



**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

VINÍCIUS YURI KINGESKI FERRI

**SOB A ESCURIDÃO DOS BANHADOS: INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS  
EM UMA POPULAÇÃO DE SERPENTE AQUÁTICA NO SUL DO BRASIL.**

PORTO ALEGRE

2018

VINÍCIUS YURI KINGESKI FERRI

**SOB A ESCURIDÃO DOS BANHADOS: INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS  
EM UMA POPULAÇÃO DE SERPENTE AQUÁTICA NO SUL DO BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal. Área de concentração: Biologia e Comportamento Animal.

Orientador(a): Prof. Dr. Laura Verrastro Vinas

PORTO ALEGRE

2018

VINÍCIUS YURI KINGESKI FERRI

**SOB A ESCURIDÃO DOS BANHADOS: INFLUÊNCIA DE FATORES  
AMBIENTAIS EM UMA POPULAÇÃO DE SERPENTE AQUÁTICA NO SUL DO  
BRASIL.**

Aprovada em \_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Dr. Roberto Baptista de Oliveira

---

Dr. Murilo Guimarães

---

Dr. Márcio Borges Martins

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero dizer que muitas pessoas são responsáveis por esse trabalho. Agradeço do fundo do coração a todos que de uma maneira ou de outra construíram junto comigo esta etapa da vida. Vocês foram fundamentais e são muito importantes para mim.

Agradeço ao Roberto Oliveira, ao professor Murilo Guimarães e o professor Márcio Borges Martins por aceitarem ser minha banca, é uma grande honra ter meu trabalho avaliado por profissionais como vocês.

A minha orientadora Laura Verrastro, que manteve sempre abertas as portas do Laboratório de Herpetologia da UFRGS e apoiou e ajudou sempre que lhe foi possível.

Ao Paulo e Danúbia, gestores do Parque Estadual de Itapeva, permitiram que este trabalho fosse realizado dentro das melhores condições possíveis. A toda equipe do parque, muito obrigado pela recepção, conversas e companheirismo! Todos vocês fazem de Itapeva uma referência em gestão e proteção do patrimônio natural do Rio Grande do Sul.

A todos os colegas do Laboratório de Herpetologia da UFRGS, por toda ajuda ao longo deste trabalho, em especial aos meus colegas da 127: a amizade de vocês é algo incrível e lindo. Muito obrigado pela ajuda, amizade, aprendizado, carinho, companhia, risadas, conversas e os momentos inesquecíveis que passamos juntos. Vocês abraçaram este trabalho junto comigo e ele é nosso!

A todos ajudantes de campo, meu mais sincero obrigado, sem vocês esse trabalho não existiria, valeu muito: Baka, Gabriel, Matheus, Natizinha, Malu, Debs, Carol, Steh, Arthur, Nathi, Pedro e Leo.

Aos amigos, Mi, Gabriel e Nathi, que me ajudaram a desvendar o Mark e as análises do Modelo Robusto. Aprendi muito com cada um de vocês, muito obrigado!

Gratidão aos meus amigos de infância no Oz, Anderson, Benhur, Henrique, Matheus, Ruan e Yago. Amizade que dura até hoje e que vence as distancias e as dificuldades. E aos amigos mais recentes, conhecido ao longo desses anos de mestrado e fizeram parte do meu dia-dia, a galera do “Pregação no Tuntz” (Bagezin, Isa, Otavinho, Marcos, Dezi e Maluzinha) cada momento com vocês foi único e especial. Muito obrigado!

A minha segunda família, Malu e Kles, que me receberam de braços abertos, me ajudaram quando mais precisei. Me ensinaram a ser uma pessoa mais altruísta e companheira. Onde quer que nós estejamos, seremos para sempre a “Família 402”. Amo vocês!

A minha namora, Dezinha, tu com certeza é a coisa mais importante em toda essa caminhada. Jamais imaginei que pudesse existir no mundo alguém como tu. É incrível como tu sabe amar e como tu leva luz para a vida das pessoas. Eu te admiro todos os dias e agradeço muito por compartilhar momentos contigo. Tu foste essencial neste trabalho com todas as dicas, conversas e versões corrigidas. Obrigado por me fazer todos os dias uma pessoa melhor e mais justa!

Aos meus pais Mailor e Valtoir, eu jamais vou poder retribuir tudo o que vocês fizeram e fazem por mim. Agradeço todos os dias por todo amor e ensinamento e que vocês me deram, sem vocês nada disso seria possível. Aos três melhores presentes que a vida me deu, meus irmãos João, Gustavo e Maria Clara, apesar de todas as brigas, vocês são meu maior amor, tenho certeza que permaneceremos sempre unidos.

E por fim, ao Luffy e toda tripulação chapéu-de-palha pelo exemplo de determinação e por me ensinar que é sorrir é importante, não importa qual seja a situação.

## SUMÁRIO

<b>Introdução Geral</b> .....	07
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	12
<b>Capítulo 1</b> .....	18
Resumo .....	19
Introdução .....	20
Material e Métodos .....	23
<i>Área de Estudo</i> .....	23
<i>Coleta de Dados</i> .....	25
<i>Área de Vida</i> .....	26
<i>Modelo Robusto de Marcação e Recaptura</i> .....	26
Resultados .....	29
Discussão .....	36
Referências Bibliográficas .....	42
<b>Conclusão Geral</b> .....	51

## INTRODUÇÃO GERAL

1  
2 As populações de animais são formadas por indivíduos sujeitos a influência  
3 de fatores físicos, biológicos e evolutivos, que atuam na sua dinâmica espacial e  
4 temporal (Begon et al. 2007). O padrão de atividade dos indivíduos é comandado  
5 principalmente por processos ecológicos, os quais possuem íntima relação com o  
6 habitat em que as espécies estão inseridas (Vitt and Caldwell 2014). Desse modo,  
7 tanto condições positivas quanto negativas podem nos ajudar a entender como o  
8 ambiente contribui para as respostas biológicas de indivíduos e populações  
9 (Marques et al. 2000; Brown and Shine 2002).

10 Algumas espécies apresentam estratégias comportamentais para lidar com os  
11 períodos desfavoráveis, onde há casos em que se movimentam em busca de  
12 melhores recursos, ou reduzem sua atividade até que melhores condições retornem  
13 (Willson et al. 2011). As serpentes regulam sua atividade principalmente de acordo  
14 com quatro prioridades biológicas: sobrevivência, reprodução, alimentação e  
15 termorregulação, e a importância desses fatores está intimamente relacionada com  
16 as variáveis temporais e espaciais do ambiente (Mullin and Seigel 2009; Vitt and  
17 Caldwell 2014). Quando uma serpente está ativa, seu risco de mortalidade e gasto  
18 energético são maiores do que quando inativa (Huey and Pianka 1981). Isso indica  
19 que um indivíduo apenas entrará em atividade quando os benefícios potenciais  
20 superarem os custos de permanecer ativo (Gibbons and Semlitsch 1987).

21 Além da atividade, a área de vida (ou área vital) dos indivíduos também pode  
22 ser influenciada por variáveis ambientais e pela estrutura do habitat (Powell and  
23 Mitchell 2012). As serpentes aquáticas, por exemplo, apresentam deslocamentos e  
24 áreas de vida menores do que as espécies terrestres (Roth and Greene 2006). Já  
25 em relação ao ambiente, a área de vida e o deslocamento das serpentes aquáticas

26 geralmente são maiores quando a linha de água é contínua, e diminuem ao passo  
27 que os ambientes alagados secam (Moura 2009). Além disso, quanto mais  
28 adaptadas e dependentes do ambiente aquático, essas serpentes tendem a ocupar  
29 áreas menores do que as espécies semiaquáticas (Burger et al. 2004; Isaac and  
30 Gregory 2007). Outro fator importante para esse grupo é que os deslocamentos dos  
31 indivíduos são menores quando o recurso alimentar é abundante, ou quando o  
32 ambiente apresenta uma maior quantidade de abrigos (Madsen 1983; Roon et al.  
33 2006).

34 De modo geral, parâmetros populacionais buscam responder como e por qual  
35 motivo uma população se modifica ou se mantém ao longo do tempo (Begon et al.  
36 2007). Porém, muitas vezes essa mudança não é facilmente perceptível, seja por  
37 características ecológicas das espécies, seja por vieses amostrais (Durso and Seigel  
38 2015). Somado a isso, muitos grupos animais, incluindo grande parte das serpentes,  
39 apresentam baixas densidades populacionais e estratégias comportamentais que  
40 dificultam a sua detecção e captura em ambiente natural (Mullin and Seigel 2009;  
41 Durso and Seigel 2015). Nesse sentido, é importante considerar que a detecção dos  
42 indivíduos pelos pesquisadores não é perfeita, podendo ser influenciada por  
43 inúmeras variáveis ambientais, espaciais ou do próprio método de amostragem  
44 (Mackenzie et al. 2002; Guimarães et al. 2014a).

45 Métodos de marcação e recaptura são muito utilizados para obtenção de  
46 informações populacionais. Nesse método, os indivíduos são considerados como a  
47 unidade amostral da população, permitindo com que possamos observar padrões  
48 populacionais das espécies a partir de um histórico de captura (Williams et al. 2002;  
49 Manly et al. 2005). Além disso, esses modelos consideram a detecção imperfeita  
50 dos indivíduos pelos pesquisadores, o que nos permite inferir com mais segurança a



51 influência das variáveis nos parâmetros populacionais (Yoccoz et al. 2001, Williams  
52 et al. 2002, Guimarães 2014a).

53 O Desenho Robusto de Pollock (1982) é uma combinação do modelo de  
54 população aberta e dos modelos de população fechada (*Closed Capture Models*).  
55 Essa união permite obter com maior robustez as estimativas dos parâmetros,  
56 combinando o melhor de cada um em um único modelo (Robusto). Nos modelos  
57 robustos, as amostragens são incluídas em duas escalas temporais: ocasiões  
58 primárias e ocasiões secundárias. Entre as ocasiões primárias, assumimos que a  
59 população esteja aberta, onde há entrada e saída de indivíduos. Já nas ocasiões  
60 secundárias, a população é considerada fechada, assumindo que não há  
61 nascimentos, mortes ou migração. Entre as ocasiões primárias, são estimadas as  
62 probabilidades de sobrevivência aparente e de emigração temporária dos indivíduos.  
63 Já entre as secundárias, estima-se a detecção, obtida no modelo robusto a partir  
64 das probabilidades de captura e recaptura dos indivíduos (Cooch and White 2006).

65 Embora a atividade das serpentes seja relativamente baixa e existam poucas  
66 pesquisas com resultados significativos ou que demonstre de forma robusta a  
67 influência ambiental sobre a atividade desse grupo (Macartney et al. 1988; Roth and  
68 Greene 2006), sabe-se que a temperatura, a precipitação e o período do dia são  
69 fatores importantes para determinar o modo com que esses animais exploram o  
70 habitat em que vivem (Marques et al. 2000; Brown et al. 2005a; Vitt and Caldwell  
71 2014). Em ambientes temporários, os períodos de seca e cheia podem contribuir  
72 para a atividade de migração e estivação de serpentes aquáticas e semiaquáticas  
73 (Willson et al. 2006). Além disso, estudos recentes têm encontrado relação entre a  
74 luminosidade natural ou artificial da noite e a atividade de diversos grupos de

75 vertebrados noturnos, inclusive serpentes e anfíbios (Falcy and Danielson 2013;  
76 Onorati and Vignoli 2017; Eskew and Todd 2017; Muller et al. 2018).

77 A espécie *Helicops infrataeniatus* JAN, 1865 pertence à família Dipsadidae e  
78 apresenta adaptações evolutivas bastante relacionadas à vida na água, como  
79 viviparidade, alimentação baseada em peixes e anfíbios, e narinas e olhos  
80 localizados na região dorsal da cabeça (Aguiar and Di-Bernardo 2004; Borges-  
81 martins et al. 2007; Carreira and Maneyro 2012). A espécie é não-peçonhenta e de  
82 porte médio, possuindo coloração dorsal escura e ventre com faixas negras e  
83 irregulares sobre o fundo, que pode ser em tom de vermelho, amarelo ou branco  
84 (Carreira and Maneyro 2012; Freire and Mata 2013). Seus indivíduos podem ser  
85 encontrados ativos durante o dia e a noite, geralmente dentro dos corpos d'água e  
86 próximos a margens com vegetação. Porém, eventualmente, podem utilizar o  
87 ambiente terrestre para deslocamentos e termorregulação (Oliveira 2005).

88 Ao longo da Planície costeira do sul do Brasil, as populações dessa espécie  
89 ocorrem em diferentes corpos d'água, desde grandes lagoas até pequenas poças  
90 temporárias (Lema 2002; Oliveira 2005). Nas restingas litorâneas, os ambientes  
91 aquáticos temporários são restritos a regiões de baixada, geralmente dispostas entre  
92 pequenas elevações de dunas. Nesses locais, os banhados são formados por  
93 acúmulo da chuva ou afloramento do lençol freático (Colombo et al. 2008; Verrastro  
94 et al. 2009).

95 No Parque Estadual de Itapeva, no município de Torres, litoral norte do Rio  
96 Grande do Sul, a espécie ocorre em banhados localizados na região da baixada  
97 úmida, situada entre dunas móveis e dunas frontais. Chuvas fortes e intensas fazem  
98 o nível da água subir rapidamente nesses banhados, porém o aumento da  
99 temperatura e a ausência de precipitação faz com que eles sequem em poucos dias

100 (Armiliato 2018). Os ambientes de banhados são considerados como prioritários  
101 para conservação e o Parque Estadual de Itapeva é uma das poucas unidades de  
102 conservação (UC) do Brasil que protegem esses ecossistemas (MMA 2018; SEMA  
103 2018).

104 Embora as populações de *H. infrataeniatus* sejam bastante abundantes em  
105 ambientes lóticos e lênticos (Borges-martins et al. 2007;Carreira and Maneyro 2012  
106 Regnet et al. 2017), ainda não existem estudos de ecologia populacional para a  
107 espécie. A partir disso, buscamos estimar parâmetros populacionais em uma  
108 população de *H. infrataeniatus* em banhados temporários do sul do Brasil, por meio  
109 de modelos de marcação e recaptura. Do mesmo modo, buscamos verificar se  
110 existe variação dos mesmos frente a variáveis ambientais (pluviosidade, temperatura  
111 e luz da lua) e o sexo dos indivíduos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 112  
113  
114 Aguiar, L.F.S. de, and M. Di-Bernardo. 2004. Diet and Feeding Behavior of *Helicops*  
115 *infrataeniatus* (Serpentes: Colubridae: Xenodontinae) in Southern Brazil. Stud.  
116 Neotrop. Fauna Environ. 39:7–14. DOI:  
117 <https://doi.org/10.1080/01650520412331270927>
- 118 Armiliato, G.S. 2018. Parâmetros de vida de *Acanthochelys spixii* (Chelidae:  
119 Testudines) no Extremo Sul da Mata Atlântica. 48pp. Dissertação.  
120 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- 121 Begon, M., C. R Townsend and J. L. Harper. 2007. Ecologia: de indivíduos a  
122 ecossistemas. 4 ed. Artmed, BR.
- 123 Borges-Martins, M., M.L. Machado, R. Baptista and C. Anés. 2007. Répteis da Lagoa  
124 do Casamento e Butiazal dos Tapes. Pp. 292–315 in Biodiversidade: Regiões  
125 da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio  
126 Grande do Sul (F.G. Becker, R.A. Ramos, and L. de A. Moura, eds.).  
127 Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, BR.
- 128 Brown, G.P., and R. Shine. 2002. Influence of weather conditions on activity of  
129 tropical snakes. Austral Ecol. 27:596–605. DOI: <https://doi.org/Doi>  
130 [10.1046/J.1442-9993.2002.01218.X](https://doi.org/10.1046/J.1442-9993.2002.01218.X)
- 131 Brown, G.P., R. Shine and T. Madsen. 2005. Spatial ecology of slatey-grey snakes  
132 (*Stegonotus cucullatus*, Colubridae) on a tropical Australian floodplain. J. Trop.  
133 Ecol. 21:605–612. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467405002671>
- 134 Burger, J., C. Jeitner, H. Jensen, M. Fitzgerald, S. Carlucci, S. Shukla, S. Burke, R.  
135 Ramos and M. Gochfeld. 2004. Habitat use in basking Northern water  
136 (*Nerodia sipedon*) and Eastern garter (*Thamnophis sirtalis*) snakes in urban

- 137 New Jersey. *Urban Ecosyst.* 7:17–27. DOI:  
138 <https://doi.org/10.1023/B:UECO.0000020169.86700.76>
- 139 Carreira, S., and R. Maneyro. 2012. *Guia de reptiles del Uruguay*. Ediciones de la  
140 Fuga, UY.
- 141 Colombo, P., A. Kindel, G. Vinciprova and L. Krause. 2008. Composição e ameaças  
142 à conservação dos anfíbios anuros do Parque Estadual de Itapeva , Município  
143 de Torres , Rio Grande do Sul , Brasil. *Biota Neotrop.* 8:229–240.
- 144 Cooch, E., and G. White. 2006. *Program MARK: a gentle introduction*. 13th ed. 1025  
145 pp.
- 146 Durso, A.M., and R.A. Seigel. 2015. A Snake in the Hand is Worth 10,000 in the  
147 Bush. *J. Herpetol.* 49:503–506. DOI: <https://doi.org/10.1670/15-49-04.1>
- 148 Eskew, E.A., and B.D. Todd. 2017. Too Cold, Too Wet, Too Bright, or Just Right?  
149 Environmental Predictors of Snake Movement and Activity. *Copeia* 105:584–  
150 591. DOI: <https://doi.org/10.1643/CH-16-513>
- 151 Falcy, M.R., and B.J. Danielson. 2013. A complex relationship between moonlight  
152 and temperature on the foraging behavior of the Alabama beach mouse.  
153 *Ecology* 94:2632–2637. DOI: <https://doi.org/10.1890/13-0426.1>
- 154 Freire, M. D., and C. Mata. 2013. Répteis. Pp 86-99 in *Guia de Identificação da Flora  
155 e Fauna dos Ecossistemas Terrestres no Entorno das lagoas costeiras* (A.  
156 Schäfer, R. Lanzer and L. Scur, eds.). Educs, BR.
- 157 Gibbons, J. W., and R. D. Semlitsch. 1987. Activity patterns. Pp.396-421 In *Snakes:  
158 Ecology and Evolutionary Biology* (R. A. Seigel, J. T. Collins and S. S. Novak,  
159 eds.). McMillan Publishing Company, EUA.
- 160 Guimarães, M., P.F. Doherty and R. Munguía-Steyer. 2014. Strengthening  
161 Population Inference in Herpetofaunal Studies by Addressing Detection

- 162 Probability. *South Am. J. Herpetol.* 9:1–8. DOI: <https://doi.org/10.2994/SAJH->  
163 [D-13-00020.1](https://doi.org/10.2994/SAJH-D-13-00020.1)
- 164 Huey, R.B., and E.R. Pianka. 1981. Ecological Consequences of Foraging Mode.  
165 62:991–999.
- 166 Isaac, L.A., and P.T. Gregory. 2007. Aquatic versus terrestrial locomotion:  
167 Comparative performance of two ecologically contrasting species of European  
168 natricine snakes. *J. Zool.* 273:56–62. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469->  
169 [7998.2007.00299.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2007.00299.x)
- 170 Lema, T. 2002. Os Répteis do Rio Grande do Sul. Atuais e fósseis: Biogeografia e  
171 ofidismo. Pucrs Press, BR.
- 172 Macartney, J.M., P.T. Gregory and K.W. Larsen. 1988. A Tabular Survey of Data on  
173 Movements and Home Ranges of Snakes. *J. Herpetol.* 22:61. DOI:  
174 <https://doi.org/10.2307/1564357>
- 175 Mackenzie, D.I., W.L. Kendall, H.O.W. Should, D. Probability, B.E. Incorporated, E.  
176 Of and R. Abundance. 2002. How Should Detection Probability Be  
177 Incorporated Into Estimate of Relative Abundance. *Ecology* 83:2387–2393.  
178 DOI: <https://doi.org/10.2307/3071800>
- 179 Madsen, T. 1983. Movements, Home Range Size and Habitat Use of Radio-Tracked  
180 Grass Snakes ( *Natrix natrix* ) in Southern Sweden. *Copeia* 3:707–713. DOI:  
181 <https://doi.org/10.2307/1445153>
- 182 Manly, B. F. J., T. L. McDonald and S. C. Amstrup. 2005. Introduction to the  
183 handbook. In *Handbook of capture-recapture analysis.* (S. C. Amstrup, T. L.  
184 McDonald, and B. F. J. Manly eds.). Princeton University Press, USA.

- 185 Marques, O., A. Eterovic and W. Endo. 2000. Seasonal activity of snakes in the  
186 Atlantic forest in southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 22:103–111. DOI:  
187 <https://doi.org/10.1163/156853801750096213>
- 188 Ministério do Meio Ambiente. 2018. Áreas Prioritárias. Governo do Brasil, BR.  
189 Archived by WebCite at <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/>  
190 [biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiversidade/projeto-de-conservação-e-](http://www.mma.gov.br/biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiversidade/projeto-de-conservação-e-utilização-sustentável-da-diversidade-biológica-brasileira-probio-i/áreas-prioritárias)  
191 [utilização-sustentável-da-diversidade-biológica-brasileira-probio-i/áreas-](http://www.mma.gov.br/biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiversidade/projeto-de-conservação-e-utilização-sustentável-da-diversidade-biológica-brasileira-probio-i/áreas-prioritárias)  
192 [prioritárias](http://www.mma.gov.br/biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiversidade/projeto-de-conservação-e-utilização-sustentável-da-diversidade-biológica-brasileira-probio-i/áreas-prioritárias) on 15 May 2018.
- 193 Moura, B.A.P. 2009. Ecologia espacial da Cobra-de-água-viperina (*Natrix maura*)  
194 num sistema ripícola. 64pp. Dissertação. Universidade de Lisboa, Portugal.
- 195 Muller, B.J., B.S. Cade and L. Schwarzkopf. 2018. Effects of environmental variables  
196 on invasive amphibian activity: Using model selection on quantiles for counts.  
197 *Ecosphere* 9. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.2067>
- 198 Mullin, S.J., and R.A. Seigel. 2009. Snakes: Ecology and Conservation. 381 pp.
- 199 Oliveira, R.B. de. 2005. História Natural da Comunidade de Serpentes de Uma  
200 região de Dunas do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. 119 pp. Tese.  
201 Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil.
- 202 Onorati, M., and L. Vignoli. 2017. The darker the night, the brighter the stars:  
203 Consequences of nocturnal brightness on amphibian reproduction. *Biol. J.*  
204 *Linn. Soc.* 120:961–976. DOI: <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blw007>
- 205 Pollock, K.H. 1982. A capture-recapture design robust to unequal probability of  
206 capture. *J. Wildl. Manage.* 46:752–757.
- 207 Powell, R.A., and M.S. Mitchell. 2012. What is a home range? *J. Mammal.* 93:948–  
208 958. DOI: <https://doi.org/10.1644/11-MAMM-S-177.1>
- 209 Regnet, R.A., F.M. Quintela, O.M. Entiauspe-Neto, V.H. Teixeira, F.L. da Silveira and

- 210 D. Loebmann. 2017. Remarkable aggregation of squamates and caecilians  
211 associated with flood events during el niño in southern Brazil. *Salamandra*  
212 53:537–540.
- 213 Roon, J. Van, I. Dicke, R. Brinks, A. Zuiderwijk and I. Janssen. 2006. Capture and  
214 recapture of Grass snakes near Amsterdam. *Proceedings 13th Congr. Soc.*  
215 *Eur. Herpetol.*:191–192.
- 216 Roth, T.C., and B.D. Greene. 2006. Movement Patterns and Home Range Use of the  
217 Northern Watersnake (*Nerodia sipedon*). *Copeia* 2006:544–551. DOI:  
218 [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2006\)2006\[544:MPAHRU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2006)2006[544:MPAHRU]2.0.CO;2)
- 219 Verrastro, L., S. M. Silva and P. A. Colombo. 2009. Herpetofauna dos Ecossistemas  
220 do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Pp 202-219 in *Ecossistemas e*  
221 *biodiversidade do Litoral Norte do RS* (N. L. Würdig and S. M. Freitas, Eds.).  
222 Nova Prova, BR.
- 223 Vitt, L.J., and J.P. Caldwell. 2014. *Amphibians and Reptiles*. 4th ed. UK. 749 pp.
- 224 Williams, B. K., J. D. Nichols and M. J. Conroy. 2002. *Analysis and management of*  
225 *animal populations*. Academic Press, USA.
- 226 Willson, J.D., C.T. Winne, and B.D. Todd. 2011. Ecological and methodological  
227 factors affecting detectability and population estimation in elusive species. *J.*  
228 *Wildl. Manage.* 75:36–45. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.15>
- 229 Willson, J.D., C.T. Winne, M.E. Dorcas and J.W. Gibbons. 2006. Post-drought  
230 responses of semi-aquatic snakes inhabiting an isolated wetland: Insights on  
231 different strategies for persistence in a dynamic habitat. *Wetlands* 26:1071–  
232 1078. DOI: [https://doi.org/Doi 10.1672/0277-](https://doi.org/Doi 10.1672/0277-5212(2006)26[1071:Prossi]2.0.Co;2)  
233 [5212\(2006\)26\[1071:Prossi\]2.0.Co;2](https://doi.org/Doi 10.1672/0277-5212(2006)26[1071:Prossi]2.0.Co;2)
- 234 Yoccoz, N.G., J.D. Nichols and T. Boulinier. 2001. Monitoring of biological diversity in



235 space and time. Trends Ecol. Evol. 16:446–453. DOI:  
236 [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02205-4](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02205-4)

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252       NOTA: O Programa de Pós-graduação em Biologia Animal estabelece que  
253 *para as dissertações de Mestrado apresentadas em forma artigo, o manuscrito seja*  
254 *colocado nas normas editoriais exigidas pelo periódico científico escolhido para*  
255 *publicação. Este manuscrito foi formatado segundo as normas da revista*  
256 *Herpetologica. Contudo, as tabelas, figuras e legendas foram incluídas ao longo do*  
257 *texto a fim de facilitar a leitura.*

258

259

260

261 **Sob a escuridão dos banhados: influência de fatores ambientais em uma**  
262 **população de serpente aquática no sul do Brasil**

263

264 VINÍCIUS Y.K. FERRI<sup>1</sup> AND LAURA VERRASTRO VINAS

265

266 Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio  
267 Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre, RS, BR

268 <sup>1</sup>CORRESPONDENCE: e-mail, viniferri92@gmail.com

269 <sup>2</sup>PRESENT ADDRESS: Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio  
270 Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, Campus do Vale, Bloco IV, prédio  
271 43435, sala 102. Porto Alegre, RS, BR

272

273 RRH: FERRI AND VERRASTRO.—INFLUÊNCIA DO AMBIENTE EM UMA POPULAÇÃO DE  
274 SERPENTE

275           RESUMO: Estimativas populacionais são fundamentais para compreendermos  
276 como os processos ecológicos atuam e qual a importância do ambiente no modo de  
277 vida dos animais. Para as serpentes e répteis em geral, a temperatura e o período  
278 do dia são fatores importantes no desempenho de suas atividades biológicas. Em  
279 ambientes aquáticos muito dinâmicos ou temporários, os níveis de pluviosidade  
280 contribuem para atividade de migração e estivação em serpentes aquáticas e  
281 semiaquáticas. Estudos recentes também têm encontrado relação entre a  
282 iluminação natural ou artificial da noite e a atividade de diversos grupos de  
283 vertebrados noturnos, inclusive serpentes e anfíbios. Nesse estudo investigamos o  
284 papel da temperatura, pluviosidade, luar e sexo dos indivíduos nos parâmetros  
285 populacionais uma população da serpente aquática *Helicops infrataeniatus* a partir  
286 de modelos de marcação e recaptura. O estudo foi realizado entre dezembro de  
287 2016 e dezembro de 2017 no Parque Estadual de Itapeva, litoral norte do Rio  
288 Grande do Sul, Brasil. As serpentes capturadas foram sexadas e marcadas com  
289 microchips subcutâneos para garantir identificação individual. A sobrevivência  
290 aparente mensal de *H. infrataeniatus* foi alta e sem diferença entre sexos. Já a  
291 detecção foi influenciada pelo luar e pela temperatura, de forma que em noites mais  
292 quentes e mais escuras, a atividade dos indivíduos foi maior. Essas condições  
293 aumentam a disponibilidade de alimento e diminuem o risco de predação dos  
294 indivíduos. Esse estudo é o primeiro na América do Sul a obter estimativas que  
295 incluem a detecção para serpentes aquáticas. Além disso, demonstramos a  
296 importância da lua para a atividade de répteis noturnos e incentivamos a inclusão  
297 dessa variável em estudos com outros grupos de vertebrados.

298 **Palavras-chave:** Detecção; Ecologia populacional; *Helicops*; Lua; Marcação e  
299 recaptura; Modelo robusto

300

## INTRODUÇÃO

301 A ATIVIDADE dos animais é essencial na busca por recursos ou para atender as  
302 necessidades reprodutivas dos indivíduos (Bowler and Benton 2005; Kays et al.  
303 2015). Em escalas de tempo mais curtas, essas particularidades biológicas são  
304 comandadas principalmente por processos ecológicos, que, por sua vez, possuem  
305 íntima relação com o habitat em que as espécies estão inseridas (Vitt and Caldwell  
306 2014).

307 As serpentes apresentam estratégias comportamentais para lidar com os  
308 períodos desfavoráveis no ambiente, onde há casos em que se movimentam em  
309 busca de recursos, ou reduzem sua atividade até que melhores condições retornem  
310 (Willson et al. 2011). A saúde dos indivíduos também é importante para a atividade e  
311 está intimamente relacionada com a qualidade do habitat em que vivem, de modo  
312 que as serpentes tendem a responder rapidamente a mudanças ambientais. (Gibbon  
313 et al. 2000; Willson et al. 2010). Quando uma serpente está ativa, seu risco de  
314 mortalidade e gasto energético são maiores do que quando inativa (Huey and  
315 Pianka 1981). Isso indica que um indivíduo apenas entrará em atividade quando os  
316 benefícios potenciais superarem os custos de permanecer ativo (Gibbons e  
317 Semlitsch 1987).

318 A influência de variáveis ambientais na atividade das serpentes é comumente  
319 relacionada a variações sazonais do clima ou ao período reprodutivo das espécies  
320 (Marques et al. 2000). Em escalas de tempo mais curtas como dias, semanas e  
321 meses, o efeito dessas variáveis ainda é pouco compreendido. (Roth and Greene  
322 2006). A maioria dos estudos realizados até então não encontrou padrões na  
323 atividade de serpentes em janelas de tempo menores, provavelmente devido à  
324 dificuldade na obtenção de capturas suficientes para análises mais robustas e

325 confiáveis (Roth and Greene 2006; Willson et al. 2011; Durso and Seigel 2015). Com  
326 o aperfeiçoamento das técnicas de amostragem e o surgimento de ferramentas  
327 analíticas modernas, lacunas sobre a relação das serpentes com o habitat podem  
328 ser solucionadas (Macartney et al. 1988). Além disso, a utilização de espécies  
329 comuns e abundantes na natureza como modelos biológicos de estudo permite a  
330 obtenção de dados com mais facilidade e possibilitam a observação de padrões  
331 muitas vezes compartilhados entre espécies de um mesmo grupo.

332 A serpente *Helicops infrataeniatus* JAN, 1865 (Fig. 1) possui características  
333 favoráveis a estudos populacionais, uma vez que é uma serpente comum e  
334 abundantes em ambientes lóticos e lênticos (Borges-martins et al. 2007; Carreira and  
335 Maneyro 2012; Regnet et al. 2017). Os indivíduos podem ser encontrados ativos  
336 durante o dia e a noite, geralmente dentro dos corpos d'água e próximos a margens  
337 com vegetação. Porém, eventualmente, podem utilizar o ambiente terrestre para  
338 deslocamentos e termorregulação (Oliveira 2005). A espécie apresenta adaptações  
339 evolutivas relacionadas à vida na água, como viviparidade, alimentação baseada em  
340 peixes e anfíbios, e narinas e olhos localizados na região superior da cabeça (Aguiar  
341 and Di-Bernardo 2004; Borges-martins et al. 2007; Carreira and Maneyro 2012).



342

343 FIG. 1. — Indivíduo de *Helicops infrataeniatus* no Parque Estadual de Itapeva, Torres, Rio Grande do  
344 Sul, Brasil. Foto: Natália Dallagnol Vargas.

345

346 De modo geral, sabe-se que a temperatura, a precipitação e o período do dia  
347 são fatores importantes para determinar o modo como as serpentes exploram o  
348 habitat em que vivem (Marques et al. 2000; Brown and Shine 2002; Brown et al.  
349 2005b; Vitt and Caldwell 2014; Eskew and Todd 2017). Em ambientes muito  
350 dinâmicos ou temporários, os períodos de seca e cheia podem contribuir para a  
351 atividade de migração e estivação de serpentes aquáticas e semiaquáticas (Willson  
352 et al. 2006). Além disso, estudos recentes têm encontrado relação entre a  
353 iluminação natural ou artificial da noite e a atividade de diversos grupos de  
354 vertebrados noturnos, inclusive serpentes e anfíbios (Falcó and Danielson 2013;  
355 Onorati and Vignoli 2017; Eskew and Todd 2017; Muller et al. 2018).

356 Assim, o objetivo desse estudo foi estimar parâmetros populacionais em uma  
357 população da serpente aquática *H. infrataeniatus* em banhados temporários no sul  
358 do Brasil, e verificar se existe variação desses parâmetros frente a variáveis  
359 ambientais (pluviosidade, temperatura e luz da lua) e ao sexo dos indivíduos.

360

## MATERIAL E MÉTODOS

361

### Área de Estudo

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

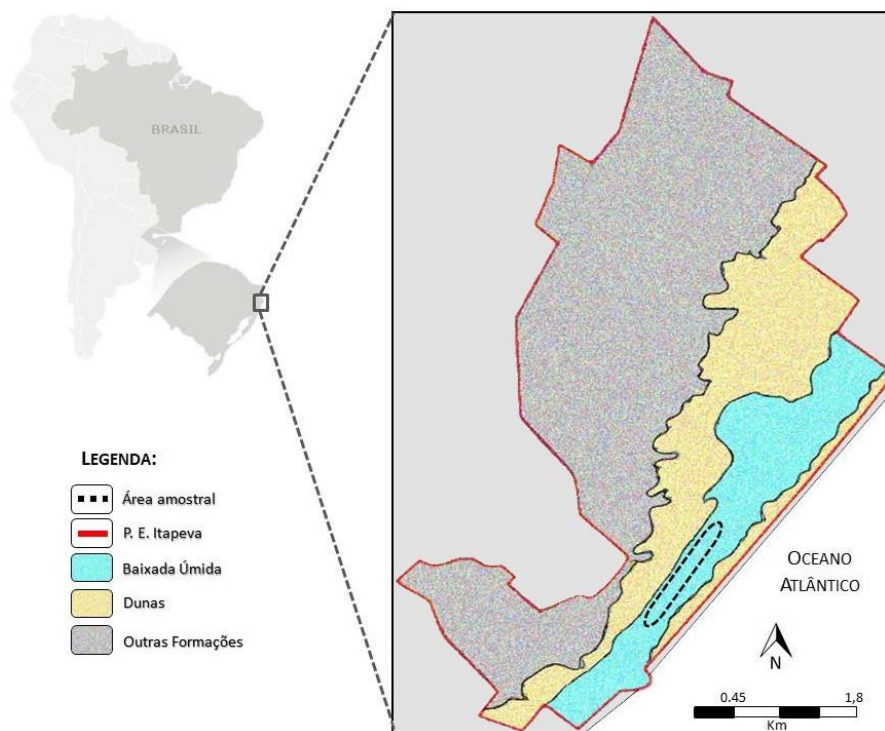
379

380

381

A área de estudo está localizada dentro do Parque Estadual de Itapeva (PEVA, no município de Torres, litoral norte do Rio Grande do Sul (29° 21' 30.22" S e 49° 45' 12.09" O) (Fig. 2). O PEVA é uma unidade de conservação com cerca de 1000 ha, formados por uma grande heterogeneidade de ambientes que incluem mata paludosa, restingas, dunas e baixadas úmidas (SEMA 2019). Essas formações fazem parte do Bioma Mata Atlântica e são características das paisagens naturais dessa região (Becker et al. 2007). O clima é classificado como subtropical úmido com estações bem definidas, apresentando precipitação média anual de 1.385 mm e chuvas distribuídas durante todo o ano (média mensal: 115 mm) (Villwock and Tomazelli 2007). A amostragem se concentrou especialmente em uma área de 4 ha na região da baixada úmida, situada entre dunas móveis e dunas frontais, e é composta por uma planície úmida com muitos banhados e pequenas elevações isoladas de dunas vegetadas (Colombo et al. 2008). Chuvas fortes e intensas promovem a conexão entre os banhados e surgimento de grandes poças temporárias, formando uma grande planície alagada que seca rapidamente ao longo dos dias, principalmente pela ausência de chuva e pela ação dos ventos e da temperatura.

Os ambientes de banhados são considerados prioritários para conservação e o Parque Estadual de Itapeva é uma das poucas unidades de conservação (UC) do Brasil que protegem esses ecossistemas (MMA 2018).



382

383 FIG. 2. — Área do Parque Estadual de Itapeva, Torres, Rio Grande do Sul, Brasil (UTM: Zona 22J e  
384 Long/Lat 620363 m L / 6749511 m S).

385

386



387

388 FIG. 3. — Área de amostragem (banhados temporários) inserida na região de baixada úmida do  
389 Parque Estadual de Itapeva. Foto: Vinícius Ferri



## 390 Coleta de Dados

391 Realizamos seis campanhas de amostragem, distribuídas entre dezembro de  
392 2016 e dezembro de 2017. Os intervalos entre cada campanha variaram de 1 a 4  
393 meses, isso porque concentramos as amostragens em períodos de maior chuva e  
394 mais disponibilidade de água nos banhados, com o intuito de aumentar as taxas de  
395 captura. Cada campanha foi denominada de ocasião primária e composta por 3 ou 4  
396 dias consecutivos de amostragem (cada dia é considerado aqui como uma ocasião  
397 secundária), totalizando 22 ocasiões secundárias. A coleta de dados se deu  
398 exclusivamente a noite de modo que fosse possível testar a influência do luar na  
399 atividade da espécie. Além disso, em amostragens prévias observamos que a taxa  
400 de encontro de indivíduos na área de estudo era maior após o pôr do sol.

401 Realizamos amostragens prévias durante o dia e a noite e observamos que a  
402 taxa de encontro de indivíduos da espécie na área de estudo era maior durante a  
403 noite, deste modo, a fim de obtermos o maior número de capturas, a coleta de dados  
404 se deu exclusivamente à noite, com início logo após o pôr do sol.

405 As amostragens foram realizadas a partir do método de Procura Visual (Visual  
406 Encounter Survey – VES; Crump & Scott Jr. 1994) não limitada por tempo, de  
407 maneira que a área previamente delimitada era percorrida por três pesquisadores,  
408 que se deslocavam lentamente por dentro de todos os corpos d'água. As serpentes  
409 visualizadas eram capturadas manualmente e marcadas com transponder  
410 subcutâneos (AnimalTag ®) introduzidos na região dorsolateral do animal, próximo à  
411 cloaca. Após a marcação, obtínhamos o comprimento rostro-cloacal (CRC) e o sexo  
412 de cada indivíduo, determinado por meio da presença ou ausência do hemipênis.  
413 Posteriormente, os animais eram liberados exatamente no mesmo lugar em que  
414 foram encontrados, sendo o ponto geográfico registrado no formato UTM. O estudo

415 e todos os procedimentos técnicos foram autorizados pelo Instituto Chico Mendes de  
416 Conservação da Biodiversidade sob a licença do Sistema de Autorização e  
417 Informação em Biodiversidade (SISBIO) número 57446-1 e da Autorização de  
418 Pesquisa em Unidade de Conservação nº 11/2017 (SEMA).

419

420

### Área de Vida

421 Para obtermos as medidas de área de vida dos indivíduos, utilizamos o  
422 método do Mínimo Polígono Convexo, conforme trabalhos realizados com répteis  
423 (Rose 1982; Stone and Baird 2002; Harless et al. 2010). A metodologia consiste na  
424 utilização de dados de marcação-recaptura (MR), onde cada animal é marcado  
425 individualmente no momento da primeira captura, garantindo o reconhecimento de  
426 sua identidade nas futuras recapturas. Em cada local de captura é obtido a  
427 coordenada geográfica com o auxílio de GPS. Havendo uma recaptura, pode-se  
428 ligar os dois pontos para se obter o deslocamento mínimo do animal. A partir da  
429 terceira captura, os pontos conectados formam um polígono convexo mínimo, que  
430 corresponderá à área de vida mínima de cada animal.

431

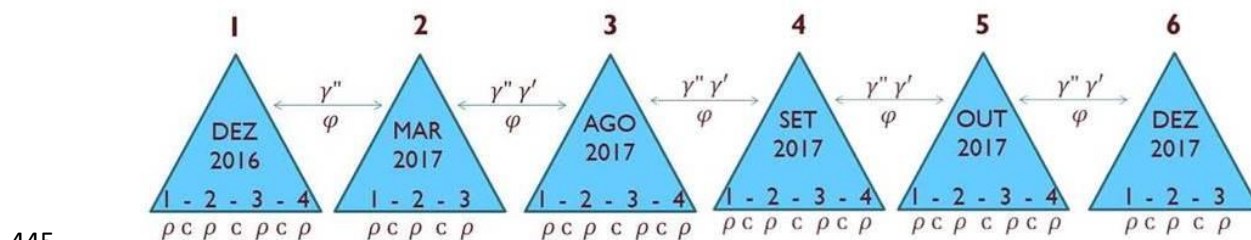
432

### Modelo Robusto de Marcação e Recaptura

433 Para cada indivíduo capturado foi construído um histórico de recapturas,  
434 resultando em uma matriz de 0 e 1 com todas as capturas e recapturas presentes no  
435 estudo. A partir disso, utilizamos o Desenho Robusto (Pollock 1982) para estimar os  
436 parâmetros populacionais da espécie: sobrevivência aparente ( $\phi$ ), emigração  
437 temporária ( $\gamma$ ), probabilidade de captura ( $p$ ) e probabilidade de recaptura ( $c$ ) (Fig. 4).  
438 A estimativa do tamanho populacional ( $N$ ) foi obtida como um parâmetro derivado. O  
439 modelo robusto considera aspectos de populações fechadas e abertas, assumindo

440 pressupostos de ambos os modelos (Williams et al. 2002; Cooch and White 2006).  
 441 Todos os modelos foram construídos no programa MARK (White and Burnham  
 442 1999) onde foram incluídos os diferentes intervalos (em meses) entre as ocasiões  
 443 primárias.

444



446 FIG. 4. — Delineamento da amostragem do estudo de marcação e recaptura e parâmetros reais  
 447 estimados pelo Desenho Robusto de Pollock. Cada triângulo representa a ocasião primária (de 1 a 6).  
 448 O número dentro de cada triângulo refere-se aos dias de amostragem (ocasiões secundárias). Para  
 449 cada período primário, entre as ocasiões secundárias, a probabilidade de captura ( $\rho$ ) e a  
 450 probabilidade de recaptura ( $c$ ) são estimadas. Entre essas ocasiões primárias são estimadas a  
 451 sobrevivência aparente ( $\Phi$ ) e taxa de emigração temporária ( $\gamma$ ). O  $\gamma''$  representa a probabilidade de o  
 452 animal sair da área amostral, enquanto que  $\gamma'$  indica a probabilidade estar fora da área de  
 453 amostragem e permanecer fora.

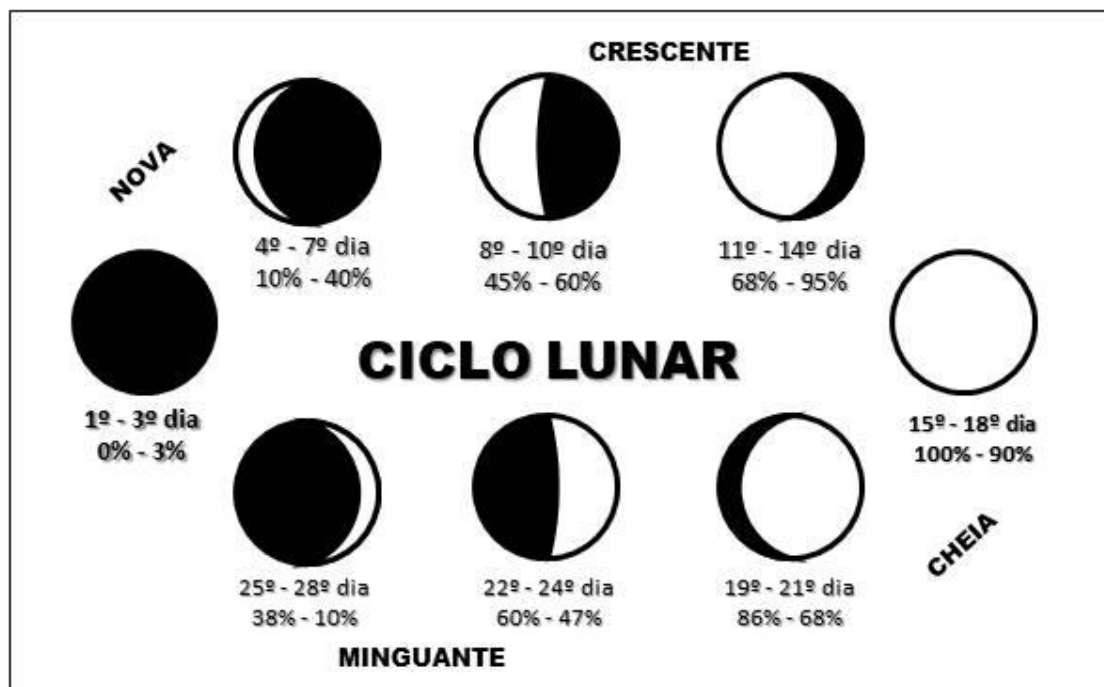
454 Fonte: adaptado de Pollock (1982).

455

456 A partir disso, construímos modelos que representam nossas hipóteses  
 457 biológicas para os cinco parâmetros estimados pelo modelo robusto. Para cada  
 458 parâmetro, estimamos suas probabilidades e respectivos intervalos de confiança, em  
 459 função de covariáveis. A sobrevivência aparente (produto da sobrevivência real e da  
 460 emigração permanente) foi estimada mensalmente. Dessa forma, buscamos evitar  
 461 estimativas enviesadas devido ao curto intervalo de tempo do nosso estudo. Para  
 462 testar a variação nas probabilidades de sobrevivência aparente, incluímos a  
 463 pluviosidade acumulada nos 30 dias anteriores à amostragem (*chuva30*), o sexo dos

464 indivíduos (*sex*) e a forma constante (.). As probabilidades de emigração temporária  
465 são obtidas no modelo a partir de dois parâmetros:  $\gamma''(y'')$  e  $\gamma'(y')$ . O  $y''$   
466 se refere a probabilidade do indivíduo que estava dentro da área amostral em uma  
467 ocasião atual sair da área em uma ocasião futura. Já o  $y'$  é probabilidade do  
468 indivíduo que estava fora da área amostral, permanecer fora na ocasião futura. Pelo  
469 fato de nossas amostragens terem sido realizadas exclusivamente dentro de um  
470 ambiente alagado e por *H. infrataeniatus* ser uma espécie aquática capaz de utilizar  
471 eventualmente o ambiente terrestre, optamos por utilizar o modelo de emigração  
472 aleatória ( $y''=y'$ ). Esse tipo de emigração admite que a probabilidade de um indivíduo  
473 se mover entre os estados de disponível para captura e não-disponível para captura  
474 na ocasião primária atual não depende de uma ocasião primária anterior (Cooch and  
475 White 2006).

476           Para os parâmetros que incluem a detecção imperfeita ( $p$  e  $c$ ) nos modelos,  
477 consideramos que as variações nas probabilidades de captura ( $p$ ) e recaptura ( $c$ )  
478 foram em função do Sexo (*sex*), da pluviosidade acumulada nos sete dias anteriores  
479 às ocasiões de amostragem (*chuva7*), da média da temperatura diária (*temp*) e da  
480 porcentagem de luz da lua no dia de amostragem (*%luz da lua*). Os dados de  
481 pluviosidade e temperatura foram obtidos a partir da estação meteorológica  
482 convencional de Torres, situada a dois quilômetros da área de estudo. Para  
483 obtenção dos valores da iluminação noturna pela lua, utilizamos o cálculo de acordo  
484 com Seligmann et al. 2007, porém, adaptamos para as condições do nosso trabalho.  
485 O cálculo considera um intervalo de 0 a 100%, que correspondem aos ciclos lunares  
486 (0% = 1º dia da lua nova e 100% = 1º dia lua cheia). Para esse cálculo, levamos em  
487 conta a quantidade de face iluminada e a presença de lua no céu durante a noite de  
488 acordo com as fases da lua (Fig. 5).



489

490 FIG. 5. — Porcentagens estimadas de luz da lua ao longo do Ciclo Lunar.

491

492 Para o ranqueamento dos melhores modelos, utilizamos o Critério de  
 493 Informação de Akaike (Akaike's Information Criterion, AIC), ajustado para tamanhos  
 494 amostrais pequenos e para o valor do  $c\text{-hat}$  (QAICc) (Burnham and Anderson 2002).  
 495 Obtivemos as estimativas dos parâmetros a partir da média dos modelos (*model*  
 496 *averaging*), considerando o peso de explicação de cada um, de forma a incluir a  
 497 incerteza associada (Burnham and Anderson 2002). Utilizamos o melhor modelo  
 498 ranqueado para verificar o efeito das covariáveis utilizadas (valores de  $\beta$ ).

499

500

## RESULTADOS

501 Realizamos 98 capturas no total, correspondendo a 51 serpentes marcadas  
 502 individualmente (34 fêmeas e 17 machos) (Tabela 1). O número de capturas variou  
 503 de 4 a 35 capturas por ocasião primária. Do total de capturas, 26 indivíduos foram  
 504 capturados apenas uma vez, 12 foram capturados duas vezes, nove foram

505 capturados três vezes, três foram capturados cinco vezes e apenas um foi capturado  
506 seis vezes.

507

508 Tabela 1 — Número total de capturas, de indivíduos marcados e do sexo de *H. infrataeniatus*  
509 durante o período de amostragem entre dezembro de 2016 e dezembro de 2017 no Parque  
510 Estadual de Itapeva.

Números totais na população	
Capturas	98
Indivíduos	51
Fêmeas	34
Machos	17

511

512 Nós elaboramos 14 modelos para verificar a influência do sexo dos indivíduos  
513 (*sex*), da pluviosidade acumulada (*chuva7* ou *chuva30*), da média da temperatura  
514 diária (*temp*) e da luz da lua (*% luz da lua*) nas probabilidades de sobrevivência  
515 aparente e detecção (captura e recaptura) dos indivíduos (Tabela 2). A partir do  
516 método de seleção de modelos de Akaike, o modelo mais bem ranqueado foi: {S(.)  
517  $y''=y'(\cdot) p(chuva7 + temp + \%luz da lua) c(\cdot)$ }. Esse modelo foi responsável por 54%  
518 da explicação dos dados (QAICc Weight= 0,54130). Além disso, o segundo e o  
519 terceiro modelos ranqueados apresentaram 20% e 17% de explicação dos dados  
520 (QAICc Weight= 0,19807 e 0,17300, respectivamente) (Tabela 2). Devido à baixa  
521 diferença de peso dos modelos, não é possível rejeitá-los. A diferença entre os três  
522 modelos se dá pela a inclusão da pluviosidade acumulada (*chuva30*) e da variável  
523 individual sexo (*sex*) no parâmetro de sobrevivência aparente. Rejeitamos os demais  
524 modelos baseados no valor do Delta AIC para o quarto melhor ranqueado ( $\Delta AIC=$

525 4.1917). Nosso teste de bondade indicou uma variância pequena ( $\hat{c} = 1.10$ ),  
 526 porém, mesmo assim, ajustamos a mesma dentro do modelo.

527

528 Tabela 2 — Modelos candidatos para sobrevivência aparente ( $\phi$ ), probabilidade de captura  
 529 ( $p$ ), probabilidade de recaptura ( $c$ ) e emigração temporária aleatória ( $\gamma''=\gamma'$ ) de *Helicops*  
 530 *infrataeniatus* em uma área de banhados no Parque Estadual de Itapeva durante os meses  
 531 de dezembro de 2016 a dezembro de 2017. Covariáveis para os parâmetros: Sex – machos e  
 532 fêmeas; *chuva30* = pluviosidade acumulada dos últimos 30 dias; *Abiotic* = temperatura média  
 533 compensada do dia + pluviosidade acumulada dos últimos sete dias + porcentagem de luz da  
 534 lua; (.) = parâmetro constante. QAICc = Critério de Informação de Akaike ajustado para  
 535 tamanhos amostrais pequenos e para o valor de  $\hat{c}$ ;  $\Delta$ QAICc = diferença de QAICc entre o  
 536 primeiro modelo e o modelo atual; AIC Weight = peso do modelo (de 0 a 1); K = número de  
 537 parâmetros do modelo; QDeviance = diferença entre o modelo atual e o modelo saturado.  
 538 Valor de  $\hat{c}$  ajustado = 1.10.

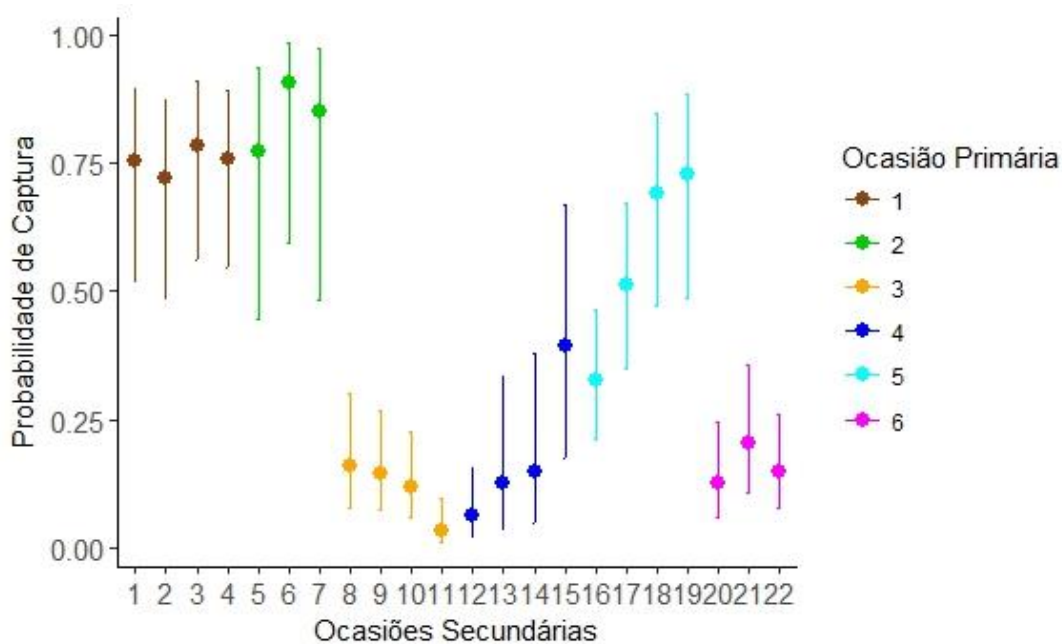
Modelos	QAICc	$\Delta$ QAICc	QAICc Weight	K	QDeviance
$\Phi(.) \gamma''=\gamma'(.). p(abiotic) c(.)$	375.48	0.00	0.5413	7	360.22
$\Phi(chuva30) \gamma''=\gamma'(.). p(abiotic) c(.)$	377.49	2.01	0.1981	8	359.85
$\Phi(sex) \gamma''=\gamma'(.). p(abiotic) c(.)$	377.76	2.28	0.1730	8	360.12
$\Phi(sex+chuva30) \gamma''=\gamma'(.). p(abiotic) c(.)$	379.67	4.19	0.0666	9	359.60
$\Phi(sex+chuva30) \gamma''=\gamma'(.). p(sex+abiotic) c(sex)$	382.27	6.79	0.0182	11	357.16
$\Phi(.) \gamma''=\gamma'(.). p = c(.)$	387.87	12.39	0.0011	3	381.61
$\Phi(sex+chuva30) \gamma''=\gamma'(.). p(sex+abiotic) c(sex+abiotic)$	398.34	13.86	0.0005	14	356.22
$\Phi(sex+chuva30) \gamma''=\gamma'(.). p(.) c(.)$	389.59	14.11	0.0004	4	381.15
$\Phi(.) \gamma''=\gamma'(.). p(.) c(.)$	389.61	14.13	0.0004	4	381.17
$\Phi(sex) \gamma''=\gamma'(.). p(.) c(.)$	391.77	16.29	0.0002	5	381.10
$\Phi(sex+chuva30) \gamma''=\gamma'(.). p = c(.)$	392.21	16.73	0.0001	5	381.54
$\Phi(sex+chuva30) \gamma''=\gamma'(.). p(sex) c(sex)$	394.07	18.59	0.0001	7	378.81
$\Phi(sex+chuva30) \gamma''=\gamma'(.). p(.) c(sex+abiotic)$	399.84	24.6	0.0000	9	379.77
$\Phi(sex+chuva30) \gamma''=\gamma'(.). p(sex) c(sex+abiotic)$	402.98	27.50	0.0000	11	377.87

539

540 Não encontramos relação das covariáveis pluviosidade e sexo com as  
 541 probabilidades estimadas de sobrevivência aparente mensal e emigração  
 542 temporária. Ambos os parâmetros foram estimados de forma constante (sem  
 543 covariáveis) dentro do modelo melhor ranqueado. A sobrevivência estimada ( $\Phi$ ) foi  
 544 de 97% (Erro padrão =3%) e a emigração ( $\gamma'=\gamma''$ ) foi de 46% (Erro padrão= 11%).

545 As probabilidades de captura e recaptura são relativas à detecção. Para  
 546 captura ( $p$ ) realizamos a média dos modelos (*Models Average*) estimando assim  
 547 uma probabilidade média de captura de 40% (Fig. 6). Encontramos uma forte  
 548 relação das variáveis ambientais seleccionadas com esse parâmetro. A probabilidade  
 549 da recaptura ( $c$ ) foi estimada no melhor modelo de forma constante ( $c= 16\%$ ) sem  
 550 relação com as variáveis inseridas.

551



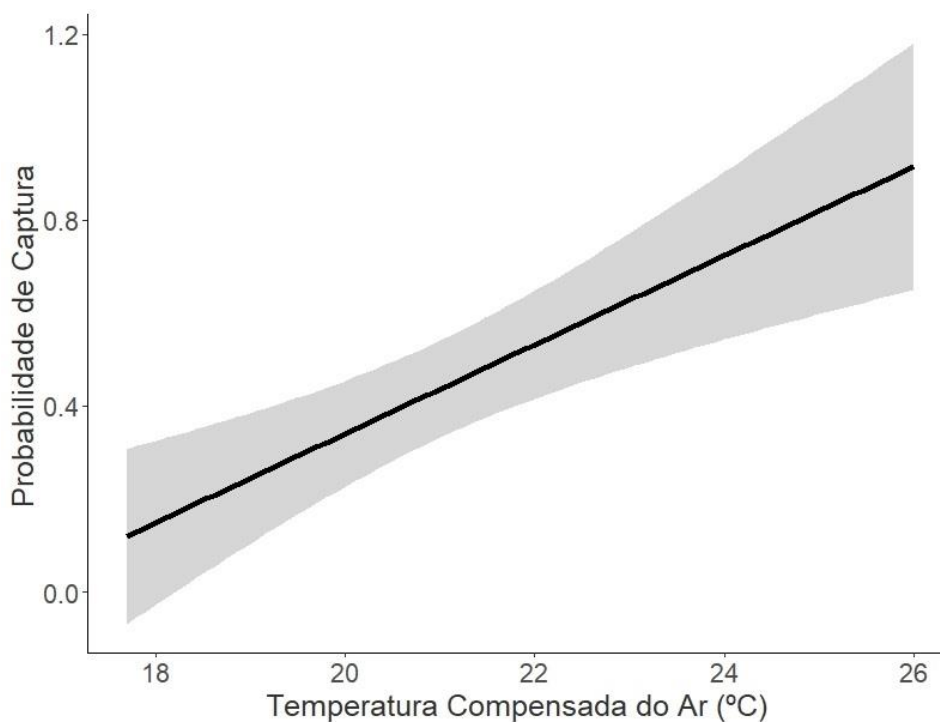
552

553 FIG. 6 — Estimativas da probabilidade de captura ( $p$ ) ao longo das ocasiões primárias e secundárias  
 554 para *Helicops infrataeniatus* em banhados no Parque Estadual de Itapeva. As estimativas foram  
 555 geradas a partir da média dos modelos, com intervalos de confiança de 95%. Ocasões primárias: 1 –  
 556 Dezembro/2016, 2 – Março/2017, 3 – Agosto/2017, 4 – Setembro/2017, 5 – Outubro/2017 e 6 –  
 557 Dezembro/2017.



558 A captura teve relação principalmente com a temperatura ( $\beta_{temp}=0.70$  IC=  
559 0.39 – 1.0) e a luz da lua ( $\beta_{\%luz da Lua} = -3.92$  IC= -5.70 – -2.13), onde noites mais  
560 quentes e mais escuras favoreceram as probabilidades de capturar os indivíduos  
561 (Figs. 6,7). Para a pluviosidade acumulada nos sete dias anteriores às amostragens,  
562 não foi encontrada relação com a probabilidade de captura ( $\beta_{chuva7}=-0.0003$  IC= -  
563 0.017 – +0.016).

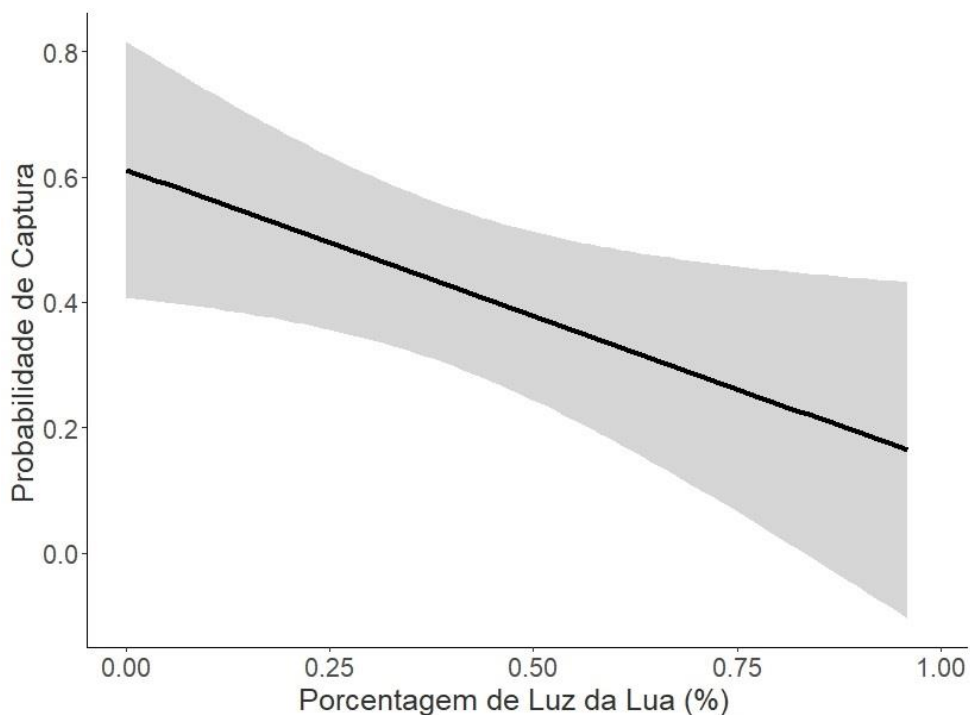
564



565

566 FIG. 7. — Relação entre a probabilidade de captura ( $p$ ) de *Helicops infrataeniatus* em banhados no  
567 Parque Estadual de Itapeva e a temperatura média compensada do ar em graus Celsius (°C)

568



569

570 FIG. 8 — Relação entre a probabilidade de captura ( $p$ ) de *Helicops infrataeniatus* em banhados no  
571 Parque Estadual de Itapeva e a porcentagem de luz da lua (%).

572

573 A abundância populacional foi obtida como parâmetro derivado e foi estimada  
574 dentro dos intervalos em que consideramos a população fechada, ou seja, temos  
575 uma estimativa de abundância para cada uma das ocasiões de amostragem. Desse  
576 modo, as estimativas são realizadas levando em consideração a proporção de  
577 captura e recaptura entre as ocasiões secundárias (Tabela 3). Assim, ao longo das  
578 seis campanhas de amostragem, nosso melhor modelo estimou uma abundância  
579 que variou de 4 a 52 indivíduos da espécie.

580

581

582

583

584  
585Tabela 3 — Ocasões de amostragem e número de indivíduos de *Helicops infrataeniatus* capturados no Parque Estadual de Itapeva.

Ocasão Primária	N° Ocasões Secundárias	Capturas	Indivíduos Novos
DEZ/16	04	04	04
MAR/17	03	09	07
AGO/17	04	08	06
SET/17	04	16	09
OUT/17	04	38	16
DEZ/17	03	23	09

586

587 Além disso, foi possível obter medidas de área de vida de 13 indivíduos (10  
588 fêmeas e três machos). Em relação aos deslocamentos dos indivíduos, obtivemos  
589 25 pontos de distâncias (19 para fêmeas e seis para machos), incluindo as  
590 informações dos 13 indivíduos com área de vida estimada. Optamos por não realizar  
591 a comparação entre os sexos devido à diferença no número de amostras para  
592 machos e fêmeas. A área de vida média obtida para os indivíduos foi de 189m<sup>2</sup>  
593 (min= 1m<sup>2</sup> e máx= 1000m<sup>2</sup>). Para o deslocamento, consideramos a distância entre  
594 os dois pontos de captura mais externos. O deslocamento médio dos indivíduos foi  
595 de 34,6 m (min= 3m e máx= 200m). Apesar de ter uma grande variação nas  
596 medidas de área de vida e deslocamento, observamos que durante nosso estudo os  
597 indivíduos geralmente foram recapturados dentro dos mesmos banhados, onde  
598 apenas dois indivíduos trocaram de área em algum momento.

599

600

## DISCUSSÃO

601 As estimativas populacionais que assumem a detecção imperfeita são  
602 essenciais para entender de forma mais precisa como o ambiente contribui para os  
603 padrões ecológicos em determinadas populações. Isso passa a ser mais importante  
604 em grupos com comportamento discreto e elusivo, como as serpentes. A inclusão  
605 desse parâmetro nos permite obter estimativas mais precisas, levando a conclusões  
606 mais concretas sobre as populações das espécies (Guimarães et al. 2014b; Durso  
607 and Seigel 2015).

608 A estimativa de sobrevivência aparente na população de *H. infrataeniatus* do  
609 nosso estudo foi extremamente alta ( $\Phi=0,97$  EP=0,03 IC=95%), provavelmente por  
610 ter sido obtida em intervalos mensais. Como as serpentes geralmente apresentam  
611 estimativas anuais bastante elevadas, era esperado que a probabilidade de um  
612 indivíduo sobreviver de um mês para o outro fosse muito próxima de cem por cento  
613 (Shine and Charnovt 1992; Webb et al. 2003; Guimarães et al. 2014c). Porém, é  
614 interessante que processos ecológicos que atuam em escalas mais curtas, como,  
615 por exemplo, a predação, praticamente não removeram indivíduos de *H.*  
616 *infrataeniatus* da população estudada.

617 Aguiar e Di-Bernardo (2004) classificaram *H. infrataeniatus* como tendo  
618 atividade tanto diurna quanto noturna, diferente de outras espécies do gênero, que  
619 são exclusivamente noturnas. Embora seja comum observar a espécie durante o  
620 dia, a atividade dos indivíduos está diretamente relacionada com a busca por  
621 alimento, que, no caso de *H. infrataeniatus*, são peixes e anfíbios (Aguiar and Di-  
622 Bernardo 2004). Contudo, as informações sobre a ictiofauna no PEVA são restritas a  
623 riachos e grande lagoas (Azevedo and Bertaco 2016) e, além disso, não  
624 observamos a presença de peixes durante todas as nossas amostragens,

625 possivelmente devido à natureza temporária dos banhados. Dessa forma,  
626 acreditamos que a população de *H. infrataeniatus* estudada tenha atividade  
627 predominantemente noturna em resposta à atividade dos anfíbios, que  
628 aparentemente é o recurso alimentar disponível na área. Por consequência, o risco  
629 de predação da espécie se torna menor, já que os seus principais predadores são as  
630 aves, que forrageiam essencialmente durante o dia (Franz et al. 2007; Borges-  
631 martins et al. 2007).

632 Outro fator que pode ter contribuído para a alta sobrevivência dos indivíduos é  
633 o fato de a área de estudo estar dentro de uma Unidade de Conservação de  
634 proteção integral, onde a interferência antrópica na estrutura e qualidade do habitat  
635 é mínima (Lei MMA nº 9985/2000). A degradação dos habitats naturais é  
636 considerada uma das maiores ameaças à conservação da herpetofauna (Gibbon et  
637 al. 2000). Este fato foi apresentado em um estudo realizado na Flórida, o qual  
638 concluiu que a sobrevivência aparente de uma população de serpentes foi menor em  
639 áreas fragmentadas ou impactadas (Breininger et al. 2012).

640 Em relação aos parâmetros populacionais de sobrevivência aparente e  
641 detecção, não encontramos diferença significativa entre o sexo dos indivíduos.  
642 Aparentemente, a proporção de 2:1 fêmeas observada no nosso estudo parece ser  
643 algo natural nessa população de *H. infrataeniatus*. Outros trabalhos envolvendo  
644 serpentes e que incluíram o parâmetro de detecção também não encontraram  
645 relação do sexo com as probabilidades de sobrevivência aparente e de captura dos  
646 indivíduos (Stanford and King 2004; Guimarães et al. 2014b; Godley et al. 2017).

647 As serpentes, de modo geral, tendem a utilizar abrigos ou a se enterrar por  
648 longos períodos e, no caso de *H. infrataeniatus*, elas podem ainda se deslocar para  
649 o ambiente terrestre (Oliveira 2005). Esses comportamentos tornam os indivíduos

650 indisponíveis para captura durante a amostragem (banhados), o que caracteriza  
651 uma emigração temporária. Nossa estimativa para a probabilidade de emigração  
652 temporária de *H. infrataeniatus* foi de 46% ( $\gamma''=\gamma' = 0,4567$ , EP= 0,10 IC=95%). Para  
653 isso, consideramos a emigração aleatória ( $\gamma''=\gamma'$ ) dos indivíduos, assumindo assim  
654 que a probabilidade de um indivíduo se mover entre os estados de disponível e não  
655 disponível para captura em uma ocasião atual não depende da ocasião de  
656 amostragem anterior (Cooch and White 2006; Kendall and Bjorkland 2001).

657         Desse modo, nossas estimativas de sobrevivência aparente e emigração  
658 temporária sugerem que a indisponibilidade para a captura é uma condição  
659 temporária para os indivíduos de *H. infrataeniatus*. Ou seja, a população demonstrou  
660 baixa mortalidade no período do estudo e seus indivíduos aparentam ser fiéis ao  
661 sítio em questão. Corroborado isso, os pontos de captura e recaptura demonstram  
662 que a maioria dos indivíduos marcados foram recapturados dentro de um mesmo  
663 banhado ao longo de todo o trabalho. Apenas dois indivíduos foram capturados em  
664 um banhado diferente em algum momento, porém, ambos retornaram ao banhado  
665 inicial em recapturas futuras.

666         A fidelidade de sítio pode ser observada também em outros grupos de  
667 serpentes. Os viperídeos, por exemplo, possuem baixa movimentação ao longo do  
668 habitat e demonstram ser fiéis ao sítio, o que pode variar entre estações chuvosas e  
669 secas (Sazima 1988; Tozetti 2006). Em outras famílias, o comportamento pode se  
670 dar em resposta à presença de recursos na área, como, principalmente, a  
671 alimentação (Sazima and Marques 2007; Ujvari et al. 2011; Madsen and Shine  
672 2012).

673         A fim de estimar as probabilidades de detecção, visamos utilizar variáveis que  
674 atuam na atividade dos répteis. Dessa forma, consideramos que a primeira condição

675 para se detectar um indivíduo é que os fatores ambientais sejam favoráveis para que  
676 ele esteja ativo. Nossos três melhores modelos demonstraram a influência da luz da  
677 lua, da temperatura do ar e da pluviosidade acumulada (nos sete dias anteriores à  
678 amostragem) na detecção de indivíduos de *H. infrataeniatus*. Porém, encontramos  
679 principalmente a influência da luz da lua e da temperatura do ar nas estimativas de  
680 captura.

681 Muitos autores sugerem a importância da lua na atividade de animais  
682 noturnos, embora ainda não seja comum incluir essa variável nos estudos (Read  
683 and Moseby 2001; Jetz et al. 2003; Weir et al. 2005; Campbell et al. 2008; Jensen  
684 and Das 2008; Ciechanowski et al. 2008; Kyba et al. 2017; Muller et al. 2018).  
685 Nossos resultados demonstram uma grande influência do luar na atividade de *H.*  
686 *infrataeniatus*, indicando que os indivíduos aumentam sua atividade e exposição em  
687 noites mais escuras (noites de lua nova). Esse comportamento provavelmente é  
688 uma resposta ao sucesso de forrageamento e ao risco de predação dos indivíduos  
689 (Clarke et al. 1996). No caso de *H. infrataeniatus*, os indivíduos provavelmente  
690 possuem uma maior oferta de presas (anfíbios) e um menor risco de predação em  
691 noites com menor luar. Isso se deve ao fato da atividade de reprodução dos anfíbios  
692 também ser maior em noites com menor intensidade de luz da lua, aumentando  
693 assim sua disponibilidade no ambiente (Weir et al. 2005; Granda et al. 2008; Onorati  
694 and Vignoli 2017). Além disso, Clarke et al. (1996) sugerem a importância das  
695 serpentes noturnas evitarem as luas mais brilhantes, pois o risco de predação é  
696 maior em uma condição onde a disponibilidade de alimento é mais baixa.  
697 Corroborado a isso, Seligmann et al. (2007) observaram que a atividade e  
698 movimentação do gecko noturno *Teratoscincus scincus* aumenta em noites de  
699 menor luar, ao passo que a atividade de suas presas também aumenta.

700 Aparentemente, essa relação entre a lua e a atividade dos répteis é bastante  
701 intensificada em populações de áreas abertas, onde as mudanças na luminosidade  
702 são mais perceptíveis (Campbell et al. 2008). Estudos revelaram que o uso de áreas  
703 mais abertas pela espécie arbórea, *Boiga irregularis*, aumenta à medida que o luar  
704 diminui, e que a abundância da serpente desértica *Hypsiglena chlorophaea* foi maior  
705 em luas novas e menor em luas cheias (Weaver 2010).

706 Contudo, além da luminosidade, outras variáveis ambientais podem contribuir  
707 para a atividade de espécies noturnas e de suas presas potenciais (Brown and  
708 Shine 2002). A partir do nosso estudo, também observamos uma influência positiva  
709 da temperatura do ar na probabilidade de captura dos indivíduos. Dessa forma,  
710 quanto maior a média diária da temperatura do ar, maior é a probabilidade de  
711 encontro de indivíduos ativos de *H. infrataeniatus* durante a noite. Isso ocorre devido  
712 às propriedades físico-químicas da água, que permitem manter a temperatura da  
713 água mais alta durante a noite, mesmo quando o ar está mais frio. A relação positiva  
714 com a temperatura também foi vista para outras espécies de serpentes (Sperry et al.  
715 2013) e é bastante comum para os répteis em geral, visto que são animais  
716 ectotérmicos e dependem de fontes externas de calor para regular o seu  
717 metabolismo (Vitt and Caldwell 2014).

718 A pluviosidade acumulada não influenciou as probabilidades de detecção e de  
719 sobrevivência aparente. Porém, mesmo assim, consideramos que o efeito indireto  
720 da chuva é importante para a atividade de animais aquáticos em ambientes sujeitos  
721 a períodos de secas e cheias. Além disso, a pluviosidade e a água acumulada são  
722 fatores importantes para eventos reprodutivos de anfíbios, representando um  
723 cenário ideal para o forrageio de *H. infrataeniatus* (Aguiar and Di-Bernardo 2004;  
724 Ximenez et al. 2014; Ximenez and Tozetti 2015). A não-influência da pluviosidade na



725 probabilidade de captura dos indivíduos pode se dar devido a um conjunto de  
726 condições ambientais que atuam na dinâmica dos banhados. O nível de água  
727 nesses ambientes parece ser fruto de uma relação complexa entre a pluviosidade,  
728 direção e velocidade dos ventos, temperatura do ar e o aporte de água subterrânea  
729 (Colombo et al. 2008; Verrastro 2009). Dessa forma, acreditamos que haja um  
730 volume mínimo de chuva para que os indivíduos de *H. infrataeniatus* entrem em  
731 atividade. Porém, após isso, essa atividade é regida por outros fatores ambientais  
732 que estão provavelmente relacionados ao forrageio e à disponibilidade de presas da  
733 espécie (Brown et al. 2005a).

734       Nosso trabalho traz informações importantes para a ecologia populacional de  
735 serpentes, principalmente por se tratar de dados de marcação e recaptura para um  
736 grupo que é conhecidamente de difícil amostragem. Além disso, assumimos a  
737 detecção imperfeita dos indivíduos em nossas análises, o que diminui as incertezas  
738 de nossas estimativas. Os resultados demonstram que variáveis ambientais como a  
739 temperatura e a iluminação da noite pela lua atuam na atividade dos indivíduos de  
740 *H. infrataeniatus* em banhados temporários do sul do Brasil. Dias mais quentes com  
741 noites escuras favorecem o encontro de indivíduos ativos da espécie. A partir disso,  
742 sugerimos que a luz da lua é importante para a atividade de répteis de hábito  
743 noturno e incentivamos a utilização dessa variável em estudos futuros, inclusive com  
744 outros grupos de vertebrados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 745
- 746 Aguiar, L.F.S. de, and M. Di-Bernardo. 2004. Diet and Feeding Behavior of *Helicops*  
747 *infrataeniatus* (Serpentes: Colubridae: Xenodontinae) in Southern Brazil. *Stud.*  
748 *Neotrop. Fauna Environ.* 39:7–14. DOI:  
749 <https://doi.org/10.1080/01650520412331270927>
- 750 Azevedo, M.A., and V.A. Bertaco. 2016. Fishes from Parque Estadual de Itapeva ,  
751 Rio Grande do Sul. *Check List* 12:58–64.
- 752 Becker, F.G., R.A. Ramos, and L. de A. Moura. 2007. Introdução a Regiões da  
753 Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes. Pp. 10–19 in *Biodiversidade:*  
754 *Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira*  
755 *do Rio Grande do Sul* (F.G. Becker, R.A. Ramos, and L. de A. Moura, eds.).  
756 Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, BR.
- 757 Borges-martins, M., M.L. Machado, R. Baptista, and C. Anés. 2007. Répteis da  
758 Lagoa do Casamento e Butiazal dos Tapes. Pp. 292–315 in *Biodiversidade:*  
759 *Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira*  
760 *do Rio Grande do Sul*. (F.G. Becker, R.A. Ramos, and L. de A. Moura, eds.).  
761 Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, BR.
- 762 Breininger, D.R., M.J. Mazerolle, M.R. Bolt, M.L. Legare, J.H. Drese, and J.E. Hines.  
763 2012. Habitat fragmentation effects on annual survival of. *Anim. Conserv.*  
764 15:361–368. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2012.00524.x>
- 765 Brito, J.C. 2003. Seasonal Variation in Movements , Home Range , and Habitat Use  
766 by Male *Vipera latastei* in Northern Portugal. *J. Herpetol.* 37:155–160. DOI:  
767 [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1670/0022-](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1670/0022-1511(2003)037[0155:SVIMHR]2.0.CO;2)  
768 [1511\(2003\)037\[0155:SVIMHR\]2.0.CO;2](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1670/0022-1511(2003)037[0155:SVIMHR]2.0.CO;2)
- 769 Brown, G.P., and R. Shine. 2002. Influence of weather conditions on activity of

- 770 tropical snakes. *Austral Ecol.* 27:596–605. DOI: <https://doi.org/Doi>  
771 10.1046/J.1442-9993.2002.01218.X
- 772 Brown, G.P., R. Shine, and T. Madsen. 2005a. Spatial ecology of slatey-grey snakes  
773 (*Stegonotus cucullatus*, Colubridae) on a tropical Australian floodplain. *J. Trop.*  
774 *Ecol.* 21:605–612. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467405002671>
- 775 Brown, G.P., R. Shine, and T. Madsen. 2005b. Spatial ecology of slatey-grey snakes  
776 (*Stegonotus cucullatus*, Colubridae) on a tropical Australian floodplain. *J. Trop.*  
777 *Ecol.* 21:605–612. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467405002671>
- 778 Burnham, K.P., and D.R. Anderson. 2002. *Model Selection and Multimodel*  
779 *Inference: A Practical Information-Theoretic Approach.* 172. 2nd ed. USA. 515  
780 pp.
- 781 Campbell, S.R., S.P. Mackessy, and J.A. Clarke. 2008. Microhabitat Use by Brown  
782 Treesnakes (*Boiga irregularis*): Effects of Moonlight and Prey. *J. Herpetol.*  
783 42:246–250. DOI: <https://doi.org/10.1670/07-0681.1>
- 784 Carreira, S., and R. Maneyro. 2012. *Guia de reptiles del Uruguay.* Ediciones de la  
785 519 Fuga, UY.
- 786 Ciechanowski, M., T. Zając, A. Biłas, and R. Dunajski. 2008. Erratum —  
787 Spatiotemporal variation in activity of bat species differing in hunting tactics:  
788 effects of weather, moonlight, food abundance, and structural clutter. *Can. J.*  
789 *Zool.* 86:236–236. DOI: <https://doi.org/10.1139/Z08-025>
- 790 Clarke, J.A., J.T. Chopko, and S.P. Mackessy. 1996. The Effect of Moonlight on  
791 Activity Patterns of Adult and Juvenile Prairie Rattlesnakes (*Crotalus viridis*  
792 *viridis*). *J. Herpetol.* 30:192–197. DOI: <https://doi.org/10.2307/1565509>
- 793 Colombo, P., A. Kindel, G. Vinciprova, and L. Krause. 2008. *Composição e ameaças*  
794 *à conservação dos anfíbios anuros do Parque Estadual de Itapeva , Município*

- 795 de Torres , Rio Grande do Sul , Brasil. *Biota Neotrop.* 8:229–240.
- 796 Cooch, E., and G. White. 2006. *Program MARK: a gentle introduction*. 13th ed. (E.  
797 Cooch and G. White, eds.). 1025 pp.
- 798 Durso, A.M., and R.A. Seigel. 2015. A Snake in the Hand is Worth 10,000 in the  
799 Bush. *J. Herpetol.* 49:503–506. DOI: <https://doi.org/10.1670/15-49-04.1>
- 800 Eskew, E.A., and B.D. Todd. 2017. Too Cold, Too Wet, Too Bright, or Just Right?  
801 Environmental Predictors of Snake Movement and Activity. *Copeia* 105:584–  
802 591. DOI: <https://doi.org/10.1643/CH-16-513>
- 803 Falcy, M.R., and B.J. Danielson. 2013. A complex relationship between moonlight  
804 and temperature on the foraging behavior of the Alabama beach mouse.  
805 *Ecology* 94:2632–2637. DOI: <https://doi.org/10.1890/13-0426.1>
- 806 Franz, I., J.L.B. Albuquerque, C.B. Hassdenteufel, F.L. Arend, and C. Martins-  
807 ferreira. 2007. Predação da cobra d'água *Helicops infrataeniatus* (Serpentes,  
808 Colubridae) pela maria-faceira *Syrigma sibilatrix* (Aves, Ardeidae) no sul do  
809 Brasil. *Biotemas* 20:135–137. DOI: [https://doi.org/10.1590/S0102-](https://doi.org/10.1590/S0102-311X2007000800012)  
810 [311X2007000800012](https://doi.org/10.1590/S0102-311X2007000800012)
- 811 Gibbons, J.W., D.E. Scott, T.J. Ryan, ... C.T. Winne. 2000. The Global Decline of  
812 Reptiles, Déjà Vu Amphibians. *Bioscience* 50:653–666. DOI:  
813 [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0653:TGDORD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0653:TGDORD]2.0.CO;2)
- 814 Gibbons, J. W. and R. D. Semlitsch. 1987. Activity patterns. Pp.396-421 In *Snakes:*  
815 *Ecology and Evolutionary Biology* (R. A. Seigel, J. T. Collins and S. S. Novak,  
816 eds.). McMillan Publishing Company, EUA.
- 817 Godley, J.S., B.J. Halstead, and R.W. McDiarmid. 2017. Ecology of the Eastern  
818 Kingsnake ( *Lampropeltis getula* ) at Rainey Slough, Florida: A Vanished Eden.  
819 *Herpetol. Monogr.* 31:47–68. DOI:

- 820 <https://doi.org/10.1655/HERPMONOGRAPHS-D-16-00006.1>
- 821 Granda, J.R., R.M. Pena, and B.A. Pierce. 2008. Effect of Disturbance , Position of  
822 Observer , and Moonlight on Anuran Call Survey Efficiency. *Appl. Herpetol.*  
823 5:253–263.
- 824 Guimarães, M., P.F. Doherty, and R. Munguía-Steyer. 2014a. Strengthening  
825 Population Inference in Herpetofaunal Studies by Addressing Detection  
826 Probability. *South Am. J. Herpetol.* 9:1–8. DOI: [https://doi.org/10.2994/SAJH-D-](https://doi.org/10.2994/SAJH-D-13-00020.1)  
827 13-00020.1
- 828 Guimarães, M., P.F. Doherty, and R. Munguía-Steyer. 2014b. Strengthening  
829 Population Inference in Herpetofaunal Studies by Addressing Detection  
830 Probability. *South Am. J. Herpetol.* 9:1–8. DOI: [https://doi.org/10.2994/SAJH-D-](https://doi.org/10.2994/SAJH-D-13-00020.1)  
831 13-00020.1
- 832 Guimarães, M., R. Munguía-Steyer, P.F. Doherty, M. Martins, and R.J. Sawaya.  
833 2014c. Population dynamics of the critically endangered golden lancehead  
834 pitviper, *Bothrops insularis*: Stability or decline? *PLoS One* 9. DOI:  
835 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095203>
- 836 Huey, R.B., and E.R. Pianka. 1981. Ecological Consequences of Foraging Mode.  
837 62:991–999.
- 838 Jensen, K.A., and I. Das. 2008. Observations on the influence of seasonality, lunar  
839 cycles, and weather condition on freshwater turtle activity in Sarawak, east  
840 Malaysia (Borneo). *Asiat. Herpetol. Res.* 11:39–44.
- 841 Jetz, W., J. Steffen, and K.E. Linsenmair. 2003. Effects of light and prey availability  
842 on nocturnal, lunar and seasonal activity of tropical nightjars. *Oikos* 103:627–  
843 639. DOI: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12856.x>
- 844 Kays, R., M.C. Crofoot, W. Jetz, and M. Wikelski. 2015. Terrestrial animal tracking as

- 845 an eye on life and planet. *Science* (80-. ). 348:1222–1232. DOI:  
846 <https://doi.org/10.1126/science.aaa2478>
- 847 Kendall, W.L., and R. Bjorkland. 2001. Using Open Robust Design Models to  
848 Estimate Temporary Emigration from Capture- Recapture Data. *Biometrics*  
849 57:1113–1122. DOI: [https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.0006-](https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.0006-341X.2001.01113.x)  
850 [341X.2001.01113.x](https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.0006-341X.2001.01113.x)
- 851 Kyba, C., A. Mohar, and T. Posch. 2017. How bright is moonlight? *Spring* 31–32.  
852 DOI: <https://doi.org/http://doi.org/10.1093/astrogeo/atx025>
- 853
- 854 Macartney, J.M., P.T. Gregory, and K.W. Larsen. 1988. A Tabular Survey of Data on  
855 Movements and Home Ranges of Snakes. *J. Herpetol.* 22:61. DOI:  
856 <https://doi.org/10.2307/1564357>
- 857 Madsen, T., and R. Shine. 1996. Seasonal Migration of Predators and Prey-A Study  
858 of Pythons and Rats in Tropical Australia . *Ecology* 77:149–156.
- 859 Marques, O., A. Eterovic, and W. Endo. 2000. Seasonal activity of snakes in the  
860 Atlantic forest in southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 22:103–111. DOI:  
861 <https://doi.org/10.1163/156853801750096213>
- 862
- 863 Ministério do Meio Ambiente. 2018. Áreas Prioritárias. Governo do Brasil, BR.  
864 Archived by WebCite at [http://www.mma.gov.br/biodiversidade/](http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiveridade/projeto-de-conservação-e-utilização-sustentável-da-diversidade-biológica-brasileira-probio-i/áreas-prioritárias)  
865 [biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiveridade/projeto-de-conservação-e-](http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiveridade/projeto-de-conservação-e-utilização-sustentável-da-diversidade-biológica-brasileira-probio-i/áreas-prioritárias)  
866 [utilização-sustentável-da-diversidade-biológica-brasileira-probio-i/áreas-](http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiveridade/projeto-de-conservação-e-utilização-sustentável-da-diversidade-biológica-brasileira-probio-i/áreas-prioritárias)  
867 [prioritárias](http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiveridade/projeto-de-conservação-e-utilização-sustentável-da-diversidade-biológica-brasileira-probio-i/áreas-prioritárias) on 15 May 2019.
- 868 MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2000. Lei No. 9985 de 18 de Julho de 2000 -  
869 Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC),. MMA, BR.

- 870 Muller, B.J., B.S. Cade, and L. Schwarzkopf. 2018. Effects of environmental  
871 variables on invasive amphibian activity: Using model selection on quantiles for  
872 counts. *Ecosphere* 9. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.2067>
- 873 Oliveira, R.B. de. 2005. História Natural da Comunidade de Serpentes de Uma  
874 região de Dunas do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. 119 pp.
- 875 Onorati, M., and L. Vignoli. 2017. The darker the night, the brighter the stars:  
876 Consequences of nocturnal brightness on amphibian reproduction. *Biol. J. Linn. Soc.* 120:961–976. DOI: <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blw007>
- 877
- 878 Pollock, K.H. 1982. A capture-recapture design robust to unequal probability of  
879 capture. *J. Wildl. Manage.* 46:752–757.
- 880 Read, L., and K.E. Moseby. 2001. Factors affecting pitfall capture rates of small  
881 ground vertebrates in arid South Australia. I. The influence of weather and moon  
882 phase on capture rates of reptiles. *Wildl. Res.* 28:53–60. DOI:  
883 <https://doi.org/10.1071/WR99057>
- 884 Regnet, R.A., F.M. Quintela, O.M. Entiauspe-Neto, V.H. Teixeira, F.L. da Silveira,  
885 and D. Loebmann. 2017. Remarkable aggregation of squamates and caecilians  
886 associated with flood events during el niño in southern Brazil. *Salamandra*  
887 53:537–540.
- 888 Roth, T.C., and B.D. Greene. 2006. Movement Patterns and Home Range Use of the  
889 Northern Watersnake (*Nerodia sipedon*). *Copeia* 2006:544–551. DOI:  
890 [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2006\)2006\[544:MPAHRU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2006)2006[544:MPAHRU]2.0.CO;2)
- 891
- 892 Sazima, I. 1988. Um estudo de Biologia comportamental da Jararaca, *Bothrops*  
893 jararaca, com uso de marcas naturais. *Mem. Inst. Butatan* 50:83–99.
- 894 Sazima, I., and O.A. V Marques. 2007. A reliable customer: Hunting site fidelity by an

- 895 actively foraging neotropical colubrid snake. *Herpetol. Bull.* 36–38.
- 896 Seligmann, H., S.C. Anderson, K. Autumn, A. Bouskila, R. Saf, B.S. Tuniyev, and  
897 Y.L. Werner. 2007. Analysis of the locomotor activity of a nocturnal desert lizard  
898 (Reptilia: Gekkonidae: *Teratoscincus scincus*) under varying moonlight. *Zoology*  
899 110:104–117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.zool.2006.11.005>
- 900 Shine, R., and E.L. Charnovt. 1992. Patterns of Survival, growth, and maturation in  
901 snakes and lizards. *Am. Nat.* 139:1257–1269.
- 902 Sperry, J.H., M.P. Ward, and P.J. Weatherhead. 2013. Effects of Temperature, Moon  
903 Phase, and Prey on Nocturnal Activity in Ratsnakes: An Automated Telemetry  
904 Study. *Source J. Herpetol.* *J. Herpetol.* 47:105–111. DOI:  
905 <https://doi.org/10.1670/11-325>
- 906 Stanford, K.M., and R.B. King. 2004. Growth, Survival, and Reproduction in a  
907 Northern Illinois Population of the Plains Gartersnake, *Thamnophis radix*. *Copeia*  
908 3:465–478.
- 909 Tozetti, A.M. 2006. Uso do ambiente, atividade e ecologia alimentar da cascavel  
910 (*Crotalus durissus*) em área de Cerrado na região de Itirapina, SP. Doutorado.  
911 93 pp.
- 912 Ujvari, B., R. Shine, and T. Madsen. 2011. How well do predators adjust to climate-  
913 mediated shifts in prey distribution? A study on Australian water pythons.  
914 *Ecology* 92:777–783. DOI: <https://doi.org/10.1890/10-1471.1>
- 915 Villwock, J.A., and L.J. Tomazelli. 2007. Planície Costeira do Rio Grande do Sul:  
916 gênese e paisagem atual. Pp. 1–14 in *Biodiversidade: Regiões da Lagoa do*  
917 *Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul*  
918 (F.G. Becker, R.A. Ramos, and L. de A. Moura, eds.). Fundação Zoobotânica do  
919 Rio Grande do Sul.



- 920 Vitt, L.J., and J.P. Caldwell. 2014. *Amphibians and Reptiles Herpetology* Fourth  
921 Edition. 4th ed. UK. 749 pp.
- 922 Weaver, R.E. 2010. Activity Patterns of the Desert Nightsnake (*Hypsiglena*  
923 *chlorophaea*). *Southwest. Nat.* 55:172–178. DOI: [https://doi.org/10.1894/PAS-](https://doi.org/10.1894/PAS-12.1)  
924 12.1
- 925 Webb, J.K., B.W. Brook, and R. Shine. 2003. Does foraging mode influence life  
926 history traits? A comparative study of growth, maturation and survival of two  
927 species of sympatric snakes from south-eastern Australia. *Austral Ecol.* 28:601–  
928 610. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2003.t01-1-01316.x>
- 929 Weir, L.A., J.A. Royle, P. Nanjappa, and R.E. Jung. 2005. Modeling anuran detection  
930 and site occupancy on North American Amphibian Monitoring Program (NAAMP)  
931 Routes in Maryland. *J. Herpetol.* 39:627–639. DOI: [https://doi.org/10.1670/0022-](https://doi.org/10.1670/0022-1511(2005)039[0627:madaso]2.0.co;2)  
932 1511(2005)039[0627:madaso]2.0.co;2
- 933 White, G.C., and K.P. Burnham. 1999. Program mark: Survival estimation from  
934 populations of marked animals. *Bird Study* 46:S120–S139. DOI:  
935 <https://doi.org/10.1080/00063659909477239>
- 936 Willson, J.D., C.T. Winne, M.E. Dorcas, and J.W. Gibbons. 2006. Post-drought  
937 responses of semi-aquatic snakes inhabiting an isolated wetland: Insights on  
938 different strategies for persistence in a dynamic habitat. *Wetlands* 26:1071–  
939 1078. DOI: [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2006\)26\[1071:Prossi\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2006)26[1071:Prossi]2.0.Co;2)
- 940 Willson, J.D., C.T. Winne, M.A. Pilgrim, C.S. Romanek, and J.W. Gibbons. 2010.  
941 Seasonal variation in terrestrial resource subsidies influences trophic niche width  
942 and overlap in two aquatic snake species: A stable isotope approach. *Oikos*  
943 119:1161–1171. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17939.x>
- 944 Willson, J.D., C.T. Winne, and B.D. Todd. 2011. Ecological and methodological

- 945 factors affecting detectability and population estimation in elusive species. *J.*  
946 *Wildl. Manage.* 75:36–45. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.15>
- 947 Ximenez, S.D.S., and A.M. Tozetti. 2015. Seasonality in anuran activity and calling  
948 season in a Brazilian subtemperate wetland. *Zool. Stud.* 54:47. DOI:  
949 <https://doi.org/10.1186/s40555-015-0125-8>
- 950 Ximenez, S.S., M. Oliveira, M.B. Santos, and A.M. Tozetti. 2014. The Influence of  
951 Habitat Configuration on Anuran Species Composition in Subtemperate  
952 Wetlands of Southernmost Brazil. *South Am. J. Herpetol.* 9:235–243. DOI:  
953 <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-14-00017.1>
- 954

## CONCLUSÃO GERAL

A escolha da espécie *Helicops infrataeniatus* como modelo biológico e as águas claras e rasas da área de amostragem facilitaram a obtenção dos dados para esse estudo. Além disso, devido à população da espécie estar inserida dentro de uma Unidade de Conservação, a interferência de origem antrópica foi praticamente nula em nosso estudo. Isso reforça a importância das Unidades de Conservação, que além de protegerem habitats e populações, fornecem um ambiente ideal para o desenvolvimento de pesquisas em ambiente natural. Estudos sob condições naturais nos permitem observar padrões populacionais mais próximos da realidade biológica das espécies, possibilitando também comparações futuras com populações de ambientes antropizados ou impactados.

Nosso estudo é um dos poucos a obter estimativas populacionais que incluem a detecção imperfeita para serpentes, e o primeiro com uma serpente aquática na América do Sul. A partir disso, foi possível discutir sobre parâmetros populacionais vitais de uma população de *H. infrataeniatus* e encontrar influência significativa de variáveis ambientais na atividade dos indivíduos. Esses resultados contribuem muito para o conhecimento sobre o grupo, principalmente porque a falta de relação entre a atividade dos indivíduos e variáveis ambientais, em muitos estudos, é atribuída à dificuldade de se obter boas amostragens de serpentes.

Reforçamos aqui a importância da temperatura para a atividade dos répteis e evidenciamos que o luar parece ser fundamental no desenvolvimento das atividades biológicas de espécies noturnas. Possivelmente, essas mesmas variáveis somadas à precipitação, também regulam a atividade das principais presas da espécie nos banhados temporários. Essa combinação ambiental possibilita uma condição ideal

para se encontrar indivíduos de *H. infrataeniatus* ativos e em deslocamento dentro dos corpos d'água.

Desse modo, sugerimos fortemente que pesquisas futuras com espécies de hábito noturno considerem a iluminação da lua nas amostragens, a fim de aumentar a captura dos indivíduos e aperfeiçoar as estimativas dos modelos populacionais.