-situ*, ou seja, em cativeiro. Da mesma forma, é fundamental que tais programas levem em consideração os requerimentos da espécie na Ilha da Queimada Grande. Indivíduos de cativeiro costumam ser alimentados com roedores, e em frequência maior do que os da ilha, o que pode fazer com que eles cresçam mais e fiquem mais pesados, o que pode comprometer, por exemplo, o uso da vegetação por estes animais, prejudicando o seu deslocamento e também a caça de aves. Além disso, por estarem isolados, os indivíduos de cativeiro podem acabar ficando geneticamente diferentes dos animais da ilha, o que também pode comprometer a sobrevivência da espécie. Deste modo, é fundamental que haja o monitoramento contínuo desses animais.

Para finalizar, a conscientização da população é fundamental para a conservação das espécies como um todo. As serpentes são corriqueiramente tidas como vilãs. Entretanto, elas são fundamentais para a manutenção das cadeias ecológicas. Serpentes que se alimentam de roedores, inclusive, associam-se diretamente ao controle de pragas e vetores de doenças. Além disso, as toxinas presentes no veneno das serpentes podem ter importância farmacológica. A partir das toxinas da jararaca-comum, por exemplo, foi desenvolvido o Captopril, um importante medicamento utilizado para controle da pressão arterial. Estudos recentes demonstram que as

toxinas presentes no veneno da jararaca-ilhoa podem ter efeito antitumoral. A conscientização da população, portanto, é fundamental para a preservação do meio-ambiente, e também no combate ao tráfico desses animais, o que ressalta a importância de que os laços entre a ciência e as pessoas sejam estreitados, de modo que informações confiáveis cheguem até elas.

Referências

- BANCI, K. R. S.; GUILARDI, M. D.; MELLO, K. & MARQUES, O. A. V. (in. prep). Habitat use in the critically endangered Golden Lancehead, *Bothrops insularis* (Amaral, 1921).
- BANCI, K. R. S.; ROSA, L. G. S. & MARQUES, O. A. V. (in. prep). Living in the darkside: activity in representatives of the *Bothrops jararaca* group (Serpentes, Viperidae).
- BANCI, K. R. S.; SIQUEIRA, L. H. C. & MARQUES, O. A. V. (in. prep). Growth patterns of the critically endangered *Bothrops insularis*: a comparison between wild and captive populations.
- BANCI, K. R. S.; SIQUEIRA, L. H. C.; TORELLO-VIERA, N. F. & MARQUES, O. A. V. (in. prep). Differential predation rate in islands: can predators shape niche and defensive behaviour of insular pitvipers *Bothrops insularis* and *B. alcatraz*?
- BORGES, W. B. (2023). Ilha das Cobras: a perspectiva da mídia digital acerca de aspectos biológicos e ecológicos da jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*). Monografia de Especialização, Curso de Especialização em Animais de Interesse em Saúde: Biologia Animal, Instituto Butantan.
- MARQUES, O. A. V. (2021). A Ilha das Cobras. Biologia, evolução e conservação da jararaca-ilhoa na Queimada Grande. Cotia: Ponto A Editora.
- MARQUES, O. A. V. & MARTINS, M. (2002). A jararaca da Ilha da Queimada Grande. *Ciência Hoje*, 31(186): 56-59.