



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ – UESC  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – DCB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA - PPGZOO**

**ELAINE FERREIRA MACÊDO**

**IMPACTO POTENCIAL DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A  
DISTRIBUIÇÃO DO GÊNERO *Ophiodes* WAGLER, 1828 (Squamata: Anguidae)  
E IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES**

**ILHÉUS – BAHIA  
2020**

**ELAINE FERREIRA MACÊDO**

**IMPACTO POTENCIAL DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A  
DISTRIBUIÇÃO DO GÊNERO *Ophiodes* WAGLER, 1828 (Squamata: Anguidae)  
E IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Estadual de Santa Cruz, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Área de concentração: Zoologia Aplicada.

Orientador: Dr. Dennis Rödder  
Coorientadores: Dr. Victor Goyannes Dill Orrico e Dr. Márcio Borges Martins

**ELAINE FERREIRA MACÊDO**

**IMPACTO POTENCIAL DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A  
DISTRIBUIÇÃO DO GÊNERO *Ophiodes* WAGLER, 1828 (Squamata: Anguidae)  
E IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES**

Ilhéus-BA, 20 de Fevereiro de 2020

---

Victor Goyannes Dill Orrico – Dr.  
UESC/DCB  
(Coorientador)

---

Neander M. Heming – Dr.  
Pós-Doc do PPGEGB/UESC  
(I Avaliador)

---

Daniel Oliveira Mesquita – Dr.  
Universidade Federal da Paraíba  
(II Avaliador)

## AGRADECIMENTOS

(Em construção)

# IMPACTO POTENCIAL DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DO GÊNERO *Ophiodes* WAGLER, 1828 (Squamata: Anguinae) E IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES

Elaine Ferreira Macêdo<sup>1\*</sup>, Renata Perez<sup>2</sup>, Márcio Borges Martins<sup>3</sup>, Victor Goyannes Dill Orrico<sup>1</sup> e Dennis Rödder<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Zoologia, DCB/UESC

<sup>2</sup>Universidade Regional do Cariri, URCA

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências/UFRGS

<sup>4</sup>Zoological Research Museum Alexander Koenig, Bonn, Germany

\*Autor para correspondência: eferreiramacedo@gmail.com

## RESUMO

As mudanças climáticas fazem parte de um conjunto de fatores que influenciam na diversificação e distribuição das espécies. Durante o Quaternário, período conhecido por eventos glaciais e interglaciais, as alterações no clima ocorreram de forma natural. Em contrapartida, no presente, estas mudanças estão ocorrendo rapidamente em decorrência das ações antrópicas. Uma vez que mudanças nas condições ambientais podem influenciar no nicho das espécies, o presente estudo teve como objetivo prever a distribuição potencial das espécies válidas do gênero *Ophiodes* em diferentes cenários climáticos do passado ao futuro através da Modelagem de Nicho Ecológico. Isto foi realizado utilizando o algoritmo MaxEnt através do pacote ENMwizard no software R. Também foi analisado o status de conservação e delimitado áreas prioritárias para conservação das espécies-alvo, visto que a fragmentação do habitat é uma das principais ameaças à biota atualmente e muitas espécies do gênero ocorrem em áreas consideradas como *hotspot* da biodiversidade. Para todas as espécies foi observada uma redução na extensão de áreas climaticamente adequadas; sendo mais visível para cenários pessimistas (RCP 8.5). Para algumas espécies (i.e.: *Ophiodes fragilis* e *O. intermedius*) essa redução não será significativa, porém mesmo as espécies do gênero *Ophiodes* avaliadas como Pouco Preocupante (LC) estarão ameaçadas no futuro pela ação conjunta do aquecimento antropogênico com outros estressores, especialmente o uso do solo.

**Palavras-chave:** Modelagem de nicho ecológico. Algoritmo MaxEnt. Status de conservação. Áreas prioritárias.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Distribuição de *Ophiodes fragilis* (círculo amarelo), *O. striatus* (círculo rosa), *O. intermedius* (triângulo azul), *O. vertebralis* (losango verde) e *O. enso* (cruz vermelha) considerando os biomas definidos por Olson et al., 2001. ....20
- Figura 2. Distribuição de *Ophiodes fragilis* (círculo amarelo), *O. striatus* (círculo rosa), *O. intermedius* (triângulo azul), *O. vertebralis* (losango verde) e *O. enso* (cruz vermelha) considerando a classificação climática de Köppen. Shapefile adaptado de Peel et al., 2007 e Alvares et al., 2014.....21
- Figura 3. Distribuição de *Ophiodes fragilis* (círculo amarelo), *O. striatus* (círculo rosa), *O. intermedius* (triângulo azul), *O. vertebralis* (losango verde) e *O. enso* (cruz vermelha) considerando o relevo. Raster obtido do Shuttle Radar Topography Mission (<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>). ....22
- Figura 4. Distribuição potencial de *Ophiodes fragilis* em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)) e no Antropoceno (C). ....25
- Figura 5. Sobreposição de áreas geográficas com condições climáticas adequadas para *Ophiodes fragilis* dos cenários paleoclimáticos e atual. ....26
- Figura 6. Distribuição potencial de *Ophiodes fragilis* para o presente (A) e para diferentes cenários do futuro dos anos de 2050 e 2070 considerando diferentes emissões de gases estufa: Ano de 2050, rcp 2.6 (B) e rcp 8.5 (C); Ano de 2070, rcp 2.6 (D) e rcp 8.5 (E).....27
- Figura 7. Distribuição potencial de *Ophiodes striatus* em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)) e no Antropoceno (C). ....29
- Figura 8. Sobreposição de áreas geográficas com condições climáticas adequadas para *Ophiodes striatus* dos cenários paleoclimáticos e atual. ....30
- Figura 9. Distribuição potencial de *Ophiodes striatus* para o presente (A) e para diferentes cenários do futuro dos anos de 2050 e 2070 considerando diferentes emissões de gases estufa: Ano de 2050, rcp 2.6 (B) e rcp 8.5 (C); Ano de 2070, rcp 2.6 (D) e rcp 8.5 (E).....31
- Figura 10. Distribuição potencial de *Ophiodes intermedius* em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)) e no Antropoceno (C). ....33
- Figura 11. Distribuição potencial de *Ophiodes intermedius* para o presente (A) e para diferentes cenários do futuro dos anos de 2050 e 2070 considerando diferentes

emissões de gases estufa: Ano de 2050, rcp 2.6 (B) e rcp 8.5 (C); Ano de 2070, rcp 2.6 (D) e rcp 8.5 (E).....	34
Figura 12. Distribuição potencial de <i>Ophiodes vertebralis</i> em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)) e Antropoceno (C). .....	35
Figura 13. Sobreposição de áreas geográficas com condições climáticas adequadas para <i>Ophiodes vertebralis</i> dos cenários paleoclimáticos e atual.....	36
Figura 14. Distribuição potencial de <i>Ophiodes vertebralis</i> para o presente (A) e para diferentes cenários do futuro dos anos de 2050 e 2070 considerando diferentes emissões de gases estufa: Ano de 2050, rcp 2.6 (B) e rcp 8.5 (C); Ano de 2070, rcp 2.6 (D) e rcp 8.5 (E).....	36
Figura 15. Distribuição potencial de <i>Ophiodes enso</i> em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)) e no Antropoceno (C). .....	37
Figura 16. Sobreposição de áreas geográficas com condições climáticas adequadas para <i>Ophiodes enso</i> dos cenários paleoclimáticos e atual.....	38
Figura 17. Distribuição potencial de <i>Ophiodes enso</i> para o presente (A) e para diferentes cenários do futuro dos anos de 2050 e 2070 considerando diferentes emissões de gases estufa: Ano de 2050, rcp 2.6 (B) e rcp 8.5 (C); Ano de 2070, rcp 2.6 (D) e rcp 8.5 (E).....	38
Figura 18. Potenciais áreas prioritárias para a conservação de espécies do gênero <i>Ophiodes</i> .....	43
Figura 19. Potenciais áreas prioritárias para a conservação de espécies do gênero <i>Ophiodes</i> , considerando as Unidades de Conservações existentes.....	44
Figura 20. Resultado da Análise de Paridade Orientada à Mobilidade (MOP) para <i>Ophiodes striatus</i> em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)), para o Antropoceno (C) e diferentes cenários futuros (Ano de 2050, rcp 2.6 (D); Ano de 2070 rcp 2.6 (E); Ano de 2050 rcp 8.5 (F); Ano de 2070, rcp 8.5 (G). .....	60
Figura 21. Resultado da Análise de Paridade Orientada à Mobilidade (MOP) para <i>Ophiodes intermedius</i> em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)), para o Antropoceno (C) e diferentes cenários futuros (Ano de 2050, rcp 2.6 (D); Ano de 2070 rcp 2.6 (E); Ano de 2050 rcp 8.5 (F); Ano de 2070, rcp 8.5 (G). .....	61
Figura 22. Resultado da Análise de Paridade Orientada à Mobilidade (MOP) para <i>Ophiodes vertebralis</i> em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)), para o Antropoceno (C) e diferentes cenários futuros (Ano	

de 2050, rcp 2.6 (D); Ano de 2070 rcp 2.6 (E); Ano de 2050 rcp 8.5 (F); Ano de 2070, rcp 8.5 (G). .....62

Figura 23. Resultado da Análise de Paridade Orientada à Mobilidade (MOP) para *Ophiodes enso* no Holoceno-Médio (A), Antropoceno (B) e diferentes cenários futuros (Ano de 2050, rcp 2.6 (C); Ano de 2070 rcp 2.6 (D)). Os demais cenários não foram representados, pois eram apenas áreas de extrapolação total. ....63

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Quantidade de pontos não-filtrados e filtrados para cada espécie utilizados no presente estudo..... 15
- Tabela 2. Modelos selecionados para as espécies-alvo do gênero *Ophiodes* utilizando como critério de otimalidade o menor valor de Akaike (AICc). CR = classes de recurso; RM = regularização dos multiplicadores; wAICc = peso de AIC e OR10 = taxa de omissão média. .... 23
- Tabela 3. Status de conservação das espécies do gênero *Ophiodes* seguindo a metodologia e critérios da IUCN. EOO = Extensão de ocorrência, AOO = Área de ocupação, LC = Pouco preocupante, CR = Criticamente em perigo, VU = Vulnerável e EM = Em perigo..... 40
- Tabela 4. Total de área adequada (km<sup>2</sup>) disponível para cada espécie nos diferentes cenários climáticos analisados considerando o limiar de 10%. Em negrito são os cenários considerados como extrapolação estrita total pela análise MOP..... 40

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Geral .....	14
2.2	Específicos.....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1	Registros de ocorrência e Variáveis ambientais .....	14
3.2	Modelagem de Nicho Ecológico.....	15
3.3	Avaliação do status de conservação das espécies .....	17
3.4	Definição das áreas prioritárias para a conservação .....	17
4	RESULTADOS .....	18
4.1	Distribuição atual das espécies.....	18
4.2	Avaliação dos modelos .....	23
4.3	Modelagem climática histórica e Impacto das mudanças climáticas... 24	
4.4	Status de conservação.....	39
4.5	Áreas prioritárias .....	42
5	DISCUSSÃO.....	44
5.1	Futuro da nossa biodiversidade .....	47
	REFERÊNCIAS.....	52
	APÊNDICE I.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
	APÊNDICE II.....	60

1           **IMPACTO POTENCIAL DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A**  
2           **DISTRIBUIÇÃO DO GÊNERO *Ophiodes* WAGLER, 1828 (Squamata: Anguinae)**  
3           **E IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES**

4  
5           Elaine Ferreira Macêdo<sup>1\*</sup>, Renata Perez<sup>2</sup>, Márcio Borges Martins<sup>3</sup>, Victor Goyannes  
6           Dill Orrico<sup>1</sup> e Dennis Rödder<sup>1,4</sup>

7  
8                           <sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Zoologia, DCB/UESC

9   <sup>2</sup>Universidade Regional do Cariri, URCA

10                           <sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências/UFRGS

11   <sup>4</sup>Zoological Research Museum Alexander Koenig, Bonn, Germany

12   \*Autor para correspondência: eferreiramacedo@gmail.com  
13

14   **1 INTRODUÇÃO**

15           Eventos dispersivos, em que a população ancestral ultrapassa uma barreira  
16           pré-existente, ou vicariantes, onde ocorre o surgimento de uma barreira que separa  
17           uma determinada população, acarretam em mudanças no padrão de distribuição da  
18           biota e, posteriormente, na divergência genética entre espécies intimamente  
19           relacionadas (GILLUNG, 2011). Dentre os processos responsáveis por tais eventos  
20           encontram-se: mudanças geológicas (e.g. MACEY et al., 1999; AHMADZADEH et  
21           al., 2016), fitofisionômicas ou climáticas (e.g. HAFFER, 1969; EVANS et al., 2009;  
22           JAKOB et al., 2010; AHMADZADEH et al., 2016). A última categoria foi,  
23           possivelmente, uma das responsáveis pela alteração no padrão de distribuição e  
24           diversificação de muitos grupos da fauna (HAFFER, 1969; COLLI, 2005; SANDEL et  
25           al., 2011) e flora (EVANS et al., 2009; JAKOB et al., 2010) durante o Quaternário.

26           Esse período ficou marcado por eventos glaciais e interglaciais. O Último  
27           Máximo Glacial ocorreu no Pleistoceno tardio (~ 26,5 - 19 ka) e foi identificado como  
28           o intervalo de tempo em que ocorreu uma redução no nível do mar e aumento  
29           máximo do volume dos mantos de gelos (YOKOYAMA et al., 2000; CLARK et al.,  
30           2009). No decorrer do período subsequente, o qual teve início no Holoceno (~ 11  
31           ka), ocorreram fortes flutuações climáticas: de condições ambientais muito  
32           semelhante ao último glacial (9 - 8 ka) (MAYEWSKI et al., 2004) até um clima similar  
33           ao atual (~ 6 ka) (STEIG, 1999). A elevação da temperatura e o aumento de gases-  
34           estufa na atmosfera, em especial do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), marcaram a  
35           transição entre essas épocas (STEIG, 1999; SHAKUN & CARLSON, 2010), bem

36 como a passagem entre o Holoceno e o período industrial (ADAMS et al., 1990;  
37 STEFFEN et al., 2007).

38 No Holoceno, o aumento de CO<sub>2</sub> foi lento e decorrente de causas naturais  
39 (STEIG, 1999). Ainda assim, a velocidade com que se deu a variabilidade climática  
40 durante o Quaternário refletiu no atual padrão de distribuição da biodiversidade  
41 (SANDEL et al., 2011). Acarretando na concentração de espécies em áreas onde as  
42 mudanças ocorreram lentamente (SANDEL et al., 2011). Por sua vez, a partir da Era  
43 Industrial, as mudanças no clima têm ocorrido de forma acelerada como resultado  
44 das atividades antrópicas (KARL & TRENBERTH, 2003; STEFFEN et al., 2007).

45 Desde então, um aumento de cerca de 1°C na temperatura global tem sido  
46 notado (IPCC, 2018). Segundo o último relatório do Painel Intergovernamental de  
47 Mudanças Climáticas (IPCC), devido às emissões passadas e presente, o  
48 aquecimento vem aumentando a uma taxa de 0,2°C por década e, se assim  
49 permanecer, é possível que entre 2030 e 2050 o aquecimento global, resultante de  
50 ações antrópicas, alcance 1,5°C (IPCC, 2018). Já é observado que as modificações  
51 no clima causadas pelas emissões até o presente momento, juntamente com a  
52 degradação do habitat e com outros estressores ecológicos são responsáveis por  
53 uma taxa de perda da biodiversidade superior a das cinco extinções em massa  
54 conhecidas (BARNOSKY et al., 2011). Com isso, a Era industrial marcou o início de  
55 um novo Período: o Antropoceno (BARNOSKY et al., 2011).

56 O relatório mencionado acima também estimou potenciais impactos ambientais  
57 e socioeconômicos e, com isso, foi observado que se o aquecimento ultrapassar  
58 1,5°C, as consequências podem ser irreversíveis (IPCC, 2018). Para a  
59 biodiversidade, se o aquecimento for limitado a 1,5°C, 6% dos insetos, 8% das  
60 plantas e 4% dos vertebrados avaliados irão perder grande parte de seus habitat  
61 (IPCC, 2018). Em contrapartida, se o aquecimento chegar a 2°C, estima-se que  
62 esses valores cheguem a 18%, 16% e 8%, respectivamente (IPCC, 2018).  
63 Conseqüentemente, isto afetará ainda mais a diversidade e abundância das  
64 espécies. Também foi previsto transformações nos ecossistemas e modificações na  
65 distribuição das espécies, especialmente da fauna marinha (IPCC, 2018). No  
66 entanto, alterações na biologia das espécies já estão sendo notadas (PARMESAN &  
67 YOHE, 2003; ROOT et al., 2003). Dessa forma, atualmente, as mudanças na  
68 distribuição e abundância das espécies estão sendo fortemente afetadas pela ação  
69 humana (PARMESAN & YOHE, 2003; ROOT et al., 2003).

70 Para avaliar a distribuição potencial das espécies em diferentes cenários  
71 climáticos, muitos estudos utilizam a Modelagem de Nicho Ecológico (MNE) (e.g.  
72 ANCIÃES & PETERSON, 2006; PETERSON & PAPES, 2006; GIOVANELLI et al.,  
73 2008; BARRIOS & MANCINA, 2017; ENTIAUSPE-NETO et al., 2017a). Inicialmente  
74 a MNE era bastante utilizada para prever apenas a distribuição potencial das  
75 espécies (e.g. PETERSON & PAPES, 2006; GIOVANELLI et al., 2008; ENTIAUSPE-  
76 NETO et al., 2017a). Nas últimas duas décadas, essa metodologia vem sendo  
77 utilizada como ferramenta em diversas áreas (VAZ et al., 2015), desde estudos de  
78 biologia da conservação, os quais analisam os impactos futuros sobre a distribuição  
79 da biota (e.g. ANCIÃES & PETERSON, 2006; BARRIOS & MANCINA, 2017) e  
80 definem áreas prioritárias para conservação (e.g. GIANNINI et al., 2013), até  
81 estudos com foco taxonômico (e.g. GRAHAM et al., 2004; MINOLI et al., 2014;  
82 ORTEGA-ANDRADE et al., 2015) e evolutivo (e.g. EVANS et al., 2009; JAKOB et al.,  
83 2010; AHMADZADEH et al., 2016). A MNE também nos ajuda a elucidar as causas  
84 em volta das alterações no padrão de distribuição da biota (e.g. BARRIOS &  
85 MANCINA, 2017) e da diversificação das espécies em uma escala de tempo longa  
86 (e.g. CARNAVAL & MORITZ, 2008; CARNAVAL et al., 2014; COSTA et al., 2017).  
87 Ainda, novas abordagens vêm sendo discutidas para utilização da MNE. Dentre  
88 elas, a utilização desta como ferramenta para avaliação do status de conservação  
89 segundo a *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (SYFERT et al.,  
90 2014).

91 O MaxEnt (PHILLIPS & DUDÍK, 2008) é a plataforma mais utilizada para  
92 prever a distribuição das espécies em tais estudos (VAZ et al., 2015). Ele é um dos  
93 softwares que apresenta melhor desempenho comparado com outros algoritmos,  
94 além de ser eficiente para análises com pequenas quantidades de dados (ELITH et  
95 al., 2006). Contudo, os parâmetros utilizados pelo MaxEnt, tais como: regularização  
96 dos multiplicadores (RM) e classes de recursos (CR), juntamente com a quantidade  
97 de variáveis utilizadas pelo usuário, influenciam na complexidade dos modelos  
98 (WARREN & SEIFERT, 2011; MORENO-AMAT et al., 2015). Warren et al (2014)  
99 observaram que a configuração padrão da plataforma em conjunto com grandes  
100 quantidades de variáveis tende a selecionar modelos mais complexos, ou seja, que  
101 se super-ajustam aos dados de entrada. Uma vez que algumas regiões podem ser  
102 mais bem amostradas que outras, isto acarretará em viés ambiental. Ainda, foi  
103 observado que os modelos selecionados pelo critério de Akaike corrigido (AICc) são

104 mais eficazes em estimar a adequabilidade ambiental e melhor para serem  
105 transferidos pra diferentes cenários, superando assim os escolhidos pela área sobre  
106 a curva (AUC), critério este utilizado pela plataforma MaxEnt (WARREN & SEIFERT,  
107 2011; MORENO-AMAT et al., 2015). Desta forma, o presente estudo realizou as  
108 análises de Modelagem de Nicho Ecológico no software R 3.5.1 por meio do pacote  
109 ENMwizard (HEMING et al., 2018) que está disponível no Github  
110 (<https://github.com/HemingNM/ENMwizard>). Este pacote nos permite realizar a  
111 seleção dos modelos a priori através do algoritmo MaxEnt. Contudo, ainda é  
112 possível otimizar os parâmetros utilizados por este algoritmo (e.g.: RM e CR) através  
113 da utilização de diferentes configurações e definir AICc como critério de seleção de  
114 modelos (e.g.: GUTIÉRREZ et al., 2019; HE et al., 2019).

115 O gênero *Ophiodes* é formado por lagartos semi-fossoriais de médio porte  
116 desprovidos de membros anteriores e com membros posteriores vestigiais  
117 (BORGES-MARTINS, 1998). Atualmente, são conhecidas seis espécies: *Ophiodes*  
118 *fragilis* (Raddi, 1820), *Ophiodes striatus* (Spix, 1825), *Ophiodes vertebralis* Bocourt,  
119 1881, *Ophiodes intermedius* Boulenger, 1893, *Ophiodes luciae* Cacciali & Scott,  
120 2015 e *Ophiodes enso* Entiauspe-Neto et al., 2017b. Ainda, mais três espécies  
121 foram reconhecidas como novas, porém não foram formalmente descritas (ver  
122 BORGES-MARTINS, 1998). Todas elas estão distribuídas a leste dos Andes na  
123 América do Sul (BORGES-MARTINS, 1998; CACCIALI & SCOTT, 2015;  
124 ENTIAUSPE-NETO et al., 2017b), da Argentina, passando pela região Centro-Sul do  
125 Brasil e pelo litoral nordestino até o planalto de Ibiapaba, no estado do Ceará  
126 (BORGES-MARTINS, 1998). Ele pode ser um bom modelo para tal estudo, pois a  
127 região em que ele ocorre é composta por diferentes formações geográficas,  
128 características climáticas (PEEL et al., 2007; ALVARES et al., 2014) e  
129 fitofisionômicas (OLSON et al., 2001), assim o gênero *Ophiodes* ocupa diferentes  
130 ecossistemas. Ainda, devido ao comportamento fossorial, o grupo apresenta uma  
131 capacidade de dispersão limitada, o que o torna vulnerável as mudanças climáticas  
132 (THOMAS et al., 2004).

133 Decorrente disso, o presente estudo visou compreender como as mudanças  
134 climáticas do passado moldaram a distribuição das espécies válidas do gênero  
135 *Ophiodes* para a configuração atual e como a mudança climática moderna irá afetá-  
136 la no futuro, partindo do pressuposto que tais mudanças irão alterar o nicho  
137 ecológico das espécies. Ainda, visto que algumas espécies deste gênero (e.g.:

138 *Ophiodes fragilis* e *Ophiodes striatus*) são conhecidas em regiões do Cerrado e da  
139 Mata Atlântica, biomas estes caracterizados como “hotspot da biodiversidade”, ou  
140 seja, apresentam grande diversidade e são altamente ameaçados pela degradação  
141 do habitat (MYERS et al., 2000). O presente estudo também objetivou avaliar o  
142 status de conservação das espécies-alvo e definir algumas áreas prioritárias para  
143 conservação desse grupo.

144

## 145 **2 OBJETIVOS**

### 146 2.1 Geral

147 - Avaliar a influência das mudanças climáticas naturais e antrópicas sobre a  
148 distribuição de espécies válidas do gênero *Ophiodes*, bem como aspectos de  
149 conservação através da modelagem de nicho ecológico.

150

### 151 2.2 Específicos

- 152 - Compreender o padrão de distribuição passado das espécies alvo;
- 153 - Avaliar o impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição das espécies-alvo  
154 no futuro;
- 155 - Avaliar o status de conservação de cada espécie de acordo com a distribuição  
156 atual seguindo os critérios da IUCN;
- 157 - Definir áreas prioritárias para conservação.

158

## 159 **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### 160 3.1 Registros de ocorrência e Variáveis ambientais

161 Foram coletados 294 registros de ocorrência do gênero *Ophiodes* por meio de  
162 revisão bibliográfica e coleções zoológicas. Destes, 205 eram de *Ophiodes fragilis*,  
163 23 de *Ophiodes striatus*, 38 de *Ophiodes intermedius*, 25 de *Ophiodes vertebralis* e  
164 apenas 3 eram de *Ophiodes enso* (APÊNDICE I). Quando estava disponível apenas  
165 a localidade de ocorrência, as coordenadas geográficas foram obtidas no banco de  
166 dados *online* SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br/>) ou foram georreferenciadas  
167 usando o programa Google Earth Pro versão 7.3. Para isto, adotamos a projeção  
168 Universal Transversa de Mercator (UTM) e Datum WGS84 (EPSG: 4326).  
169 Posteriormente, a resolução das coordenadas foi conferida com a das variáveis  
170 ambientais no software QGIS 2.18.25 (<https://www.qgis.org/en/site/>) e este conjunto

171 de dados foi filtrado espacialmente no software R 3.5.1, a fim de reduzir o viés  
 172 amostral (BORIA et al., 2014) (Tabela 1). A filtragem dos pontos foi realizada  
 173 utilizando o pacote SPTHIN (versão 0.1.0.1; AIELLO-LAMMENS et al., 2015) e foi  
 174 estabelecido uma distância mínima de pelo menos 15 km entre os pontos. Dentre as  
 175 espécies válidas do gênero *Ophiodes*, apenas *Ophiodes luciae* ficou de fora do  
 176 presente estudo, pois a mesma é conhecida apenas na localidade-tipo, a qual é de  
 177 caráter dúbio (ver CACCIALI & SCOTT, 2015).

178

179 **Tabela 1.** Quantidade de pontos não-filtrados e filtrados para cada espécie utilizados  
 180 no presente estudo.

Espécie	Pontos não-filtrados	Pontos filtrados
<i>Ophiodes fragilis</i>	205	133
<i>Ophiodes striatus</i>	23	19
<i>Ophiodes intermedius</i>	38	29
<i>Ophiodes vertebralis</i>	25	14
<i>Ophiodes enso</i>	3	3

181

182 Os dados ambientais foram obtidos da base de dados WorldClim 1.4  
 183 (<http://www.worldclim.org/>), a qual dispõe de 19 variáveis bioclimáticas que inclui  
 184 dados de temperatura e precipitação mensais para o Último Máximo Glacial (21ka),  
 185 Holoceno-Médio (6ka), Presente (1960-1990) e Futuro (2040-2080) (HIJMANS et al.,  
 186 2005). Tais dados são projeções climáticas globais (Sistema Climático Comunitário,  
 187 CCSM versão 4) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).  
 188 Para o futuro, a modelagem de nicho ecológico foi realizada considerando duas vias  
 189 de concentração representativas de gases do efeito estufa (RCPs) para os anos de  
 190 2050 e 2070, sendo um cenário otimista (RCP 2.6) e outro pessimista (RCP 8.5). As  
 191 variáveis utilizadas se encontram em uma resolução espacial de 2,5 minutos,  
 192 equivalente a aproximadamente 4,5 km<sup>2</sup>.

193

### 194 3.2 Modelagem de Nicho Ecológico

195 A modelagem de nicho ecológico foi realizada no software R 3.5.1 utilizando o  
 196 algoritmo MaxEnt versão 3.4.1, que se baseia no modelo de máxima entropia  
 197 (PHILLIPS & DUDÍK, 2008). Uma vez que este algoritmo faz suposições sobre o  
 198 poder explicativo das variáveis, foi realizada uma análise de correlação utilizando o  
 199 método de Pearson no software R 3.5.1; sendo considerada alta correlação  $R^2 \geq$   
 200 0,75. Isto foi realizado com os pontos filtrados para o gênero *Ophiodes* (185 pontos)

201 utilizando os pacotes RASTER (versão 3.0-7; HIJMANS et al., 2019), DISMO (versão  
202 1.1-4; HIJMANS et al., 2017) e SHAPEFILES (versão 0.7; STABLER, 2015). As  
203 variáveis bioclimáticas 8, 9, 18 e 19 foram descartadas devido à descontinuidade  
204 entre pixels que há na área do presente estudo, enquanto que as variáveis 3, 4, 7 e  
205 15 não foram utilizadas devido à redundância com outras variáveis. Tais dados, em  
206 conjunto com informações a respeito da história natural do grupo em estudo, foram  
207 utilizados para a seleção das variáveis ambientais, a fim de eliminar a  
208 multicolinearidade entre os preditores. Desta maneira, foram selecionadas as  
209 seguintes variáveis: intervalo médio diurno (Bio 02), temperatura máxima do mês  
210 mais quente (Bio 05), temperatura mínima do mês mais frio (Bio 06), precipitação  
211 anual (Bio 12), Precipitação do mês mais chuvoso (Bio 13) e precipitação do mês  
212 mais seco (Bio 14).

213 Feito isso, foi selecionada uma área para calibração do modelo de cada  
214 espécie. Esta área foi delimitada por um polígono convexo mínimo com buffer de  
215 1,5°, que confere disparidade ambiental (HE et al., 2019). Este foi criado utilizando o  
216 pacote ENMwizard (versão 0.1.9, HEMING et al., 2018) e todos os pontos de  
217 ocorrência conhecidos para cada espécie (Tabela 1).

218 Após ser realizado a filtragem dos pontos, seleção das variáveis e da área de  
219 calibração, a seleção dos modelos foi realizada utilizando o mesmo pacote  
220 (ENMwizard versão 0.1.9, HEMING et al., 2018). Este pacote nos permite utilizar  
221 diversas configurações de regularização dos multiplicadores (RM) e de classes de  
222 recursos (CR), a fim de selecionar o modelo que melhor estima à adequabilidade  
223 ambiental para cada espécie. Dessa maneira, foram utilizados dez valores de RM  
224 (de 0,5 a 5, aumentando a cada 0,5) e quinze CR (L, P, Q, H, LP, LQ, LH, PQ, PH,  
225 QH, LPQ, LPH, LQH, PQH, LPQH). Com isso, foram construídos 150 modelos  
226 preliminares para cada espécie utilizando o sistema de partição geográfico por  
227 blocos, que torna os dados de calibração e avaliação mais independentes um do  
228 outro (HE et al., 2019). O modelo final para cada espécie foi selecionado utilizando o  
229 critério de informação Akaike corrigido (AICc), sendo considerado como melhores  
230 modelos os que apresentaram menor valor de AICc, e foram calibrados utilizando os  
231 dados sem sistema de partição. Com os modelos construídos, foi considerado o  
232 limiar de 10% para definir as áreas com climas adequados de cada espécie. Tais  
233 modelos foram projetados em uma área, a qual foi definida com base na extensão  
234 de ocorrência de cada espécie.

235 Por fim, foi avaliado o risco de extrapolação dos modelos transferidos para  
236 cada cenário climático por meio do pacote KUENM (versão 1.1.3; COBOS et al.,  
237 2019). Neste pacote é possível calcular a Paridade Orientada à Mobilidade (MOP)  
238 desenvolvida por Owens et al (2013) através da comparação das condições  
239 ambientais da área de calibração com às de projeção para os diferentes cenários de  
240 cada espécie.

241

### 242 3.3 Avaliação do status de conservação das espécies

243 Para determinar o risco de extinção de cada espécie, seguimos a metodologia  
244 desenvolvida pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN)  
245 (<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria>) (IUCN,  
246 2012). Desta forma, definimos o risco de extinção das espécies-alvo por meio do  
247 critério B (Distribuição geográfica restrita e apresentando fragmentação, declínio ou  
248 flutuações). Para isto, foi estimada a extensão de ocorrência (EOO; B1) e a área de  
249 ocupação (AOO; B2). A primeira foi calculada por meio de um polígono convexo  
250 mínimo feito a partir de todos os registros de ocorrência conhecido de cada espécie-  
251 alvo na plataforma QGis 2.18.25 (<https://www.qgis.org/en/site/>), enquanto que a  
252 segunda foi estimada pelo método de esquadramento por meio de uma grade  
253 com *grid* de 4 km<sup>2</sup> disposta sobre todos os registros de ocorrência na plataforma  
254 online GeoCAT (<http://geocat.kew.org/>). Além disso, também foi calculada a área  
255 adequada total de cada espécie a partir dos modelos gerados para os diferentes  
256 cenários climáticos analisados no software R 3.5.1.

257

### 258 3.4 Definição das áreas prioritárias para a conservação

259 Para definição das áreas prioritárias para conservação, foi utilizado apenas as  
260 espécies que ocorrem no bioma Mata Atlântica. Visto que este bioma faz parte das  
261 cinco regiões definidas como *hotspot* da biodiversidade na América do Sul (MYERS  
262 et al., 2000) e abriga grande parte dos registros de ocorrência conhecidos para o  
263 gênero *Ophiodes*. Para isso, foram utilizadas as projeções do clima atual e do  
264 cenário mais pessimista (RCP 8.5) para o ano de 2050 para definir as áreas  
265 prioritárias. A princípio, a adequabilidade climática de cada espécie, para ambos os  
266 cenários, foi classificada de acordo com as categorias propostas por Giannini et al  
267 (2013): forte (>75%), média (intervalo de 50 a 75%) e mínima (< 50%).

268 As áreas com adequabilidade climática acima de 75% das espécies-alvo foram  
269 sobrepostas, a fim de identificar áreas com no mínimo duas espécies para os  
270 cenários do presente e do futuro. Posteriormente, os modelos criados para ambos  
271 os cenários paleoclimáticos foram sobrepostos com o intuito de identificar as  
272 potenciais áreas de ocorrência atual que se manterão no futuro; tais áreas foram  
273 estabelecidas como potenciais áreas de preservação das espécies. Todos os  
274 procedimentos foram realizados no programa QGis 2.18.25  
275 (<https://www.qgis.org/en/site/>).

276

## 277 **4 RESULTADOS**

### 278 4.1 Distribuição atual das espécies

279 É sabido que as espécies válidas do gênero *Ophiodes* ocupam uma  
280 diversidade de ecossistemas; desde ambientes florestados até áreas abertas  
281 (BORGES-MARTINS, 1998; ENTIAUSPE-NETO et al., 2017b) (Fig. 1). Nestas áreas  
282 predominam clima tropical e subtropical (Fig. 2) e sua presença é conhecida em  
283 diferentes altitudes, desde ambientes costeiros até regiões que podem ultrapassar  
284 1000 m de altitude (Fig. 3).

285 *Ophiodes fragilis* (Raddi, 1820) ocorre desde Bagé (RS) (BORGES-MARTINS,  
286 1998) até Itagibá (BA). Ainda, têm-se registros desta espécie no sul do Pantanal  
287 brasileiro e na província de Misiones, na Argentina (BORGES-MARTINS, 1998).  
288 Nas áreas onde *O. fragilis* é conhecida, a fitofisionomia predominante é de florestas  
289 tropicais e subtropicais úmidas, com alguns municípios localizados em áreas de  
290 savana, no Cerrado e no Pampa brasileiro (Fig. 1). Ao longo desta região o clima  
291 varia entre zona subtropical úmida (Cfa, Cfb, Cwa), no planalto Meridional e no sul  
292 do planalto Atlântico, e zona tropical (Af, Am, Aw) em áreas litorâneas no sudeste e  
293 nordeste brasileiro (Fig. 2). No planalto de Conquista, na Bahia, onde o clima é  
294 caracterizado por ser zona seca (BSh), a espécie ocorre em áreas acima de 750 m  
295 de altitude (Fig. 3), onde o clima subtropical (Cfa) predomina (ALVARES et al.,  
296 2014). Apesar de sua distribuição estar associada a planície costeira, ela também  
297 ocorre em algumas regiões com altitude próxima a 1000 m (Fig. 3).

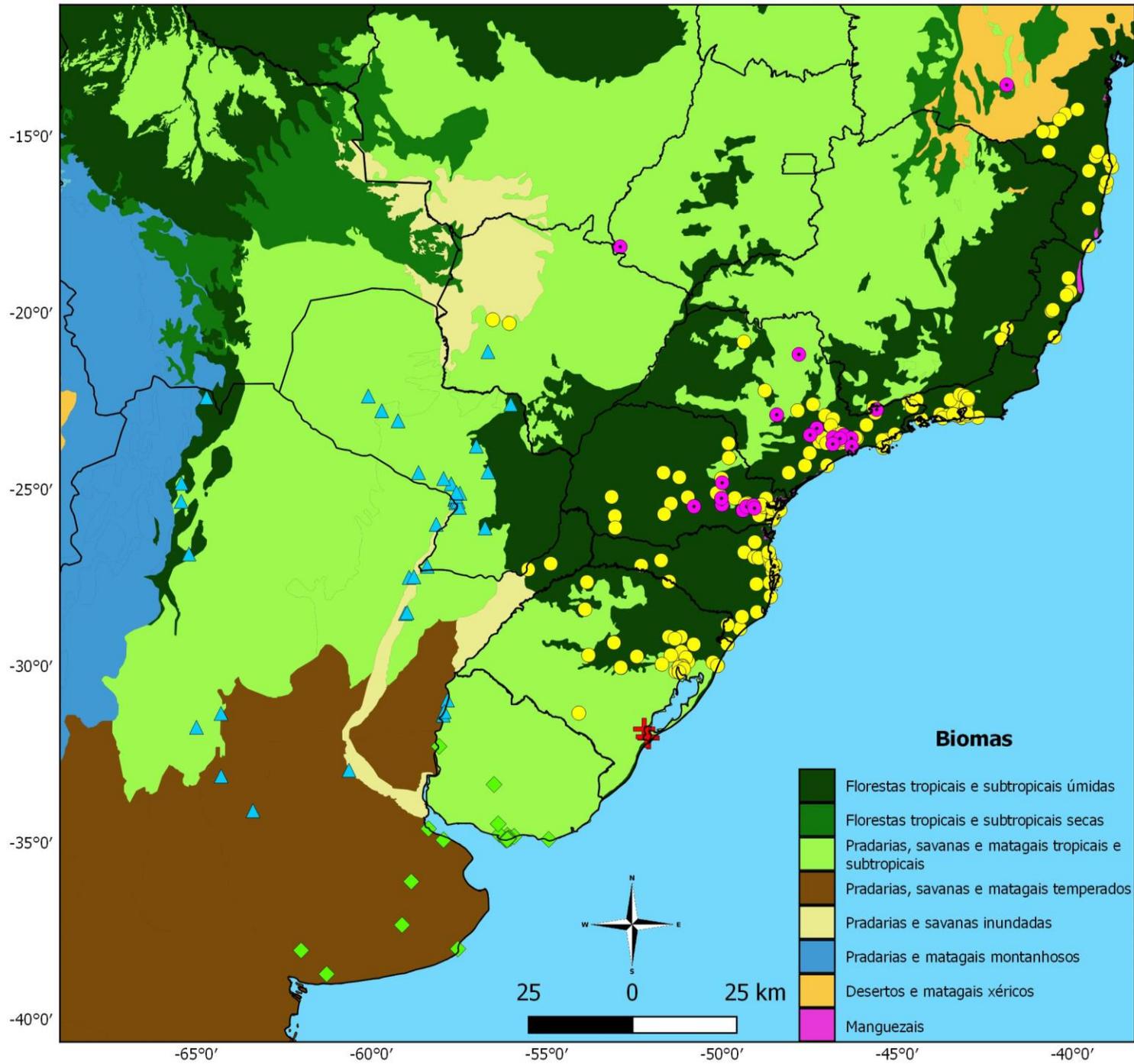
298 *Ophiodes striatus* (Spix, 1825) é conhecida, principalmente, em áreas de Mata  
299 Atlântica nas regiões Sudeste e Sul do Brasil (Fig. 1); sendo a maioria dos registros  
300 ao norte da Serra Geral (PR) e a oeste da Serra do Mar. Também há registros de

301 ocorrência desta espécie no domínio do bioma Cerrado no estado de São Paulo e  
302 no Parque Nacional das Emas (GO), bem como no município de Rio de Contas (BA),  
303 um enclave de Cerrado localizado no domínio da Caatinga. Registros localizados na  
304 região Sul e Sudeste até a Bahia encontram-se na zona subtropical úmida, enquanto  
305 em Goiás, o clima é classificado como tropical com monção (Am) (Fig. 2). A maioria  
306 destes registros está acima de 900 m de altitude, com exceção dos municípios de  
307 Ribeirão Preto, Itu e Sorocaba no estado de São Paulo, os quais estão na faixa de  
308 500 m (Fig. 3).

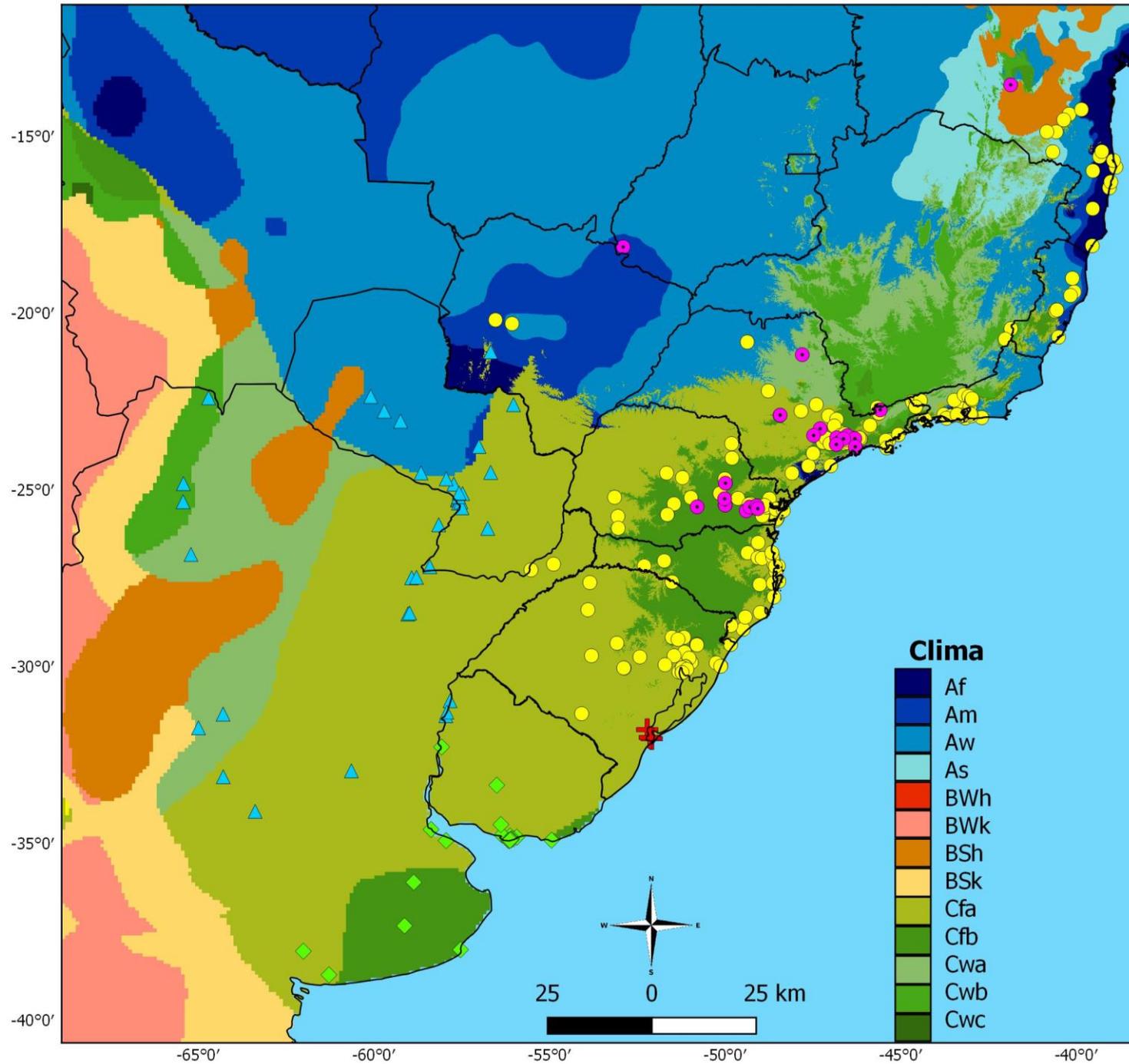
309 Atualmente, *Ophiodes intermedius* Boulenger, 1893 é conhecida ao redor da  
310 região do Chaco e na Serra de Bodoquena (MS). Ao longo de sua distribuição têm-  
311 se registros em áreas florestadas próximas a região meridional dos Andes, porém  
312 não adentra nas pradarias de montanhas, e no Paraguai (Fig. 1). Também ocorre  
313 em áreas de pradarias inundáveis próximas a bacia Paraguai-Paraná e em áreas de  
314 pradarias tropicais, subtropicais e temperadas no Paraguai e na Argentina, bem  
315 como em regiões de savana adjacentes a estas áreas. Segundo a classificação  
316 climática de Köppen, a região que esta espécie ocupa é majoritariamente uma zona  
317 subtropical úmida com inverno seco na região oeste de sua distribuição (Cwa, Cwb)  
318 (Fig. 2), a qual está acima de 500 m (Fig. 3) e sem estação seca ao sul e leste (Cfa),  
319 abaixo de 100 m (Fig. 3). Ao leste, apenas na região da Serra do Bodoquena, a  
320 altitude é acima de 500 m (Fig. 3).

321 *Ophiodes vertebralis* Bocourt, 1881 é conhecida do sul do Uruguai até a  
322 província de Buenos Aires, na Argentina. No Uruguai, a área é caracterizada como  
323 pradaria subtropical, enquanto na Argentina como pradaria temperada (Fig. 1),  
324 ambas apresentam clima subtropical úmido sem estação seca e com influência  
325 oceânica (Cfa e Cfb) (Fig. 2) e altitude de aproximadamente 100 m (Fig. 3).

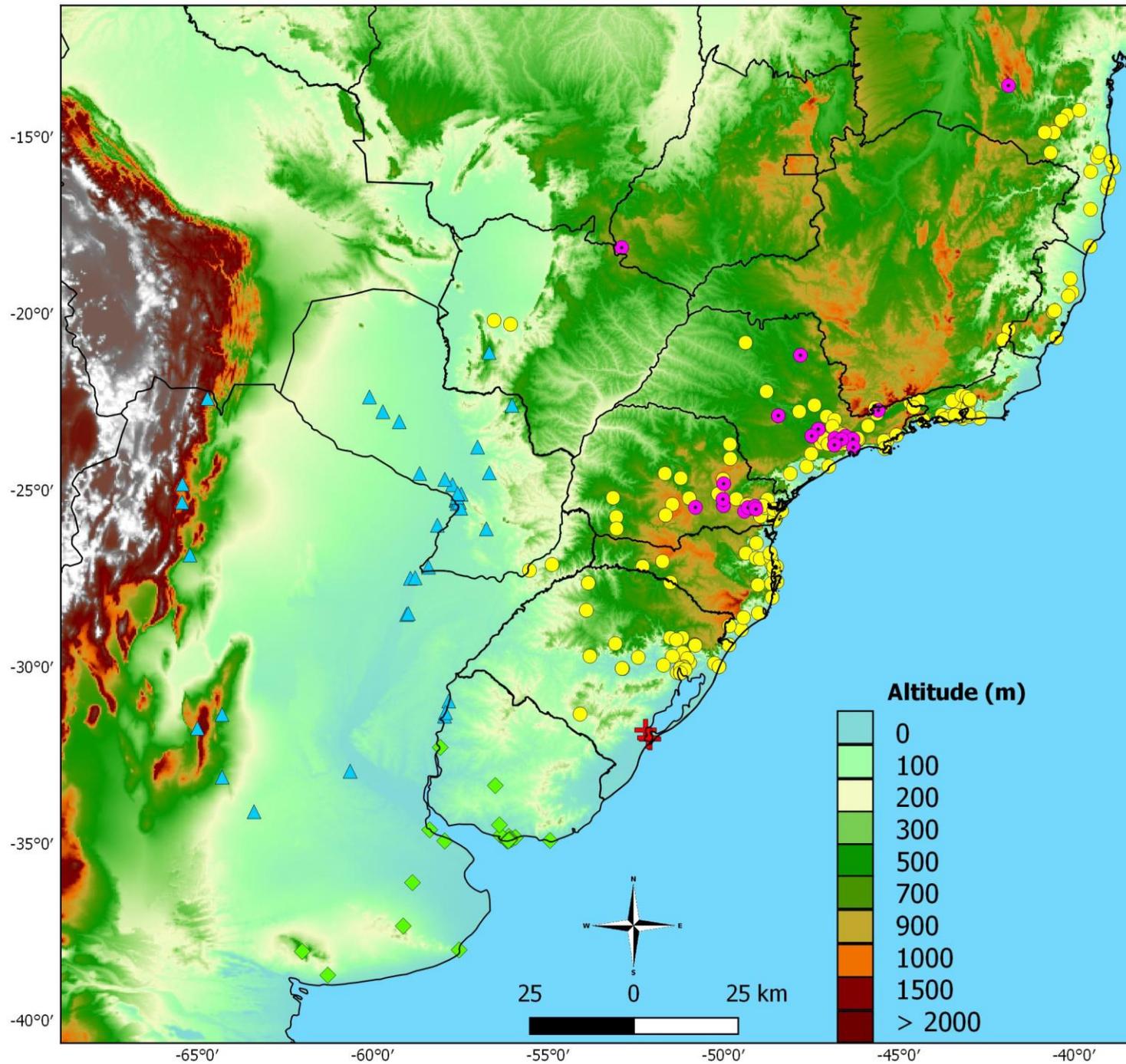
326 *Ophiodes enso* Entiauspe-Neto et al., 2017b é a espécie com menor área de  
327 extensão conhecida, ocorrendo apenas no estuário da Lagoa dos Patos  
328 (ENTIAUSPE-NETO et al., 2017b). Esta região costeira (Fig. 3) é encontrada no  
329 domínio do bioma Pampa (Fig. 1) e caracterizada climaticamente como zona  
330 subtropical úmida, sem estação seca e com verão quente (Fig. 2).



**Figura 1.** Distribuição de *Ophiodes fragilis* (círculo amarelo), *O. striatus* (círculo rosa), *O. intermedius* (triângulo azul), *O. vertebralis* (losango verde) e *O. enso* (cruz vermelha) considerando os biomas definidos por Olson et al., 2001.



**Figura 2.** Distribuição de *Ophiodes fragilis* (círculo amarelo), *O. striatus* (círculo rosa), *O. intermedius* (triângulo azul), *O. vertebralis* (losango verde) e *O. enso* (cruz vermelha) considerando a classificação climática de Köppen. Shapefile adaptado de Peel et al., 2007 e Alvares et al., 2014.



**Figura 3.** Distribuição de *Ophiodes fragilis* (círculo amarelo), *O. striatus* (círculo rosa), *O. intermedius* (triângulo azul), *O. vertebralis* (losango verde) e *O. enso* (cruz vermelha) considerando o relevo. Raster obtido do Shuttle Radar Topography Mission (<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>).

## 403 4.2 Avaliação dos modelos

404 Para seleção dos modelos, foram utilizados dez valores de regularização dos  
 405 multiplicadores (RM; de 0,5 a 5) e diferentes classes de recursos (CR), sendo assim  
 406 foram comparados um total de 150 modelos de nicho ecológico para cada espécie  
 407 do gênero *Ophiodes*. Na tabela 2 encontra-se o modelo selecionado por meio do  
 408 critério de otimalidade Akaike corrigido (AICc) para cada uma delas, sendo  
 409 considerado como melhor modelo o que apresentasse menor valor de AICc. Tais  
 410 modelos foram transferidos para diferentes cenários climáticos.

411 A quantidade de classes de recurso (CR) variou de 1 a 3 para as espécies do  
 412 gênero *Ophiodes*; com as espécies que ocorrem na zona temperada apresentando  
 413 apenas uma classe de recurso (L, P e H) (Tabela 2). Enquanto *O. fragilis* e *O.*  
 414 *striatus*, que ocorrem na região tropical, apresentaram duas e três CR,  
 415 respectivamente. O valor de AICc dos modelos selecionados foi diretamente  
 416 proporcional a extensão de ocorrência das espécies, com *Ophiodes fragilis*  
 417 apresentando o modelo com o valor de AICc mais alto (2859,89) e maior peso de  
 418 AICc (0,417) (Tabela 2). Enquanto que *O. enso* apresentou o menor valor de AICc  
 419 (36,74). Em contrapartida, as espécies que apresentaram modelos com maior AICc,  
 420 apresentaram menor taxa de omissão média (OR10), ou seja, apesar do alto valor  
 421 de AICc, eles apresentam maior capacidade de discriminar áreas de presença das  
 422 de ausência significativa.

423

424 **Tabela 2.** Modelos selecionados para as espécies-alvo do gênero *Ophiodes*  
 425 utilizando como critério de otimalidade o menor valor de Akaike (AICc). CR = classes  
 426 de recurso; RM = regularização dos multiplicadores; wAICc = peso de AIC e OR10 =  
 427 taxa de omissão média.

Espécies	CR	RM	AICc	wAICc	OR10
<i>O. fragilis</i>	PH	3	2859.89	0.417	0.171
<i>O. striatus</i>	LQH	2.5	372.30	0.146	0.25
<i>O. intermedius</i>	H	3.5	656.17	0.048	0.169
<i>O. vertebralis</i>	P	1	269.14	0.131	0.312
<i>O. enso</i>	L	1	36.74	0.091	0.667

428

429

430

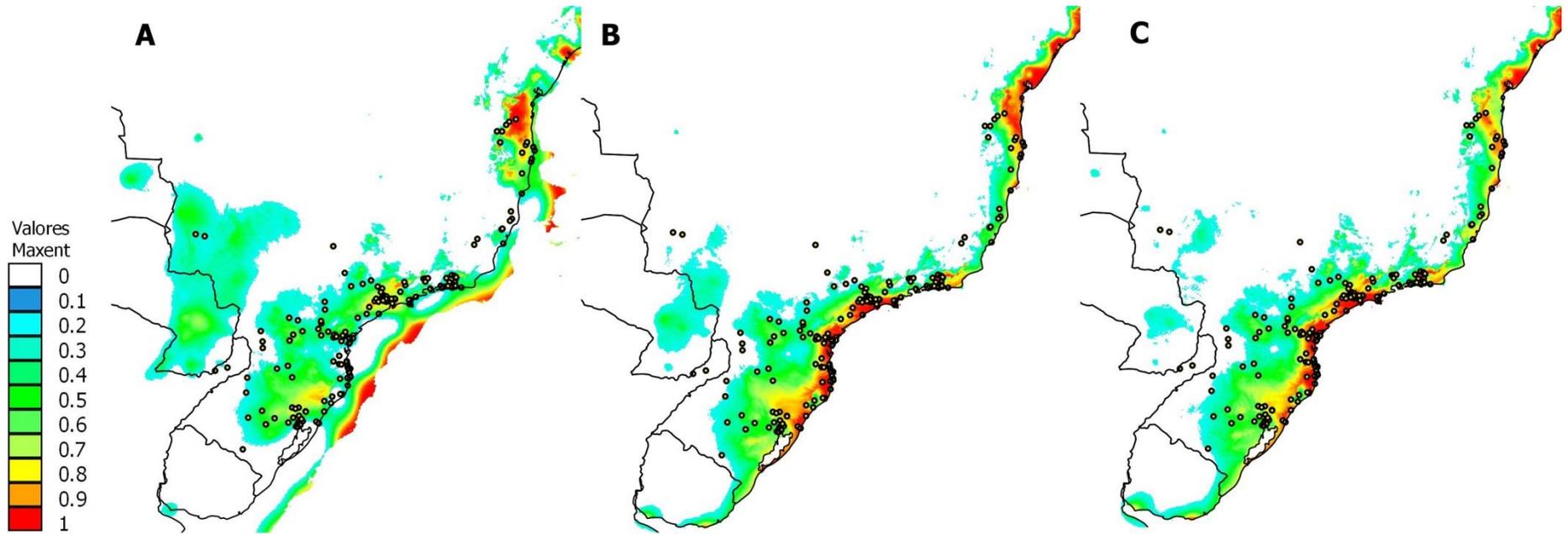
431

### 432 4.3 Modelagem climática histórica e Impacto das mudanças climáticas

433 *Ophiodes fragilis* (Raddi, 1820)

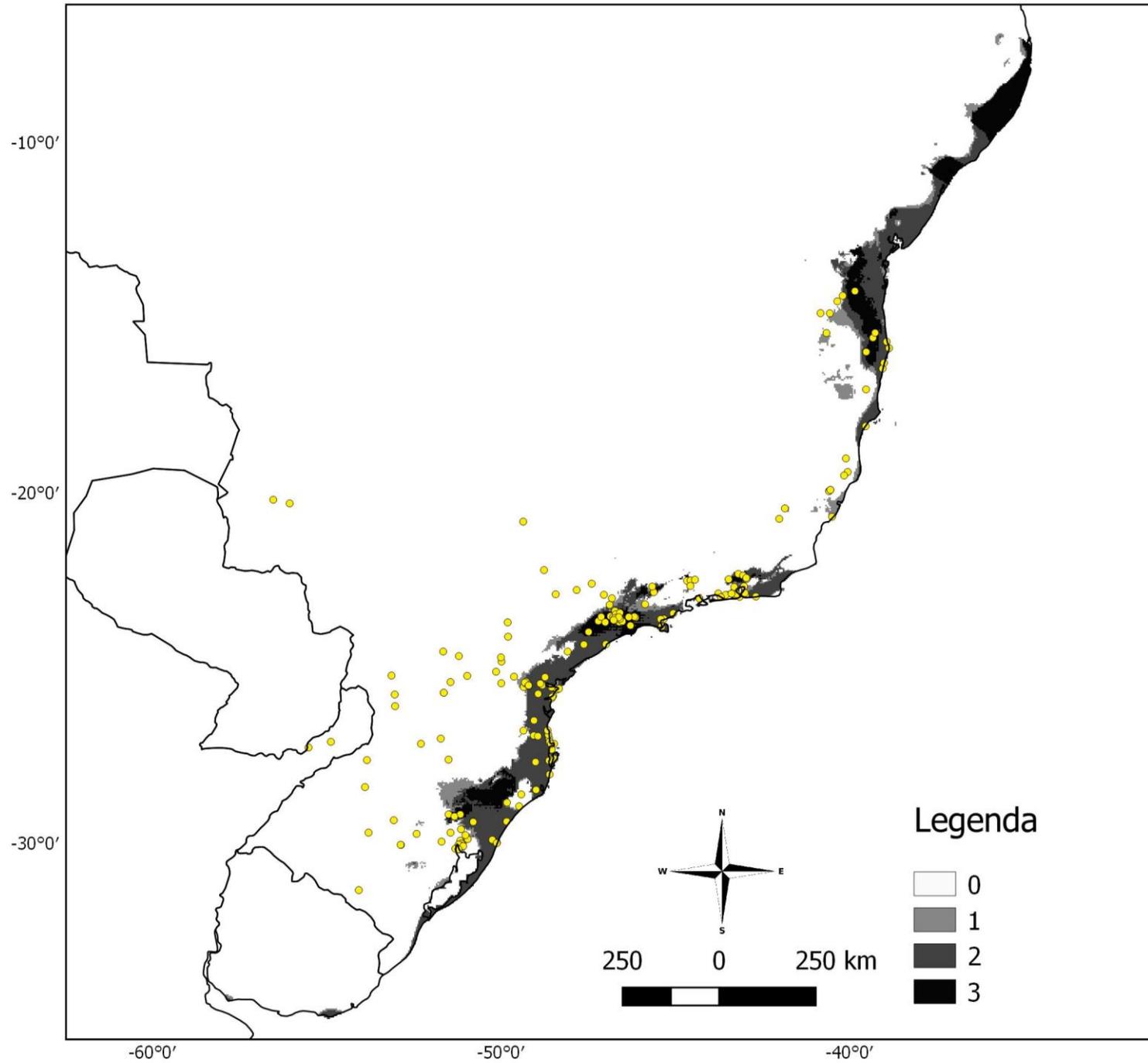
434 Através da modelagem de nicho ecológico, pode-se observar que áreas  
435 consideradas como zona de refúgio para biota durante as variações climáticas do  
436 Quaternário na região norte (ver CARNAVAL & MORITZ, 2008; COSTA et al., 2017)  
437 e sudeste (ver CARNAVAL et al., 2014; COSTA et al., 2017) da Mata Atlântica  
438 apresentaram alta adequabilidade climática ( $\geq 0,75$ ) para abrigar *Ophiodes fragilis*  
439 (Fig. 4). Tais áreas estão em ambientes costeiros e são caracterizadas como floresta  
440 tropical úmida (ver COSTA et al., 2017). Ainda, as áreas altamente adequadas se  
441 mantiveram estáveis na região Nordeste desde o Último Máximo Glacial e na Serra  
442 do Mar desde o Holoceno-Médio (Fig. 5). No entanto, para a região Nordeste, só se  
443 tem registros de *O. fragilis* no sul da Bahia.

444 Uma redução na extensão dessas áreas foi prevista para o futuro,  
445 especialmente na região Nordeste (Fig. 6). Caso o cenário de maior emissão de  
446 gases estufa (RCP 8.5) venha a ocorrer no futuro, esta redução será visivelmente  
447 acentuada no ano de 2070. Contudo, na Serra do Mar, onde está concentrada  
448 grande parte dos registros de ocorrência conhecidos para esta espécie, essa  
449 redução será sutil.

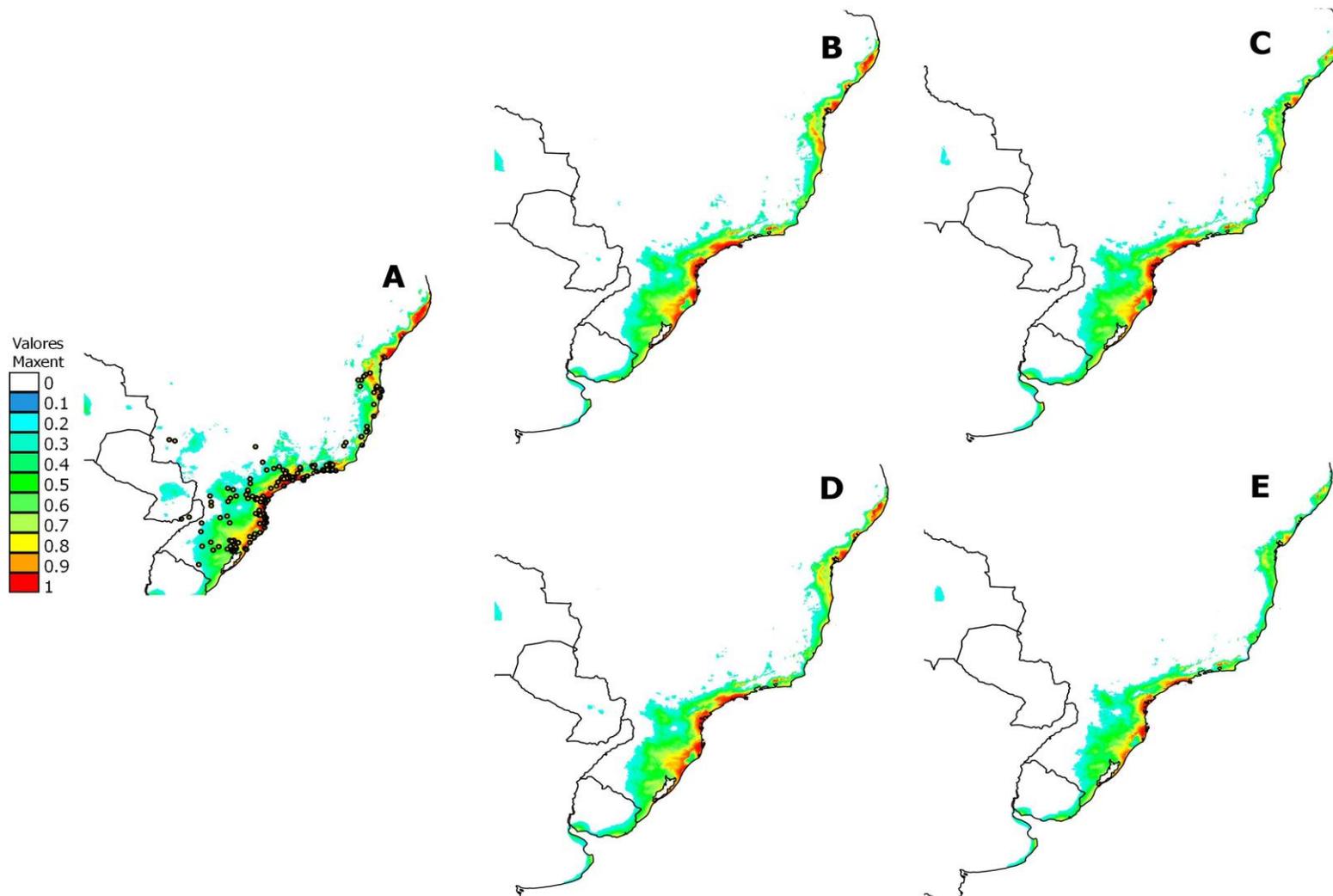


450

451 **Figura 4.** Distribuição potencial de *Ophiodes fragilis* em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-  
452 Médio (B)) e no Antropoceno (C).



**Figura 5.** Sobreposição de áreas geográficas com condições climáticas adequadas para *Ophiodes fragilis* dos cenários paleoclimáticos e atual.



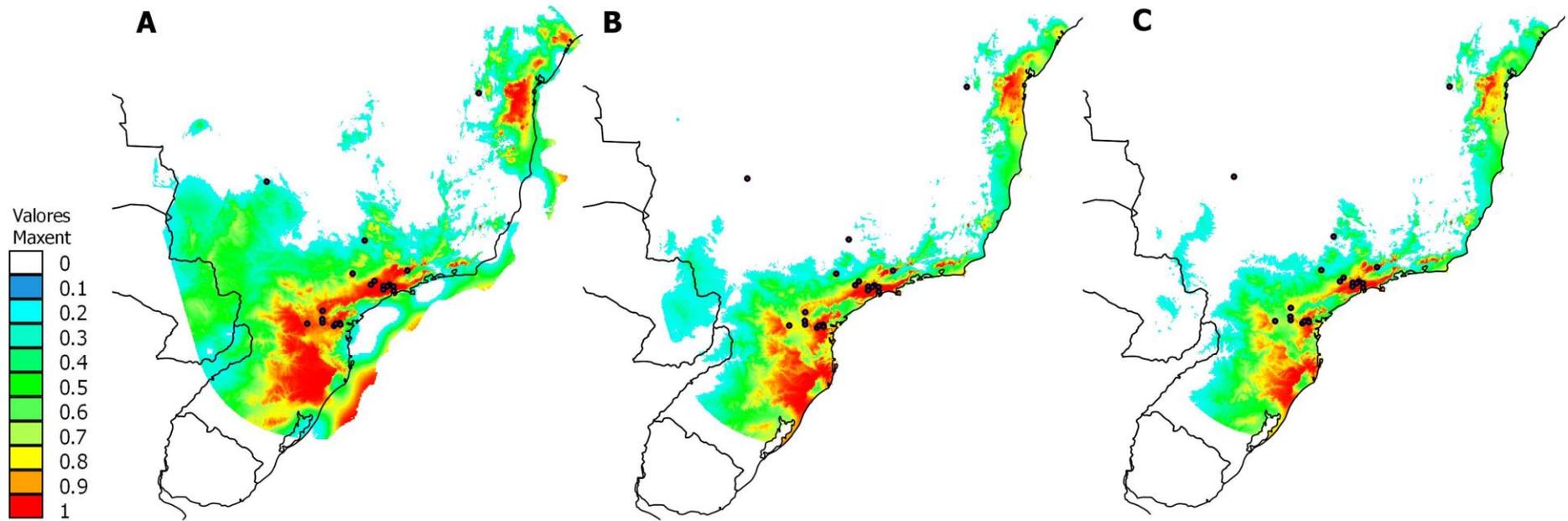
476

477 **Figura 6.** Distribuição potencial de *Ophiodes fragilis* para o presente (A) e para diferentes cenários do futuro dos anos de 2050 e  
478 2070 considerando diferentes emissões de gases estufa: Ano de 2050, rcp 2.6 (B) e rcp 8.5 (C); Ano de 2070, rcp 2.6 (D) e rcp 8.5  
479 (E).

480 *Ophiodes striatus* (Spix, 1825)

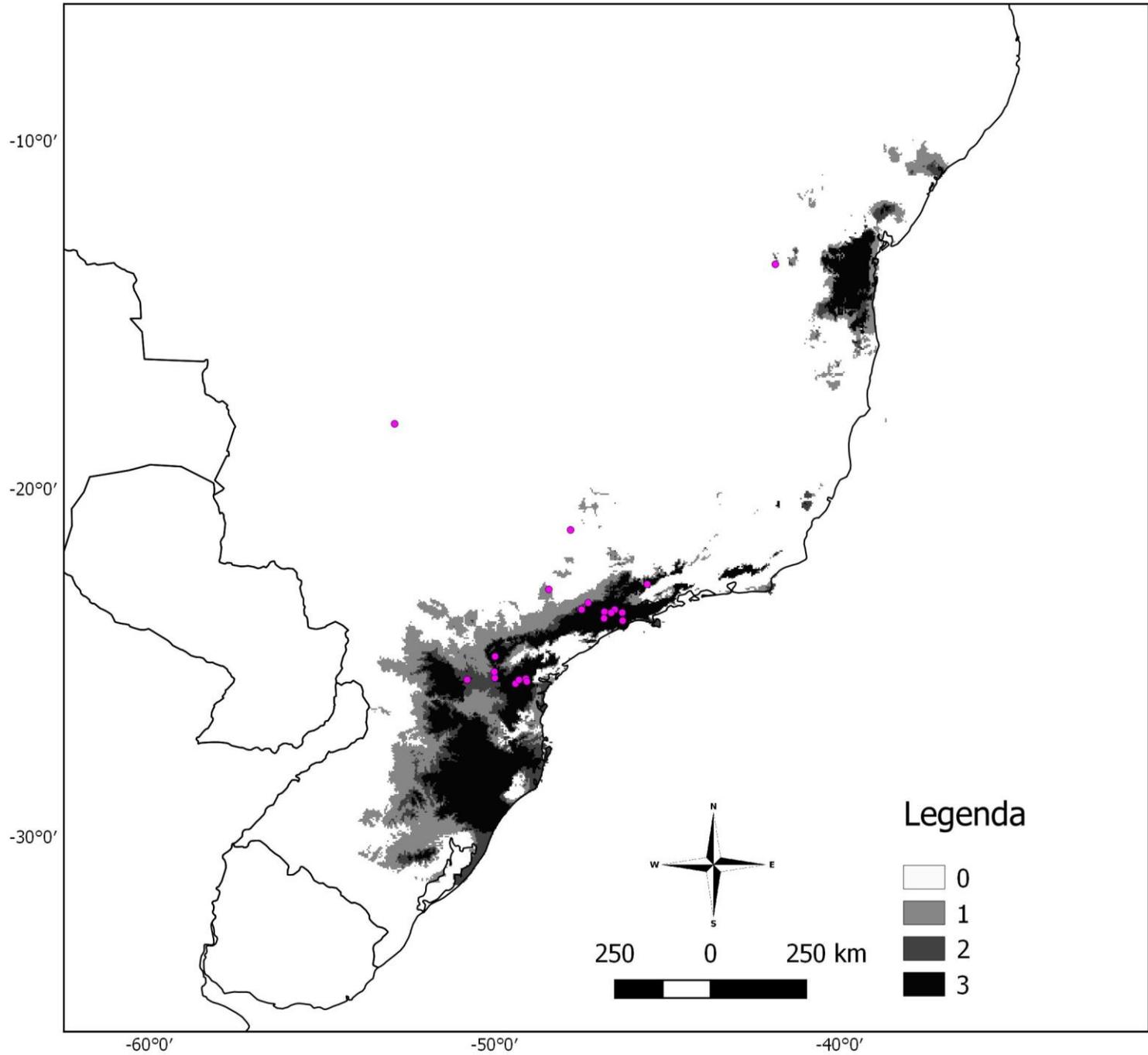
481       As áreas com condições climáticas adequadas ( $\geq 0,75$ ) para *Ophiodes striatus*  
482 se concentravam no refúgio da Bahia e em áreas de alta altitude ( $> 700$  m) da Serra  
483 Geral, no sul do Brasil, até a Serra do Mar, no estado do Rio de Janeiro (Fig. 7).  
484 Grande parte dessas áreas também encontram-se em ambientes de floresta tropical  
485 úmida e se mantiveram estáveis desde o Último Máximo Glacial (Fig. 8). Ainda,  
486 grande parte das ocorrências conhecidas concentra-se nas regiões que se  
487 mantiveram estáveis a oeste da Serra do Mar. Outras áreas nas regiões Sul e  
488 Nordeste, que também se mantiveram estáveis climaticamente não apresentam  
489 registros conhecidos para esta espécie.

490       Assim como em *O. fragilis*, é prevista uma redução na extensão das áreas  
491 adequadas, sobretudo ao norte da Mata Atlântica (Fig. 9). Essa redução também  
492 será marcante daqui a 50 anos em um cenário pessimista; apresentando apenas  
493 pequenas regiões adequadas no sul da área de projeção.

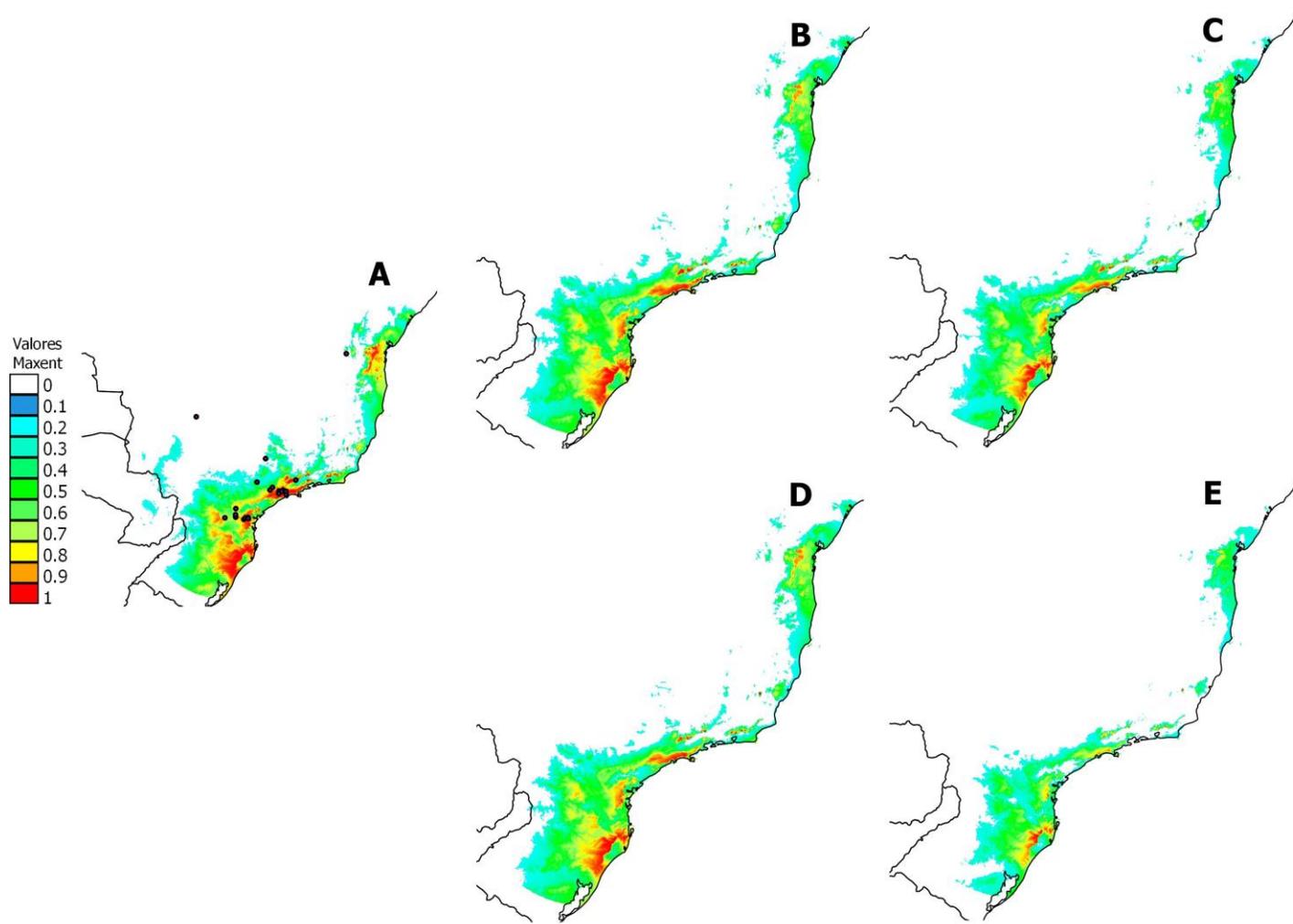


494

495 **Figura 7.** Distribuição potencial de *Ophiodes striatus* em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-  
496 Médio (B)) e no Antropoceno (C).



**Figura 8.** Sobreposição de áreas geográficas com condições climáticas adequadas para *Ophiodes striatus* dos cenários paleoclimáticos e atual.

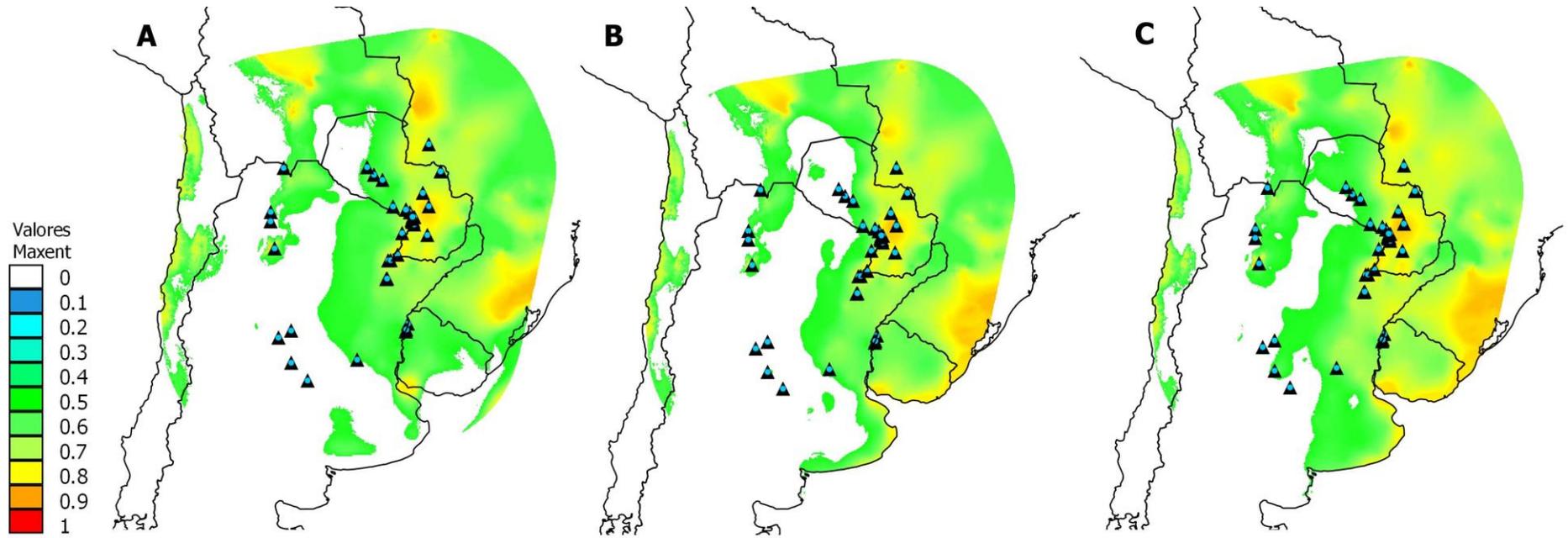


520

521 **Figura 9.** Distribuição potencial de *Ophiodes striatus* para o presente (A) e para diferentes cenários do futuro dos anos de 2050 e  
522 2070 considerando diferentes emissões de gases estufa: Ano de 2050, rcp 2.6 (B) e rcp 8.5 (C); Ano de 2070, rcp 2.6 (D) e rcp 8.5  
523 (E).

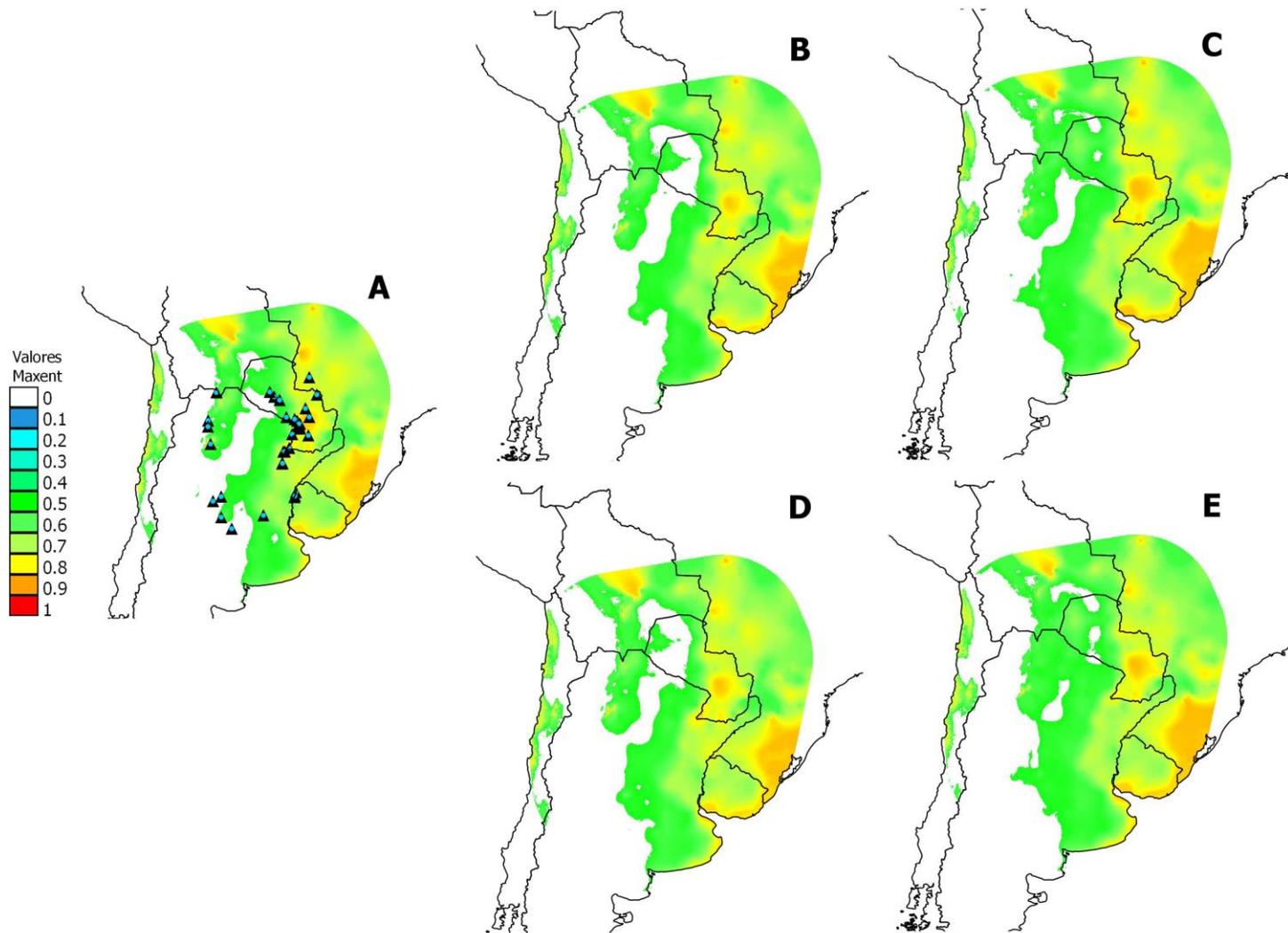
524 *Ophiodes intermedius* Boulenger, 1893

525 *Ophiodes intermedius*, espécie conhecida ao redor da região do Chaco,  
526 apresentou áreas com condições climáticas adequadas ( $\geq 0,75$ ) ao leste da região  
527 de projeção desde o Último Máximo Glacial (Fig. 10). No entanto, não houve  
528 nenhuma área com adequabilidade próxima a 1. Houve um leve aumento quanto à  
529 extensão destas áreas do passado até o presente, especialmente no sul do Brasil ao  
530 litoral do Uruguai. Contudo, não se tem registros de *O. intermedius* nessas regiões.  
531 No Pleistoceno tardio, ambientes florestados e pequenas áreas de savanas  
532 adjacentes apresentaram alta adequabilidade na região de projeção (ver COSTA et  
533 al., 2017). No Holoceno e no cenário atual, apenas nas áreas próximas aos Andes e  
534 no sudeste da área de projeção, onde o clima se manteve adequado, estas áreas  
535 eram caracterizadas como ambientes florestados (ver COSTA et al., 2017). Para o  
536 futuro, não foi prevista uma redução de áreas climaticamente adequadas (Fig. 11).



537

538 **Figura 10.** Distribuição potencial de *Ophiodes intermedius* em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A),  
 539 Holoceno-Médio (B)) e no Antropoceno (C).



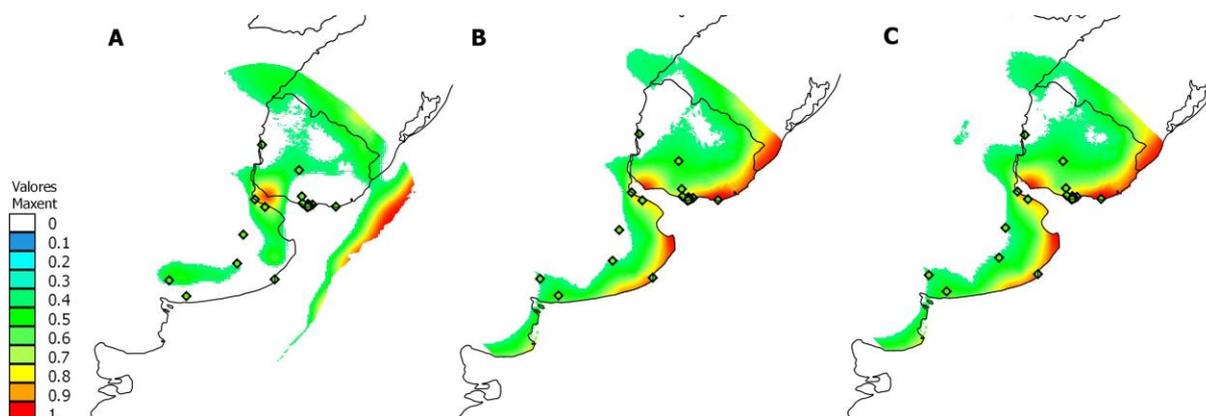
540

541 **Figura 11.** Distribuição potencial de *Ophiodes intermedius* para o presente (A) e para diferentes cenários do futuro dos anos de  
 542 2050 e 2070 considerando diferentes emissões de gases estufa: Ano de 2050, rcp 2.6 (B) e rcp 8.5 (C); Ano de 2070, rcp 2.6 (D) e  
 543 rcp 8.5 (E).

544 *Ophiodes vertebralis* Bocourt, 1881

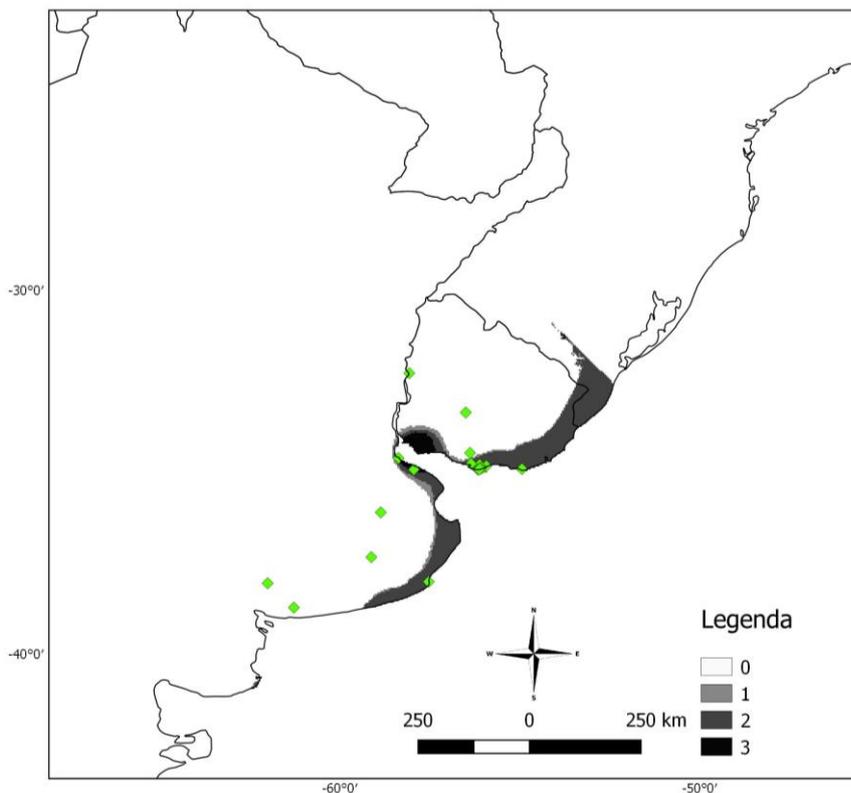
545 *Ophiodes vertebralis* é conhecida do Uruguai até a província de Buenos Aires,  
 546 na Argentina (BORGES-MARTINS, 1998; ENTIAUSPE-NETO et al., 2017b).  
 547 Contudo, apenas as áreas costeiras dessas regiões apresentaram condições  
 548 climáticas adequadas ( $\geq 0,75$ ) para esta espécie desde o Holoceno-Médio (Fig. 12) e  
 549 uma pequena região na Bacia do Rio da Prata se manteve estável em todos os  
 550 cenários (Fig. 13). Esta pequena região encontrava-se em floresta tropical úmida no  
 551 Último Máximo Glacial, com a redução de ambientes florestados do Holoceno ao  
 552 cenário atual, ela passou a habitar ambientes abertos (ver COSTA et al., 2017).  
 553 Apesar de ter sido previsto uma leve redução destas áreas costeiras nos cenários  
 554 futuros, tal redução não é aparente entre os diferentes cenários de emissão de  
 555 gases estufa (Fig. 14). Isso se deve a áreas de extrapolação, consequentemente no  
 556 cenário mais pessimista de 2070, a espécie pode estar restrita somente a província  
 557 de Buenos Aires (APÊNDICE II).

558

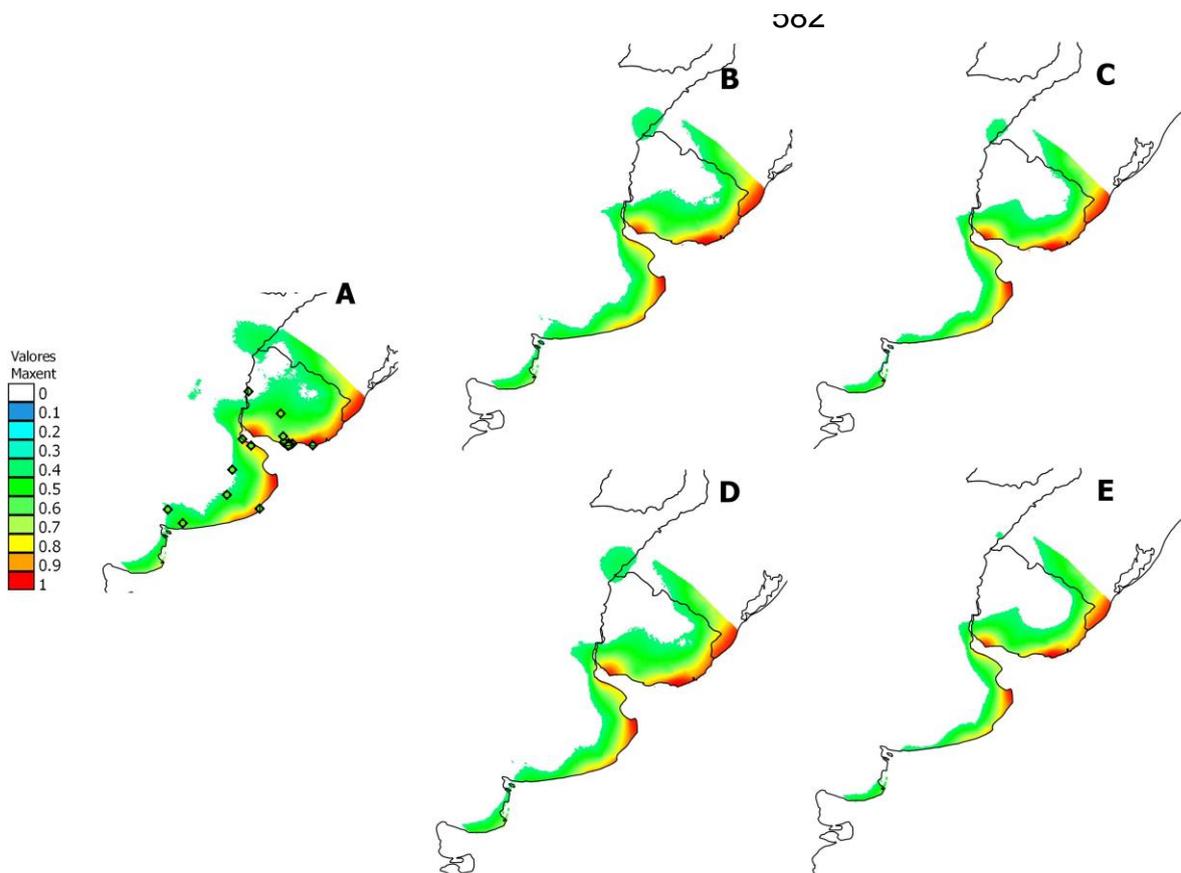


559

560 **Figura 12.** Distribuição potencial de *Ophiodes vertebralis* em diferentes cenários  
 561 paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)) e Antropoceno (C).



**Figura 13.** Sobreposição de áreas geográficas com condições climáticas adequadas para *Ophiodes vertebralis* dos cenários paleoclimáticos e atual.



583  
584  
585  
586  
587

**Figura 14.** Distribuição potencial de *Ophiodes vertebralis* para o presente (A) e para diferentes cenários do futuro dos anos de 2050 e 2070 considerando diferentes emissões de gases estufa: Ano de 2050, rcp 2.6 (B) e rcp 8.5 (C); Ano de 2070, rcp 2.6 (D) e rcp 8.5 (E).

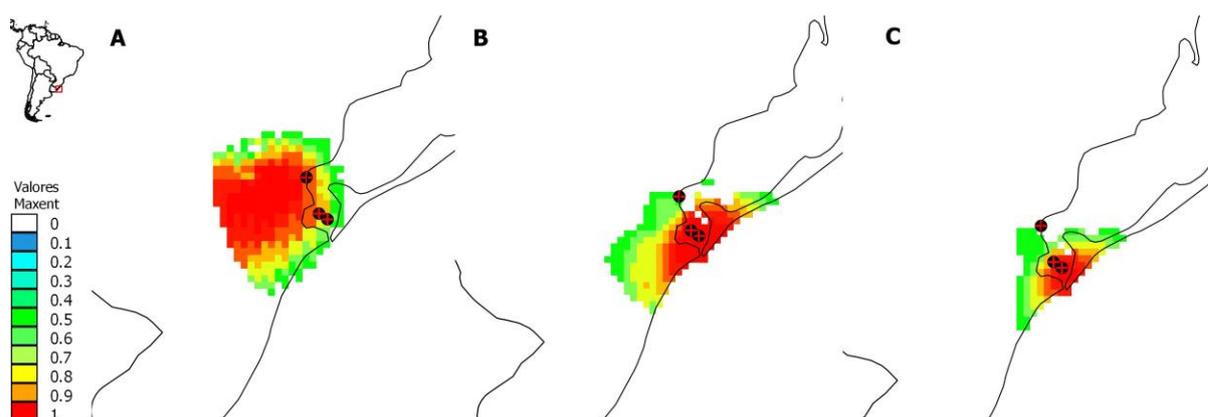
588 *Ophiodes enso* Entiauspe-Neto et al., 2017

589 Para *O. enso* foi detectada alta adequabilidade climática ( $\geq 0,75$ ) nos cenários  
590 paleoclimáticos e atual analisados no estuário da Lagoa dos Patos, no estado do Rio  
591 Grande do Sul, Brasil - de onde ela é conhecida (ENTIAUSPE-NETO et al., 2017b)  
592 (Fig. 15). Apesar de ter ocorrido uma leve redução na extensão desta área entre as  
593 épocas, a área de ocorrência dela se manteve climaticamente adequada em todos  
594 os cenários (Fig. 16).

595 Vale ressaltar que no Último Máximo Glacial, esta área foi considerada como  
596 extrapolação estrita pela análise de Paridade Orientada à Mobilidade (MOP), não  
597 apresentando similaridade climática com a área onde a espécie ocorre atualmente  
598 (APÊNDICE II). No Holoceno-Médio, apenas uma pequena área no norte da  
599 projeção apresentava clima similar, não abrangendo toda a área considerada como  
600 climaticamente adequada para *O. enso*. Passada esta época, o sul da Lagoa dos  
601 Patos, passou a apresentar condições adequadas.

602 Para o futuro, foi previsto uma redução na extensão de áreas adequadas (Fig  
603 17). Curiosamente, para *O. enso*, nenhuma área adequada foi detectada para o  
604 cenário otimista de 2070, entretanto foi detectado para os cenários pessimistas  
605 analisados. Contudo, todas essas áreas estarão em ambientes de extrapolação  
606 estrita (APÊNDICE II).

607



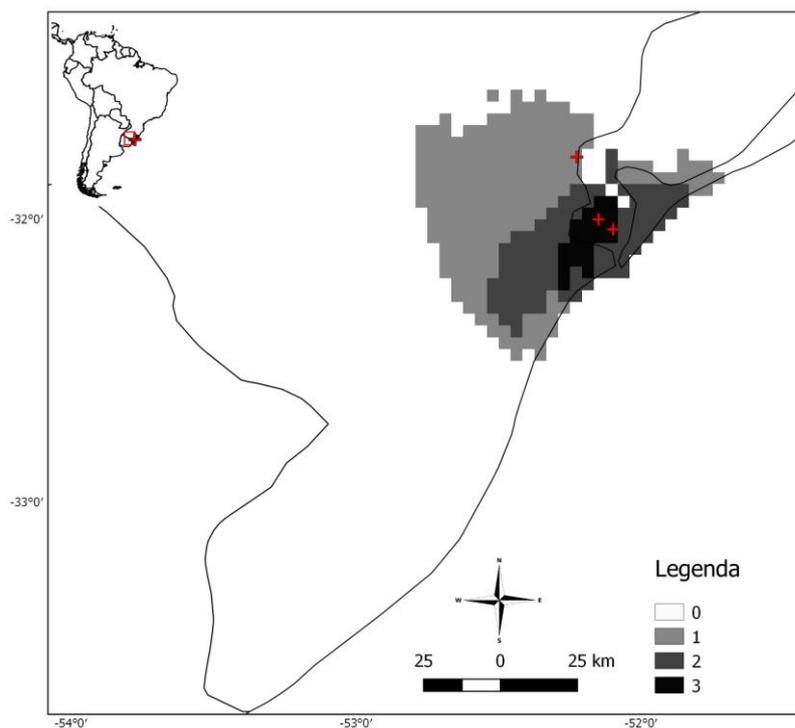
608 **Figura 15.** Distribuição potencial de *Ophiodes enso* em diferentes cenários  
609 paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)) e no Antropoceno  
610 (C).  
611

612

613

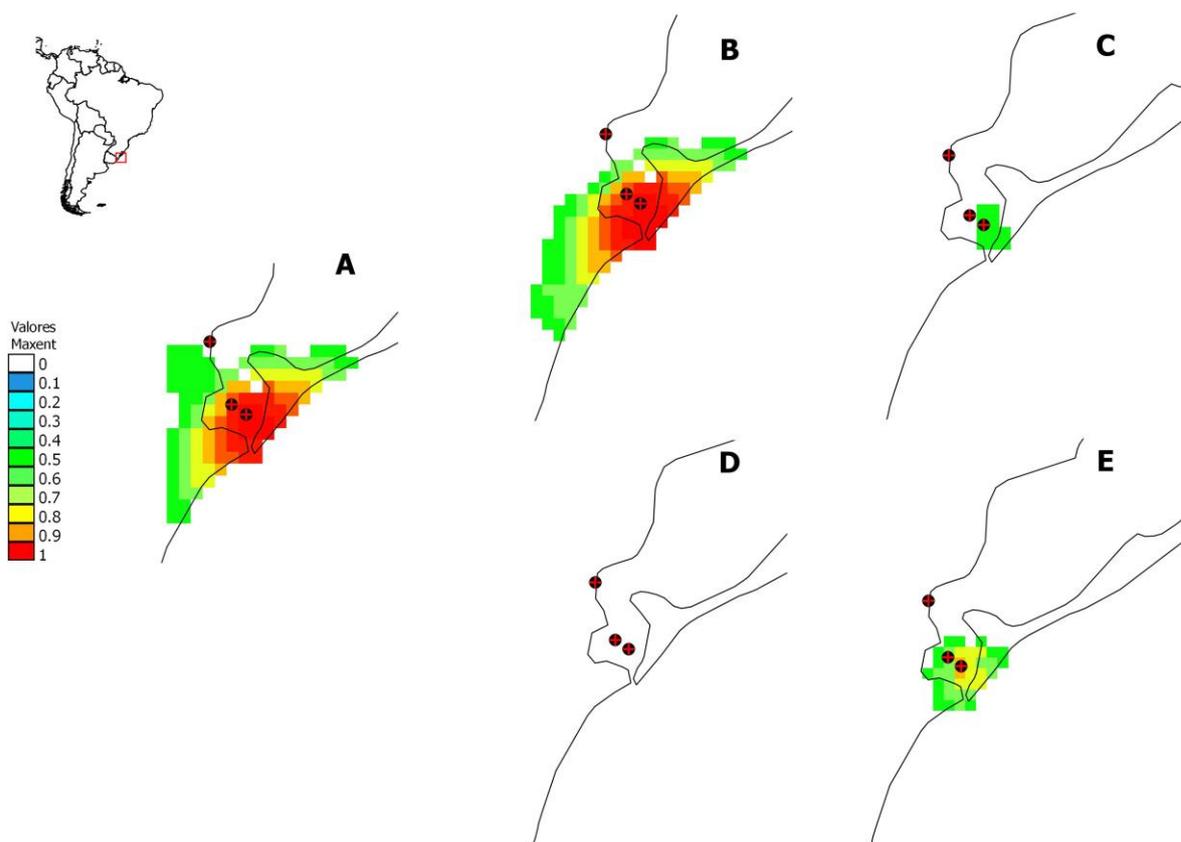
614

615



**Figura 16.** Sobreposição de áreas geográficas com condições climáticas adequadas para *Ophiodes enso* dos cenários paleoclimáticos e atual.

631



632

**Figura 17.** Distribuição potencial de *Ophiodes enso* para o presente (A) e para diferentes cenários do futuro dos anos de 2050 e 2070 considerando diferentes emissões de gases estufa: Ano de 2050, rcp 2.6 (B) e rcp 8.5 (C); Ano de 2070, rcp 2.6 (D) e rcp 8.5 (E).

#### 637 4.4 Status de conservação

##### 638 *Ophiodes fragilis* (Raddi, 1820) **LC**

639 Espécie registrada nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Pampa brasileiro. Os  
640 dois primeiros apresentam grande parte dos registros e são conhecidos como  
641 “hotspot da biodiversidade”, uma vez que apresentam alta diversidade de espécie  
642 em conjunção com alta degradação de habitat (MYERS et al., 2000). A área de  
643 ocupação é menor que 20.000 km<sup>2</sup> (Tabela 3) e os biomas que *O. fragilis* ocupa  
644 estão sofrendo com a fragmentação crescente, atendendo ao critério VU B2b(ii). No  
645 entanto, a extensão de ocorrência (EOO) estimada é de 1.985.378 km<sup>2</sup> e *O. fragilis*  
646 está amparada por Unidades de Conservação (UC) em parte de sua EOO,  
647 especialmente na região da Serra do Mar e no litoral baiano. Ainda, apesar de ter  
648 sido previsto um declínio na extensão de áreas adequadas em decorrência das  
649 mudanças climáticas para abrigar esta espécie em diferentes cenários futuros  
650 (Tabela 4), na área onde se concentra grande parte dos registros de ocorrência  
651 ainda haverá habitat climaticamente adequado para abrigá-la mesmo em um cenário  
652 mais pessimista. Assim, a categoria é rebaixada para Pouco Preocupante (LC).

653 **Tabela 3.** Status de conservação das espécies do gênero *Ophiodes* seguindo a metodologia e critérios da IUCN. EOO = Extensão  
 654 de ocorrência, AOO = Área de ocupação, LC = Pouco preocupante, CR = Criticamente em perigo, VU = Vulnerável e EM = Em  
 655 perigo.

Espécies	EOO (km <sup>2</sup> )	Categoria	AOO (km <sup>2</sup> )	Categoria	Status de conservação
<i>O. fragilis</i>	1.985.378,02	LC	744,00	VU	
<i>O. striatus</i>	838.332,62	LC	84,00	EN	DD (Colli et al., 2016); LC (Marques et al., 2009a)
<i>O. intermedius</i>	1.121.416,69	LC	152,00	EN	LC (Arzamendia et al., 2016)
<i>O. vertebralis</i>	285.096,89	LC	96,00	EN	
<i>O. enso</i>	53,48	CR	12,00	EN	CR B1b (i,ii,iii) (Entiauspe-Neto et al., 2017)

656

657 **Tabela 4.** Total de área adequada (km<sup>2</sup>) disponível para cada espécie nos diferentes cenários climáticos analisados considerando  
 658 o limiar de 10%. Em negrito são os cenários considerados como extrapolação estrita total pela análise MOP.

Espécies	LGM	Holoceno-Médio	Presente	2050		2070	
				2.6	8.5	2.6	8.5
<i>O. fragilis</i>	1.510.332	933.597	989.940	743.028	693.624	717.475	578.841
<i>O. striatus</i>	1.862.379	964.670	897.763	620.441	521.268	604.422	382.733
<i>O. intermedius</i>	2.815.294	2.653.346	3.097.716	3.066.552	3.325.966	3.120.479	3.359.561
<i>O. vertebralis</i>	304.857	3.077.13	359.493	240.863	203.522	250.700	176.740
<i>O. enso</i>	<b>6.026</b>	<b>4.097</b>	2.176	<b>2.392</b>	<b>181</b>	<b>0</b>	<b>671</b>

659

660 *Ophiodes striatus* (Spix, 1825) **VU B2b(i, ii, iii)**

661 *Ophiodes striatus* habita os biomas Mata Atlântica e Cerrado, os quais sofrem  
662 fortemente com a fragmentação do habitat (MYERS et al., 2000). Esta espécie foi  
663 classificada como LC (Pouco preocupante) no estado de São Paulo (MARQUES et  
664 al., 2009a) e como DD (Deficiente de dados) por Colli et al (2016) no Brasil. Esta  
665 última classificação foi justificada devido a complexidade taxonômica do grupo e,  
666 conseqüentemente, a falta de informações sobre a real distribuição geográfica da  
667 espécie no país. Isto em razão do fato das espécies candidatas serem relacionadas  
668 a *O. striatus* (BORGES-MARTINS, 1998). Ainda, nesta avaliação, *O. fragilis* foi  
669 considerada sinonímia de *O. striatus*. Uma vez que *O. fragilis* foi revalidado  
670 (BORGES-MARTINS, 1998) e reconhecido em estudos ulteriores (e.g.: PIZZATTO,  
671 2005; GONÇALVES et al., 2007; MARQUES et al., 2009b; FORLANI et al., 2010;  
672 ZAHER et al., 2011; CACCIALI & SCOTT, 2012; NUNES et al., 2014; CACCIALI et  
673 al., 2016; COSTA & BÉRNILS, 2018), o presente estudo considera tais espécies  
674 como válidas. Com base nos registros conhecidos para *O. striatus* senso stricto,  
675 apesar da extensão de ocorrência (EOO) estimada ser equivalente a 838.332 km<sup>2</sup>, a  
676 espécie ocupa (AOO) apenas cerca de 84 km<sup>2</sup> (Tabela 3), fazendo com que a  
677 mesma seja classificada como EN B2b(i, ii, iii). Também foi previsto um declínio  
678 quanto á extensão da área climaticamente adequada para *O. striatus* (Tabela 4), o  
679 que acarretará em uma maior redução de áreas adequadas para está espécie no  
680 futuro, afetando a EOO e a AOO. No entanto, do Paraná a São Paulo, região com  
681 maior quantidade de registros, tem-se UC's amparando esta espécie. Desta forma, o  
682 presente estudo a rebaixa a categoria de VU B2b(i, ii, iii).

683

684 *Ophiodes intermedius* Boulenger, 1893 **LC**

685 *Ophiodes intermedius*, conhecida ao redor do Chaco, é a segunda espécie do  
686 gênero com maior extensão de ocorrência (EOO) (Tabela 3), o que a fez ser  
687 categorizada como LC (Pouco Preocupante) por Arzamendia et al (2016). Nesta  
688 grande área ela ocupação apenas 152 km<sup>2</sup>, o que a enquadra na categoria 'Em  
689 Perigo' (EN). No entanto, *O. intermedius* ocupa diferentes habitats, desde ambientes  
690 florestados até áreas de savana subtropical, temperada e inundáveis. Além disso, de  
691 todas as espécies do gênero *Ophiodes*, ela é a que não sofrerá fortemente quanto à

692 redução exorbitante de áreas adequadas no futuro (Tabela 4). Assim, o presente  
693 estudo manteve-a na categoria Pouco Preocupante (LC).

694

695 *Ophiodes vertebralis* Bocourt, 1881 **EN B2 (i, ii)**

696 Espécie conhecida na região do Pampa do Uruguai até a província de Buenos  
697 Aires, na Argentina. Sua área de ocupação (AOO) conhecida é menor que 500 km<sup>2</sup>  
698 (Tabela 3) e foi prevista um declínio na extensão de áreas com clima adequado para  
699 abrigar esta espécie no futuro (Tabela 4). Como este gênero é composto por  
700 espécies de hábito semi-fossorial, o que reduz o potencial dispersivo dela, a mesma  
701 foi classificada como EN B2 (i, ii).

702

703 *Ophiodes enso* Entiauspe-Neto et al., 2017 **CR B1b (i, ii, iii)**

704 No artigo de descrição de *O. enso*, está espécie foi classificada como CR B1b  
705 (i, ii, iii) decorrente da extensão de ocorrência (EOO) ser menor que 100 km<sup>2</sup> (Tabela  
706 3), desta área estar sofrendo fortemente pela ação antrópica e da ausência de áreas  
707 protegidas nos arredores (ver ENTIAUSPE-NETO et al., 2017b). Ainda, no presente  
708 estudo foi previsto não apenas uma redução em habitat climaticamente adequado  
709 para esta espécie no futuro (Tabela 4), mas também ausência de áreas com  
710 condições similares ao encontrado na região onde ela ocorre atualmente  
711 (APÊNDICE II). Dessa maneira, nós mantivemos a classificação atual.

712

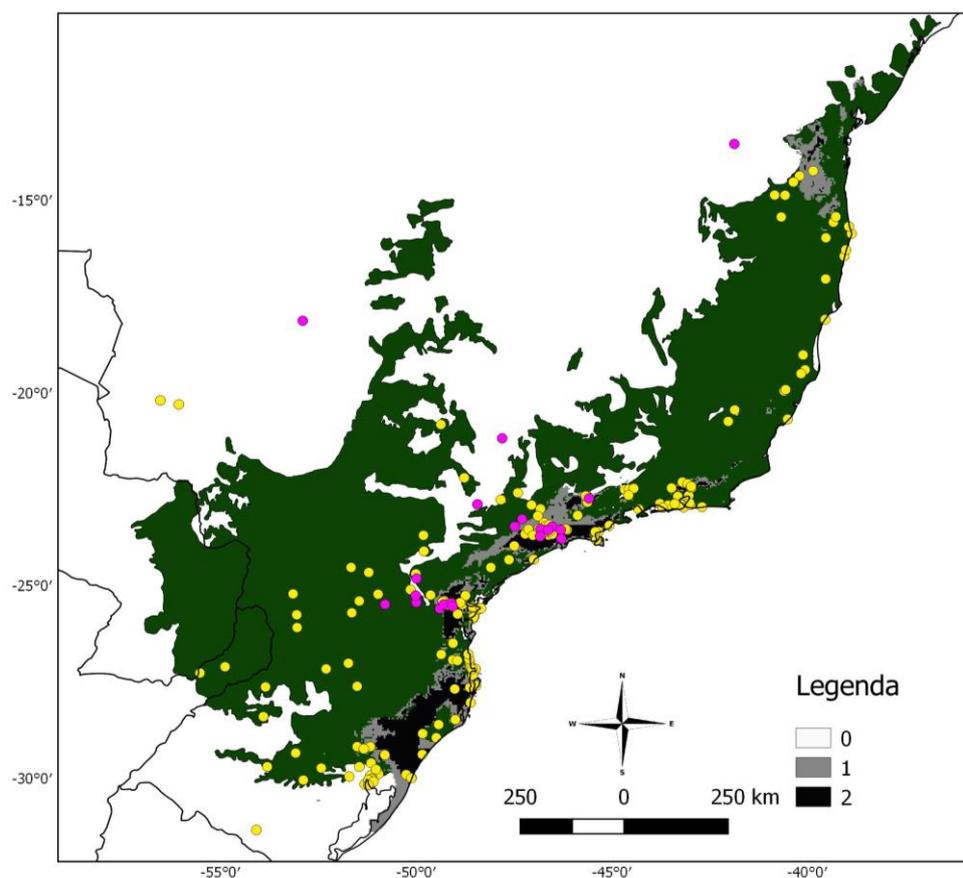
#### 713 4.5 Áreas prioritárias

714 As previsões futuras do presente estudo são baseadas apenas nas mudanças  
715 climáticas. Entretanto, a maior ameaça aos reptilianos atualmente é a fragmentação  
716 desenfreada do habitat (ICMBIO, 2018). Tanto *O. striatus* como *O. fragilis* ocorrem  
717 em biomas ameaçados: Mata Atlântica e Cerrado. Contudo, a maioria dos registros  
718 para ambas as espécies encontram-se na Mata Atlântica.

719 Aqui *O. striatus* foi avaliada como VU B2b(i, ii, iii) em consequência da área de  
720 ocupação. Enquanto, *O. fragilis* foi categorizada como Pouco Preocupante (LC), em  
721 razão da extensão de ocorrência e da presença de UC's em parte da área que  
722 ocupa. Apesar da segunda espécie não estar em uma categoria de ameaça e as  
723 previsões futuras não terem grande impacto negativo sobre sua distribuição (Fig. 6),  
724 a ação sinérgica entre mudanças climáticas e degradação do habitat pode ser uma

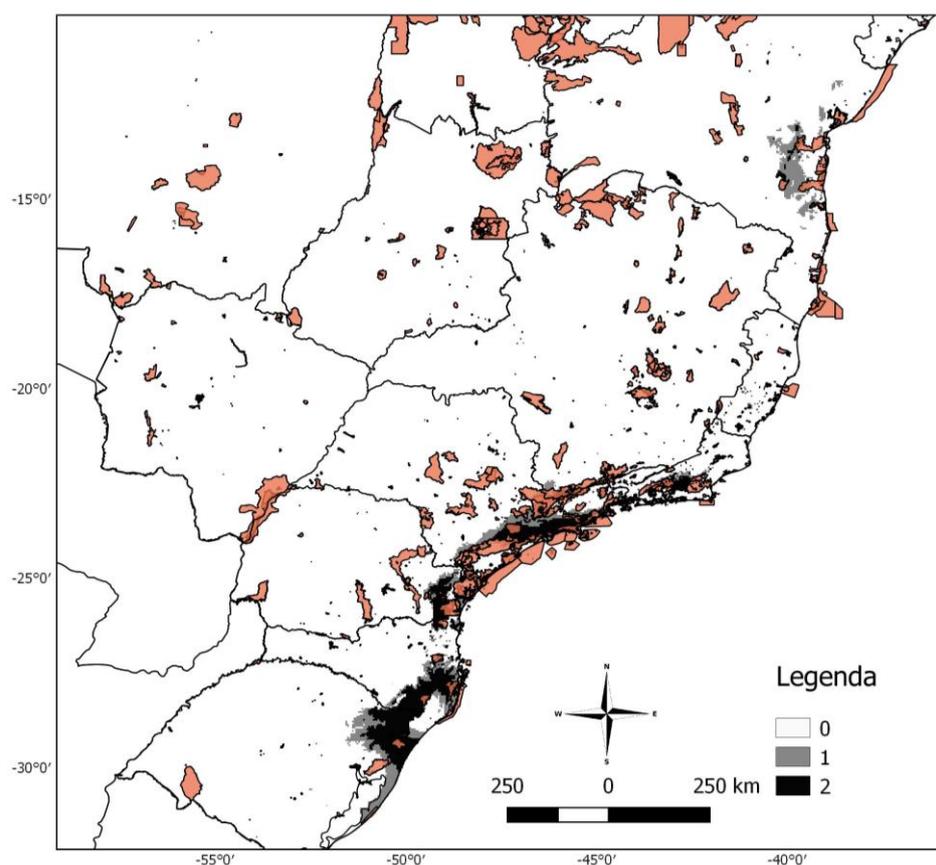
725 ameaça a esta espécie no futuro. Dessa maneira, o presente estudo a incluiu na  
 726 análise de determinação de áreas prioritárias, a fim de visar uma conservação em  
 727 longo prazo.

728 Como resultado, foi previsto que algumas regiões do Sul ao Sudeste do Brasil  
 729 irão manter-se estáveis climaticamente para abrigar ambas espécies em um cenário  
 730 pessimista de gases estufa (RCP 8.5) daqui a 30 anos (Fig. 18). As maiores regiões  
 731 encontram-se na divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina,  
 732 seguidas de São Paulo e Paraná. Ainda, foram detectadas pequenas regiões no Rio  
 733 de Janeiro e na Bahia. No Paraná e em São Paulo há registros de ambas as  
 734 espécies e nesta região elas estão cercadas por Unidades de Conservação (Fig.  
 735 19). Em contrapartida, na região mais ao sul têm-se vários registros para *O. fragilis* e  
 736 esta região é marcada por uma escassez de Unidades de Conservação. Como as  
 737 mudanças no clima podem afetar até mesmo as Unidades de Conservação já  
 738 demarcada, e esta região pode servir como potencial refúgio para *O. striatus* no  
 739 futuro (Fig. 9E). Aqui incluímos esta área como uma possível área prioritária.



740

741 **Figura 18.** Potenciais áreas prioritárias para a conservação de espécies do gênero  
 742 *Ophiodes*.



743

744 **Figura 19.** Potenciais áreas prioritárias para a conservação de espécies do gênero  
745 *Ophiodes*, considerando as Unidades de Conservações existentes.

746

## 747 5 DISCUSSÃO

748 Em 2014, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC)  
749 desenvolveu o quinto relatório sobre os impactos futuros e alternativas de mitigação  
750 ao aquecimento global antropogênico. Neste relatório foram apresentados quatro  
751 cenários considerando diferentes vias de concentrações representativas de gases-  
752 estufa. Foi previsto que em um cenário otimista (RCP 2.6), onde a taxa anual de  
753 emissão de CO<sub>2</sub> varia entre 430 a 530 GtCO<sub>2</sub> por ano, a temperatura global não irá  
754 ultrapassar 2°C, sendo estimada em aproximadamente 1,5°C (IPCC, 2014). Nos  
755 cenários intermediários, RCP 4.5 (530 – 720 GtCO<sub>2</sub>/ano) e RCP 6.0 (720 – 1000  
756 GtCO<sub>2</sub>/ano), e pessimista, RCP 8.5 (> 1000 GtCO<sub>2</sub>/ano), há grande possibilidade  
757 que exceda 2°C, podendo alcançar 2,6°C, 3,1°C e 4,8°C, respectivamente (IPCC,  
758 2014).

759 Este mesmo órgão, em seu último relatório especial (IPCC, 2018), considera  
760 que caso o aquecimento antropogênico ultrapasse 2°C, as estratégias de mitigação

761 necessárias serão mais custosas e algumas consequências podem ser irreversíveis  
762 (IPCC, 2018). No contexto ambiental, grandes consequências para a biodiversidade  
763 foram previstas devido ao aquecimento, como: perda de habitat para espécies da  
764 fauna e flora, transformações e perda de ecossistemas, alteração nos serviços  
765 ecossistêmicos e na biologia das espécies, bem como aumento do risco de extinção  
766 (IPCC, 2014, 2018). Tais impactos serão observados mesmo que o aquecimento  
767 seja limitado a 1,5°C (RCP 2.6) (IPCC, 2014, 2018). Thomas et al (2004) estimou  
768 que, mesmo com a possibilidade de dispersão, o risco de extinção será cerca de 9 a  
769 13% em um cenário onde a temperatura global varia de 0,8 – 1,7°C. Enquanto, sem  
770 dispersão estes valores podem aumentar de 22 a 31% (THOMAS et al., 2004).

771 *Ophiodes enso*, espécie do gênero com distribuição bastante restrita e  
772 classificada atualmente como criticamente em perigo (CR) (ENTIAUSPE-NETO et  
773 al., 2017b), pode vir a ser incluída nesta estatística futuramente. Nenhuma região  
774 com condição similar ao encontrado em sua área de ocupação (AOO) atual foi  
775 detectada para o futuro. Somado a isto, esta espécie é registrada em uma área de  
776 baixa latitude na zona costeira, tornando-a suscetível as inundações decorrentes da  
777 elevação do nível do mar. Foi estimada que a elevação do nível do mar irá perdurar  
778 após o final deste século, em uma faixa de 0,26 a 0,77 m, mesmo se o aquecimento  
779 for limitado a 1,5°C (IPCC, 2018). Sendo assim, para sobrevivência desta espécie, a  
780 mesma teria que se adaptar a condições extremas em menos de três décadas ou se  
781 dispersar para regiões com clima adequado e baixos riscos associados ao  
782 aquecimento, o que é dificultado pela baixa capacidade dispersiva do grupo em  
783 estudo decorrente do hábito semi-fossorial.

784 A elevação do nível do mar também pode afetar outras espécies do gênero, tal  
785 como *Ophiodes vertebralis* e *Ophiodes fragilis*. A primeira é encontrada em áreas  
786 baixas no Uruguai e na Argentina e as áreas com condições climáticas adequadas  
787 para o futuro encontram-se apenas na região costeira destas mesmas localidades.  
788 Enquanto que a segunda, apesar de pouco preocupante (LC) devido a grande  
789 extensão de ocorrência (EOO), tem a maioria dos seus registros concentrados na  
790 região litorânea.

791 *Ophiodes fragilis* também foi associada às áreas que se mantiveram estáveis  
792 climaticamente durante as flutuações climáticas do Quaternário. Desta maneira,  
793 possivelmente, ela também pode vir a ser afetada por mudanças abruptas no clima.

794 Ainda, o fato de esta espécie estar registrada em *hotspots* da biodiversidade,  
795 aumenta os riscos expostos. Uma vez que a mesma está associada a áreas  
796 consideradas como sistemas únicos, cujo é um dos motivos de preocupação (RFC)  
797 pontuados pelo IPCC (RCF 1 - Sistemas únicos e associados) (IPCC, 2018). Assim,  
798 mesmo se o aquecimento se limitar a 1,5°C, implicará em impactos e riscos severos  
799 para tal ecossistemas, bem como para a biota associada (IPCC, 2018). O mesmo se  
800 enquadra para *O. striatus*, espécie com registros apenas nos biomas Cerrado e  
801 Mata Atlântica, ambos considerados *hotspot* da biodiversidade (MYERS et al.,  
802 2000).

803 As projeções citadas consideram como as concentrações de gases-estufa  
804 decorrente do aquecimento antropogênico vão influenciar na temperatura e na  
805 precipitação global da terra. Assim sendo, considerando apenas o aquecimento  
806 antropogênico, mesmo que a projeção para algumas espécies não tenha sido  
807 alarmante para o futuro, o gênero *Ophiodes* pode torna-se ameaçado ou mesmo  
808 uma espécie avaliada como LC (e.g. *O. fragilis*) pode vir a ser incluída em alguma  
809 categoria de ameaça em poucas décadas decorrente das ameaças associadas ao  
810 aquecimento global.

811 Se não considerar a baixa capacidade dispersiva do grupo, a colonização de  
812 novas áreas com condições ambientais adequadas para abrigar cada espécie seria  
813 uma forma de reduzir os impactos do aquecimento à abundância das mesmas. No  
814 entanto, as mudanças climáticas não são as únicas ameaças à biodiversidade atual.  
815 Estressores como degradação do habitat, poluição, sobre-exploração, doenças,  
816 espécies exóticas e expansão humana já estão sendo responsabilizados pelo  
817 aumento da perda de espécies (BARNOSKY et al., 2011), inclusive de répteis  
818 (GIBBON et al., 2000) Dentre eles, a perda de habitat, decorrente de atividades  
819 agropecuárias, tem sido considerada como principal agente de ameaça para este  
820 grupo (ICMBIO, 2018). Este estressor pode ser um empecilho à colonização de  
821 novas áreas para diferentes espécies, especialmente as associadas a determinadas  
822 vegetações. Isso porque, a fragmentação do habitat esta acelerada e as espécies de  
823 plantas necessitariam se dispersar 1000 m por ano para acompanharem o  
824 aquecimento antropogênico, valor este superior ao que ocorriam em períodos em  
825 que as mudanças climáticas ocorriam naturalmente (PEARSON, 2006).

826 Se não houver planejamento sustentável no uso da terra, é possível que assim  
827 permaneça até o final do século; colocando mais espécies em risco nos diferentes  
828 ecossistemas, incluindo os que abrigam algum representante do gênero *Ophiodes*:  
829 florestas tropicais úmida (*O. fragilis* e *O. striatus*), savanas (*O. fragilis*, *O. striatus* e  
830 *O. intermedius*) e pradarias (*O. enso* e *O. vertebralis*) (SALA et al., 2000). Além das  
831 mudanças climáticas e do uso da terra, Sala et al (2000) também observou que  
832 outros estressores como: deposição de nitrogênio e alterações bióticas também  
833 afetarão os dois últimos biomas citados.

834 Ainda, é possível que no futuro, a vegetação de biomas como o Cerrado  
835 sobreviverá apenas em áreas onde estão delimitadas as reservas atuais (THOMAS  
836 et al., 2004). Este cenário pode ser a realidade de muitos outros biomas e, desta  
837 maneira, as áreas prioritárias são de extrema importância para a conservação da  
838 biodiversidade. Aqui identificamos uma região no sul do Brasil, cujo clima no futuro  
839 será adequado para abrigar ao menos duas espécies válidas do gênero *Ophiodes*.  
840 Através de uma metanálise, Parmesan e Yohe (2003) e Root et al (2003)  
841 observaram que representantes da fauna e flora têm dispersado de acordo com o  
842 aquecimento global. Para a herpetofauna, essa taxa foi estimada a 17 km por ano  
843 (PARMESAN & YOHE, 2003). Apesar das espécies do gênero em estudo serem  
844 limitadas pela baixa capacidade de dispersão, a criação de novas Unidades de  
845 Conservação em áreas de latitude média pode se tornar um potencial refúgio da  
846 biota contra as mudanças severas que estão no ambiente atualmente, bem como  
847 dos impactos associados e de outros estressores, não apenas para os  
848 representantes do grupo em estudo, mas também para muitas espécies de baixa  
849 latitude e espécies nativas da região.

850

## 851 5.1 Futuro da nossa biodiversidade

852 Atualmente, são conhecidas 10.793 espécies de répteis (UETZ, 2018), dos  
853 quais 802 estão registradas no Brasil (COSTA & BÉRNILS, 2018; NOGUEIRA et al.,  
854 2019). É sabido que, de toda região neotropical, o Brasil tem a maior diversidade de  
855 espécies e, visto o número de espécies descritas a cada ano, o valor citado ainda é  
856 subestimado (RODRIGUES, 2005). É o caso do gênero *Ophiodes*, que possui três  
857 espécies candidatas para serem descritas (BORGES-MARTINS, 1998) e estas,

858 juntamente com quatro das seis espécies válidas (i.e.: *O. fragilis*, *O. striatus*, *O. enso*  
859 e *O. intermedius*), ocorrem no Brasil.

860 Em contraste com tamanha diversidade, muitas espécies estão sob algum risco  
861 ou não apresentam dados suficientes para avaliação (BÖHM et al., 2013). Na  
862 avaliação realizada pelo Instituto Chico Mendes da Conservação e Biodiversidade  
863 (2014), 80 répteis foram classificados dentro de alguma categoria de ameaça no  
864 Brasil, 14 como quase ameaçados (NT) e 64 com deficiência de dados (DD).  
865 Contudo, como observado no presente estudo, espécies que atualmente não são  
866 consideradas ameaçadas, podem vir a estar em poucas décadas. Além disso,  
867 devido ao acelerado processo de mudanças ambientais em decorrência de  
868 atividades humanas, muitas espécies podem não conseguir acompanhar tais  
869 alterações e serem extintas (BARNOSKY et al., 2012), incluindo as que ainda não  
870 conhecemos.

871 Em 2018, o Brasil foi classificado na 69ª posição do Índice de Desempenho  
872 ambiental, atingindo uma pontuação de 60,70. Esta posição intermediária é  
873 decorrente do baixo desempenho em algumas questões voltadas à saúde ambiental,  
874 mas, especialmente, em questões referentes às florestas (12,43), clima e energia  
875 (33,24) e poluição do ar (37,55), fatores estes que ameaçam a vitalidade dos  
876 ecossistemas (EPI, 2018). Determinantes como: crescimento populacional e  
877 utilização de recursos, transformação e fragmentação do habitat, produção e  
878 consumo de energia e mudanças climáticas, que estão associados aos fatores  
879 supracitados, são os principais agentes de alteração do ambiente e que causam  
880 grandes pressões a biodiversidade (BARNOSKY et al., 2012).

881 Dentro de vitalidade do ecossistema, a categoria 'Biodiversidade e habitat'  
882 apresenta a maior pontuação (88,17) (EPI, 2018). Ela é avaliada por meio de  
883 diversos indicadores (i.e.: área marinha protegida, proteção do bioma terrestre -  
884 pesos nacionais, proteção do bioma terrestre - pesos globais, índice de proteção de  
885 espécies, representatividade da área protegida e índice de habitat de espécies), os  
886 quais pode-se observar que não apresentaram uma melhora relevante na última  
887 década (EPI, 2018). Quanto à proporção de habitat disponível para as espécies,  
888 houve uma queda de 75,60 para 44,69 desde 2001 (EPI, 2018). Ainda, o quesito  
889 'Florestas' (12,43), avaliado apenas pela perda de cobertura de árvore, foi a  
890 categoria com menor pontuação (EPI, 2018). Isso pode ser reflexo do aumento nas

891 taxas de desmatamento e na falta de ações governamentais que visem à proteção  
892 de ecossistemas e conservação das espécies.

893 Segundo o sistema de rastreamento de florestas desenvolvido pelo Instituto de  
894 Recursos Mundiais (<http://www.wri.org/>), de um total de 855 Mha o Brasil perdeu  
895 53,8 Mha de cobertura vegetal de 2001 a 2018. Dos biomas encontrados em  
896 território brasileiro, a Mata Atlântica e o Cerrado são os biomas mais ameaçados e  
897 apresentam apenas cerca de 12,4% (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2020) e  
898 44,53% (KLINK & MACHADO, 2005) de remanescentes de vegetação nativa,  
899 respectivamente. Atividades agropecuárias (KLINK & MACHADO, 2005; TABARELLI  
900 et al., 2005) e exploração de recursos florestais (TABARELLI et al., 2005) são as  
901 principais ameaças para estes ecossistemas e para a biodiversidade que eles  
902 abrigam. Isto inclui ao menos três espécies do gênero *Ophiodes* (e.g.: *O. fragilis*, *O.*  
903 *striatus*, *O. enso* e as três espécies candidatas), cuja grande parte de suas áreas de  
904 ocupação encontram-se nesses biomas.

905 Apenas no último ano foi estimada pelo Projeto de Monitoramento de Satélites  
906 de Desmatamento da Amazônia (PRODES) uma taxa de desmatamento de 9.762  
907 km<sup>2</sup>, sendo esta a maior estimativa para a última década  
908 ([http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal\\_amazon/rates](http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates)). Essa taxa é decorrente de mineração, extração de madeira, mas,  
909 especialmente, em razão dos incêndios florestais que ocorreram no último ano e que  
910 são responsáveis pela perda de mais de 8.000 km<sup>2</sup> da área  
911 (<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/alerts/legal/amazon/daily/>). No entanto,  
912 tais incêndios são recorrentes desde 2016  
913 (<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/alerts/legal/amazon/daily/>).

915 Dentro de 'clima e energia', o qual individualmente coloca o Brasil em uma  
916 posição muito baixa (157), pode-se observar uma queda na pontuação da  
917 intensidade total de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de carbono preto emitido na última  
918 década (EPI, 2018). Queima de combustíveis fósseis e os processos industriais são  
919 as principais fonte de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2014). Isso advém principalmente da queima de  
920 petróleo, cujo aumento ocorre desde 1990, seguido de gás natural e carvão em  
921 setores de energia (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2020), mas também dos  
922 incêndios florestais, os quais foram responsáveis pela emissão de 18,3 Gt de dióxido  
923 de carbono (CO<sub>2</sub>) (<http://www.wri.org/>), e vai contra as medidas para limitar o

924 aquecimento a 1,5°C e evitar consequências ambientais e socioeconômicas  
925 irreversíveis (IPCC, 2018). Ainda o desmatamento causa uma perda no potencial de  
926 sequestro de carbono. A floresta Amazônica, considerada a maior floresta tropical, é  
927 capaz de estocar cerca de 421 - 470 Tg de carbono ao ano, sendo 1Mg de carbono  
928 por hectare ao ano ( $1\text{Mg C ha}^{-1}$ ) em áreas de floresta primária e apenas 0,27 em  
929 áreas de pastagens conservadas (CERRI et al., 2006). A perda de áreas nesta  
930 região para dar espaço à agricultura pode acarretar na emissão de cerca de 100 -  
931 200 desse carbono para a atmosfera (DIAS-FILHO et al., 2001).

932 Emissões de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e óxido de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), que são indicadores de  
933 poluição do ar, também apresentaram uma queda na pontuação nas últimas  
934 décadas (EPI, 2018). O  $\text{NO}_x$ , especialmente, caiu de 33,55 para 22,60 (EPI, 2018).  
935 Este gás-estufa é liberado, principalmente, em atividades relacionadas à queima da  
936 biomassa e ao uso de fertilizantes nos solos (JAEGLE et al., 2005). Fertilizantes  
937 nitrogenados vêm sendo amplamente utilizado ao longo dos tempos em áreas  
938 agrícolas (TILMAN et al., 2001) e é de conhecimento científico que eles causam  
939 alteração no desenvolvimento de embriões de répteis (MARCO et al., 2004) e estão  
940 associados ao declínio de algumas populações de anfíbios (HAMER et al., 2004).

941 Tais estressores ambientais, que causam impactos na saúde e vitalidade do  
942 ecossistema, requerem medidas governamentais efetivas. Somente no último ano  
943 ocorreram incêndios na floresta Amazônica, derramamento de petróleo cru no litoral  
944 nordestino, rompimento de barragem de minério, causando impactos ambientais, em  
945 ecossistemas costeiros e terrestres, e socioeconômicos. No entanto, no meio destes  
946 desastres ambientais, ações governamentais vão contra a saúde ambiental e a  
947 preservação e conservação das espécies.

948 O Decreto nº 9.741, de 29 de março de 2019  
949 ([http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/D9741.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9741.htm))  
950 dispõe sobre a programação orçamentária e financeira para os diversos ministérios  
951 durante o ano de 2019. Nele foi deliberada a redução de verba em diversas áreas,  
952 incluindo meio ambiente e educação comparado ao anterior (Decreto nº 9.711, de 15  
953 de fevereiro de 2019). Como resultado, diversas ações relacionadas a órgãos de  
954 fiscalização ambiental (IBAMA e ICMBIO), os quais combatem atividades ilegais que  
955 ameaçam o meio ambiente, bem como ações que tem como objetivos criar  
956 estratégias e planejamento para preservação ambiental, combater desastres como

957 incêndios, definir ações para reduzir as mudanças climáticas e seus impactos, entre  
958 outros, tiveram seus recursos reduzidos  
959 ([https://www1.siop.planejamento.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=IAS%2](https://www1.siop.planejamento.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=IAS%2FExecucao_Orcamentaria.qvw&host=QVS%40pqlk04&anonymous=true)  
960 [FExecucao\\_Orcamentaria.qvw&host=QVS%40pqlk04&anonymous=true](https://www1.siop.planejamento.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=IAS%2FExecucao_Orcamentaria.qvw&host=QVS%40pqlk04&anonymous=true)).

961 Na educação, dentre tantas ações que necessitam deste orçamento, a redução  
962 afeta orçamentos para pesquisa, incluindo as que ajudam a definir estratégias de  
963 conservação para biodiversidade nacional  
964 ([https://www1.siop.planejamento.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=IAS%2](https://www1.siop.planejamento.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=IAS%2FExecucao_Orcamentaria.qvw&host=QVS%40pqlk04&anonymous=true)  
965 [FExecucao\\_Orcamentaria.qvw&host=QVS%40pqlk04&anonymous=true](https://www1.siop.planejamento.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=IAS%2FExecucao_Orcamentaria.qvw&host=QVS%40pqlk04&anonymous=true)).

966 Também foi liberado um total de 474 agrotóxicos e afins apenas durante o ano  
967 de 2019 ([http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas)  
968 [agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas)). Este valor é o maior desde 2005. Tais  
969 produtos contribuem com a poluição química, visto que podem chegar aos lençóis  
970 freáticos e, posteriormente, a ambientes aquáticos, afetando a biodiversidade nela  
971 presente (e.g. GIBBON et al., 2000; HAMER et al., 2004; MARCO et al., 2004), bem  
972 como a saúde humana.

973 Em suma, as políticas públicas atuais vão contra o desenvolvimento  
974 sustentável sem medidas eficazes para combater o desmatamento, a poluição ou  
975 limitar o aquecimento a 1,5°C. Fazem-se necessárias ações, tais como melhoria na  
976 gestão das Unidades de Conservações já delimitadas, reflorestamento, delimitação  
977 de mais áreas para conservação, a fim de reduzir o desmatamento. Mudanças nos  
978 setores de energia que visem a implementação de energias renováveis e redução  
979 nas emissões de gases-estufa, a fim de limitar o aquecimento a 1,5°C e melhorar a  
980 qualidade do ar em algumas regiões. Tais atitudes são algumas das quais podem  
981 evitar reduzir as altas taxas de perda da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos  
982 em longo prazo.

## REFERÊNCIAS

- 983
- 984 ADAMS, J. M.; FAURE, H.; FAURE-DENARD, L.; McGLADE, J. M.; WOODWARD,  
985 F. I. Increases in terrestrial carbon storage from the Last Glacial Maximum to the  
986 presente. **Nature**, v. 348, p. 711-714, 1990.
- 987 AHMADZADEH, F.; FLECK, M.; CARRETERO, M. A.; BÖHME, W.; IHLOW, F.;  
988 KAPLI, P.; MIRALDO, A.; RÖDDER, D. Separate histories in both sides of the  
989 Mediterranean: Phylogeny and niche evolution of ocellated lizards. **Journal of**  
990 **Biogeography**, v. 43, n. 6, p. 1–12, 2016.
- 991 AIELLO-LAMMENS, M.; BORJA, R. A.; RADOSAVLJEVIC, A.; VILELA, B.;  
992 ANDERSON, R. P. spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence  
993 records for use in ecological niche models. **Ecography**, v. 38, p. 1-5, 2015.
- 994 ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.;  
995 SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische**  
996 **Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- 997 ANCIÃES, M.; PETERSON, T. Climate change effects on neotropical manakin  
998 diversity based on ecological niche modeling. **The Condor**, v. 108, p. 778-791, 2006.
- 999 ARZAMENDIA, V.; FITZGERALD, L.; GIRAUDO, A.; KACOLIRIS, F.; MONTERO, R.;  
1000 PELEGRIN, N.; SCROCCHI, G. & WILLIAMS, J. 2016. *Ophiodes intermedius*. *The*  
1001 *IUCN Red List of Threatened Species* 2016. Disponível em: <  
1002 <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T56039279A56039282.en>>. Acesso  
1003 em: 08 de Setembro de 2019.
- 1004 BARNOSKY, A.D.; MATZKE, N.; TOMIYA, S.; WOGAN, G. O. U.; SWARTZ, B.;  
1005 QUENTAL, T. B.; MARSHALL, C.; McGUIRE, J. L.; LINDSEY, E. L.; MAGUIRE, K.  
1006 C.; MERSEY, B.; FERRER, E. A. Has the Earth's sixth mass extinction already  
1007 arrived? **Nature**, v. 471, p. 51-57, 2011.
- 1008 BARNOSKY, A. D.; HADLY, E. A.; BASCOMPTE, J.; BERLOW, E. L.; BROWN, J.  
1009 H.; FORTELIUS, M.; GETZ, W. M.; HARTE, J.; HASTINGS, A.; MARQUET, P. A.;  
1010 MARTINEZ, N. D.; MOOERS, A.; ROOPNARINE, P.; VERMEIJ, G.; WILLIAMS, J.  
1011 W.; GILLESPIE, R.; KITZES, J.; MARSHALL, C.; MATZKE, N.; MINDELL, D. P.;  
1012 REVILLA, E.; SMITH, A. B. Approaching a state shift in Earth's biosphere. **Nature**, v.  
1013 486, p. 52-58, 2012.
- 1014 BARRIOS, D.; MANCINA, C.A. *Dendrocereus nudiflorus* (Cactaceae): pasado,  
1015 presente y futuro de un anacronismo en peligro de extinción según modelos de nicho  
1016 climático. **Revista Del Jardín Botánico Nacional**, v. 38, p. 119-132, 2017.
- 1017 BÖHM, M.; COLLEN, B.; BAILLIER, J.E.M. et al. The conservation status of the  
1018 world's reptiles. *Biological Conservation*, 157, 372-385, 2013.
- 1019 BORGES-MARTINS, M. Revisão Taxônomica e Sistemática Filogenética do Gênero  
1020 *Ophiodes* Wagler, 1828 (Sauria, Anguinae, Diploglossinae). [s.l.] Pontifícia  
1021 Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 1998.
- 1022 BORJA, R. A.; OLSON, L. E.; GOODMAN, S. M.; ANDERSON, R. P. Spatial filtering  
1023 to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models.

- 1024 **Ecological Modeling**, v. 275, p. 73-77, 2014.
- 1025 CACCIALI, P. SCOTT, N. J. Revisión del género *Ophiodes* de Paraguay (Squamata:  
1026 Anguidae). **Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay**. v. 21, n. 1/2, p. 1-8,  
1027 2012.
- 1028 CACCIALI, P.; SCOTT, N. J. Key to the *Ophiodes* (Squamata: Sauria:  
1029 Diploglossidae) of Paraguay with the description of a new species. **Zootaxa**, v. 3980,  
1030 n. 1, p. 42–50, 2015.
- 1031 CACCIALI, P.; SCOTT, N. J; ORTIZ, A. L. A.; FITZGERALD, L. A.; SMITH, P. The  
1032 reptiles of Paraguay: Literature, distribution and an annotated taxonomic checklist.  
1033 **Museum of Southwestern Biology**. n. 11, p. 1-373, 2016.
- 1034 CARNAVAL, A. C.; MORITZ, C. Historical climate modelling predicts patterns of  
1035 current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Biogeography**, v. 35,  
1036 p. 1187-1201, 2008.
- 1037 CARNAVAL, A. C.; WALTARI, E.; RODRIGUES, M. T.; ROSAUER, D.;  
1038 VANDERWAL, J.; DAMASCENO, R.; PRATES, I.; STRANGAS, M.; SPANOS, Z.;  
1039 RIVERA, D.; PIE, M. R.; FIRKOWSKI, C. R.; BOMSCHEIN, M. R.; RIBEIRO, L. F.;  
1040 MORITZ, C. Prediction of phylogeographic endemismo in na environmentally  
1041 complex biome. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**,v. 281,  
1042 2014.
- 1043 CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B. & RONDÓN, M.A.  
1044 Potential of soil carbon sequestration in the Amazonian Tropical Rainforest. In: LAL,  
1045 R.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J. & CERRI, C.E.P. Carbon  
1046 sequestration in soils of Latin America. New York, Haworth, p.245-266, 2006.
- 1047 CLARK, P. U.; DYKE, A. S.; SHAKUN, J. D.; CARLSON, A. E.; CLARK, J.;  
1048 WOHLFARTH, B.; MITROVICA, J. X.; HOSTETLER, S. W.; McCABE, A. M. The last  
1049 Glacial Maximum. **Nature**, v. 325, p. 710-714, 2009.
- 1050 COBOS, M. E.; PETERSON, A. T.; BARVE, N.; OSORIO-OLVERA, L. kuenm: an R  
1051 package for detailed development of ecological niche models using Maxent. **PeerJ**,  
1052 p. 1-15, 2019.
- 1053 COLLI, G.R. As origens e a diversificação da herpetofauna do Cerrado. In: Scariot,  
1054 A., Sousa-Silva, J.C., Felfili, J.M. (Eds.), Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e  
1055 Conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Distrito Federal, p. 249–264,  
1056 2005.
- 1057 COLLI, G. R.; FENKER, J. A.; TEDESCHI, L. G.; BATAUS, Y. S. L; UHLIG, V. M.;  
1058 LIMA, A. S.; ROCHA, C. F. D.; NOGUEIRA, C. C.; WERNECK, F. P.; MOURA, G. J.  
1059 B.; WINCK, G. R.; KIEFER, M. C.; FREITAS, M. A.; RIBEIRO JÚNIOR, M. A.;  
1060 HOOGMOED, M. S.; TINOCO, M. S.; VALADÃO, R. M.; VIEIRA, R. C.; MACIEL, R.  
1061 P.; FARIA, R. G.; RECODER, R.; ÁVILA, R. W.; SILVA, S. T.; RIBEIRO, S L. B &  
1062 AVILA-PIRES, T. C. S. 2016. Avaliação do Risco de Extinção de *Ophiodes striatus*  
1063 (Spix, 1824), no Brasil. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna  
1064 brasileira. ICMBio. Disponível  
1065 em:<[http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/carga-estado-de-](http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/carga-estado-de-conservacao/8773-repteis-ophiodes-striatus)  
1066 [conservacao/8773-repteis-ophiodes-striatus](http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/carga-estado-de-conservacao/8773-repteis-ophiodes-striatus)>. Acesso em 23 Dezembro de 2019.

- 1067 COSTA, H. C & BÉRNILS, R. S. Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas:  
1068 Lista de espécies. **Herpetologia Brasileira**, v. 8, n. 1, p. 11-57, 2018.
- 1069 COSTA, G. C.; HAMPE, A.; LEDRU, M.; MARTINEZ, P. A.; MAZZOCHINI, G. G.;  
1070 SHEPARD, D. B.; WENECK, F. P.; MORITZ, C.; CARNAVAL, A. C. Biome stability in  
1071 South America over the last 30 kyr: Inferences from long-term vegetation dynamics  
1072 and habitat modelling. **Global Ecology and Biogeography**, p. 1-13, 2017.
- 1073 DIAS-FILHO, M.B.; DAVIDSON, E.A. & CARVALHO, C.J.R. Linking biogeochemical  
1074 cycles to cattle pasture management and sustainability in the Amazon Basin. In:  
1075 MCCLAIN, M.E.; VICTORIA, R.L. & RICHEY, J.E., eds. The biogeochemistry of the  
1076 Amazon Basin. New York, Oxford University Press, p.84-105, 2001.
- 1077 ELITH, J.; GRAHAM, C. H.; ANDERSON, R. P. et al. Novel methods improve  
1078 prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**, v. 29, p. 129–  
1079 151, 2006.
- 1080 ENTIAUSPE-NETO, O. M.; QUINTELA, F. M.; REGNET, R. A.; TEIXEIRA, V. H.;  
1081 SILVEIRA, F.; LOEBMANN, D. A New and Microendemic Species of *Ophiodes*  
1082 Wagler, 1828 (Sauria: Diploglossinae) from the Lagoa dos Patos Estuary, Southern  
1083 Brazil. **Journal of Herpetology**, v. 51, n. 4, p. 515–522, 2017b.
- 1084 ENTIAUSPE-NETO, O. M.; RENNER, M. F.; MARIO-DA-ROSA, C.; ABEGG, A. D.;  
1085 LOEBMANN, D.; LEMA, T. Redescription, geographic distribution and ecological  
1086 niche modeling of *Elapomorphus wuchereri* (Serpentes: Dipsadidae).  
1087 **Phyllomedusa**, v. 16, n. 2, p. 225-242, 2017a.
- 1088 ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDEX. Relatório EPI 2018. Disponível  
1089 em:<<https://epi.envirocenter.yale.edu/>>. Acesso em 13 de janeiro de 2020.
- 1090 EVANS, M. E. K.; SMITH, S. A.; FLYNN, R. S.; DONOGHE, M. J. Climate, Niche  
1091 Evolution, and Diversification of the “Bird-Cage” Evening Primroses (*Oenothera*,  
1092 Sections *Anogra* and *Kleinia*). **The American Naturalist**, v. 173, n. 2, p. 225-240,  
1093 2009.
- 1094 FORLANI, M. C.; BERNARDO, P. H.; HADDAD, C. F. B.; ZAHER, H. Herpetofauna  
1095 do Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**. v. 10, n. 3,  
1096 p. 265-309, 2010.
- 1097 FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. MATA ATLÂNTICA. Disponível em  
1098 :<<https://www.sosma.org.br/>>. Acesso em 13 de janeiro de 2020.
- 1099 GIANNINI, T. C.; COSTA, A. L. A.; SILVA, C. I.; OLIVEIRA, P. E. A. M.;  
1100 IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. Identifying the areas to preserve  
1101 passion fruit pollination service in Brazilian Tropical Savannas under climate change.  
1102 **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 171, p. 39–46, 2013.
- 1103 GIBBON, J. W.; SCOTT, D. E.; RYAN, T. J.; BUHLMANN, K. A.; TUBERVILLE, T.  
1104 D.; METTS, B. S.; GREENE, J. L.; MILLS, T.; LEIDEN, Y.; POPPY, S.; WINNE, C. T.  
1105 The Global Decline of Reptiles, Déjà Vu Amphibians. **BioScience**, v. 50, n. 8, p. 653-  
1106 666, 2000.

- 1107 GILLUNG, J. P. Biogeografia: a história da vida na Terra. **Revista da Biologia**,  
1108 Volume Especial Biogeografia, p. 1-5, 2011.
- 1109 GIOVANELLI, J. G. R.; ARAUJO, C. O.; HADDAD, C. F. B.; ALEXANDRINO, J.  
1110 Modelagem do nicho ecológico de *Phyllomedusa ayeaye* (Anura: Hylidae): previsão  
1111 de novas áreas de ocorrência para uma espécie rara. **Neotropical Biology and**  
1112 **Conservation**, v. 3, n. 2, p. 59-65, 2008.
- 1113 GONÇALVES, M. A. P. L.; AGUIAR, F. V. O.; CAMARGO, J. V. C.; FILHO, J. D. B.;  
1114 SILVA, S. P. C. 2007. Levantamento preliminar da fauna de répteis do Parque  
1115 Nacional da Serra dos Órgãos. In: CRONEMBERGER, C.; CASTRO, E. B. V.  
1116 Ciência e Conservação na Serra dos Orgãos. Teresópolis: Parque Nacional da Serra  
1117 dos Órgãos. Disponível em:  
1118 <[http://www.icmbio.gov.br/parnaserradosorgaos/pesquisa-cientifica/19-](http://www.icmbio.gov.br/parnaserradosorgaos/pesquisa-cientifica/19-uncategorised/139-ciencia-e-conservacao-na-serra-dos-orgaos.html)  
1119 [uncategorised/139-ciencia-e-conservacao-na-serra-dos-orgaos.html](http://www.icmbio.gov.br/parnaserradosorgaos/pesquisa-cientifica/19-uncategorised/139-ciencia-e-conservacao-na-serra-dos-orgaos.html)>. Acesso em 23  
1120 dez 2019.
- 1121 GRAHAM, C. H.; RON, S. R.; SANTOS, J. C.; SCHNEIDER, C. J.; MORITZ, C.  
1122 Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation  
1123 mechanisms in dendrobatid frogs. **Evolution**, v. 58, n. 6, p. 1781-1793, 2004.
- 1124 GRENYER, R.; ORNE, C. D. L.; JACKSON, S. F.; THOMAS, G. H.; DAVIES, R. G.;  
1125 DAVIES, T. J.; JONES, K. E.; OLSON, V. A.; RIDGELY, R. S.; RASMUSSEN, P. C.;  
1126 DING, T.; BENNETT, P. M.; BLACK, T. M.; GASTON, K. L.; GITTLEMAN, J. L.;  
1127 OWENS, I. P. F. Global distribution and conservation of rare and threatened  
1128 vertebrates. **Nature**, v. 444, p. 93-96, 2006.
- 1129 GUTIERREZ, E. E.; HEMING, N. M.; PENIIDO, G.; DALPONTE, J. C.; LACERDA, A.  
1130 C. R.; MORATELLI, R.; BUBADUE, J. M.; SILVA, L. H.; WOLF, M. M.; MARINHO-  
1131 FILHO, J. Climate change and its potential impact on the conservation of the Hoary  
1132 Fox, *Lycalopex vetulus* (Mammalia: Canidae). **Mammalian Biology**, 2019.
- 1133 HAFFER, J. Speciation in Amazonian Forest Birds. **Science**, v. 165, p. 131-137,  
1134 1969.
- 1135 HAMER, A. J.; MAKINGS, J. A.; LANE, S. J.; MAHONY, M. J. Amphibian decline and  
1136 fertilizers used on agricultural land in south-eastern Australia. **Agriculture,**  
1137 **Ecosystems and Environment**, 102: 299-305, 2004.
- 1138 HE, K.; GUTIERREZ, E. E.; HEMING, N. M.; KOEPFLI, K.; WAN, T.; HE, S.; JIN, W.;  
1139 LIU, S.; JIANG, X. Cryptic phylogeographic history sheds light on the generation of  
1140 species diversity in sky-island mountains. **Journal of Biogeography**, p.1-10, 2019
- 1141 HEMING, N.M.; DAMBROS, C.; GUTIÉRREZ, E. E. ENMwizard: AIC model  
1142 averaging and other advanced techniques in Ecological Niche Modeling made easy.  
1143 in prep, 2018. <https://github.com/HemingNM/ENMwizard>.
- 1144 HIJMANS, R. J. CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very  
1145 high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International**  
1146 **Journal of Climatology**, v. 25, p. 1965–1978, 2005.
- 1147 HIJMANS, R. J. et al. Package “ raster ” - Geographic Data Analysis and Modeling. p.  
1148 250, 2019.

- 1149 HIJMANS, R. J. PHILLIPS, S. LEATHWICK, J.; ELITH, J. Package “dismo”: Species  
1150 Distribution Modeling. p. 55, 2017.
- 1151 ICMBio. 2014. Espécies Ameaçadas – Lista 2014. Disponível em:<  
1152 <http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/lista-de-especies>>. Acesso em: 10 de  
1153 janeiro de 2020.
- 1154 ICMBio. 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília:  
1155 ICMBio. 4162 p.
- 1156 IEA. Data and statistics. Disponível em :<[https://www.iea.org/data-and-](https://www.iea.org/data-and-statistics?country=BRAZIL&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2%20emissions%20by%20energy%20source)  
1157 [statistics?country=BRAZIL&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2%20emissions%](https://www.iea.org/data-and-statistics?country=BRAZIL&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2%20emissions%20by%20energy%20source)  
1158 [20by%20energy%20source](https://www.iea.org/data-and-statistics?country=BRAZIL&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2%20emissions%20by%20energy%20source). Acessado em 15 de janeiro de 2020.
- 1159 IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working  
1160 Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on  
1161 Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC,  
1162 Geneva, Switzerland, 151 pp.
- 1163 IPCC, 2018. Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC  
1164 Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels  
1165 and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of  
1166 strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable  
1167 development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O.  
1168 Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R.  
1169 Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T.  
1170 Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- 1171 IUCN. **Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and**  
1172 **National Levels: Version 4.0.** Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN: [s.n.].
- 1173 JAEGLE, L.; STEINBERGER, L.; MARTIN, R. V.; CHANCE, K. Global partitioning of  
1174 NO<sub>x</sub> sources using satellite observations: Relative roles of fossil fuel combustion,  
1175 biomass burning and soil emissions. *Faraday Discussions*, 130, 407, 2005.
- 1176 JAKOB, S.; HEIBL, C.; RÖDDER, D.; BLATTNER, F. R. Population demography  
1177 influences climatic niche evolution: evidence from diploid American *Hordeum* species  
1178 (Poaceae). **Molecular Ecology**, v. 19, p. 1423-1438, 2010.
- 1179 KARL, T. R.; TRENBERTH, K. E. Modern Global Climate Change. **Science**, v. 302,  
1180 p. 1719-1723, 2003.
- 1181 KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro.  
1182 **Megadiversidade**. v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- 1183 MACEY, J. R.; SCHULTE II, J. A.; LARSON, A.; TUNIYEV, B. S.; ORLOV, N.;  
1184 PAPENFUSS, T. J. Molecular phylogenetics, tRNA evolution, and historical  
1185 biogeography in Anguid lizard and related taxonomic families. **Molecular**  
1186 **Phylogenetics and Evolution**. v. 12, n. 3, p. 250-272, 1999.
- 1187 MARCO, A.; HIDALGO-VILA, J.; DIAZ-PANIAGUA, C. Toxic Effects of Ammonium  
1188 Nitrate Fertilizer on Flexible Shelled Lizard Eggs. **Bulletin of Environmental**  
1189 **Contamination and Toxicology**, v 73, p. 125-131, 2004.

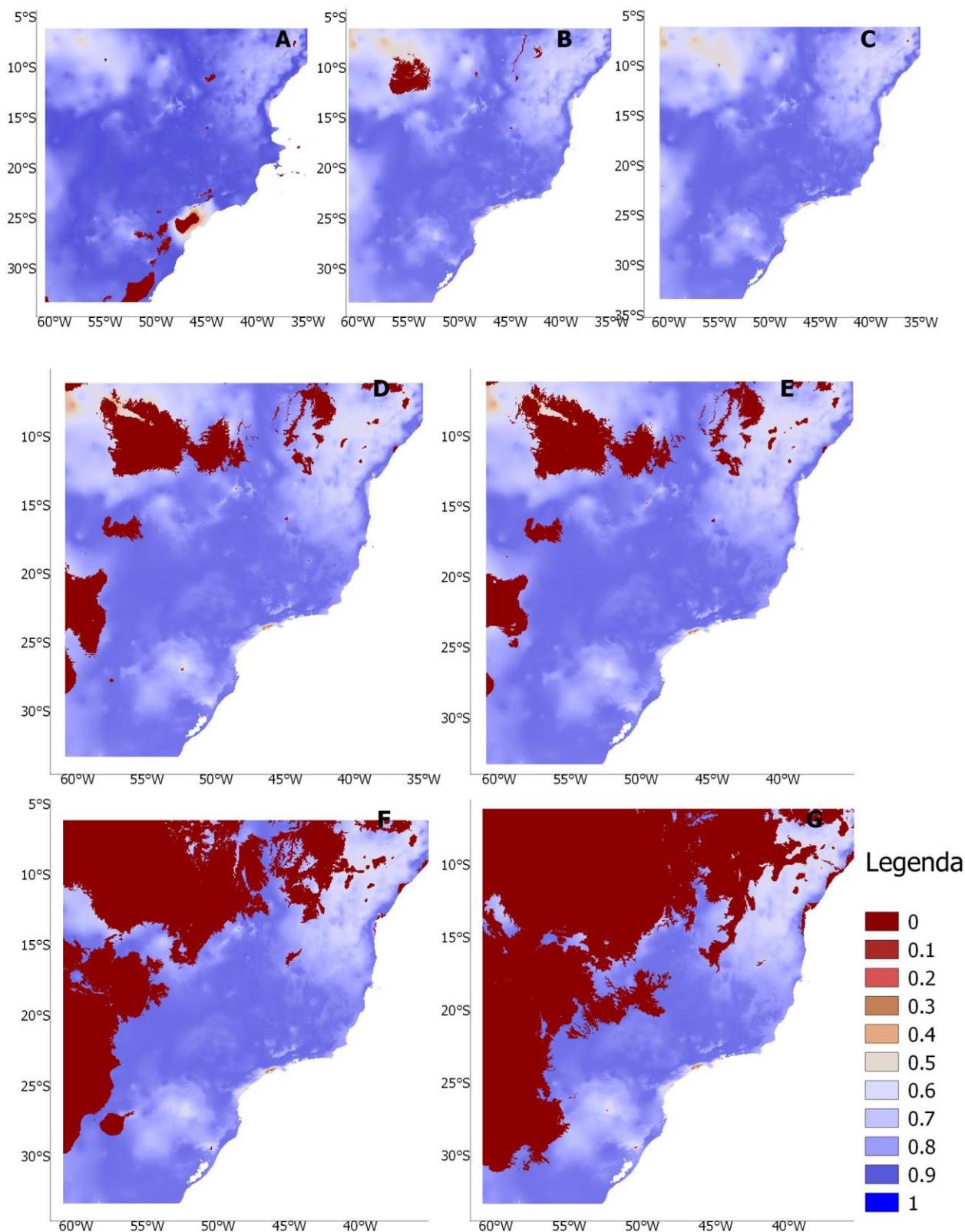
- 1190 MARQUES, O. A.; NOGUEIRA, C. C.; SAWAYA, R. J.; BÉRNILS, R. S.; MARTINS,  
1191 M.; MOLINA, FL. B.; FERRAREZZI, H.; FRANCO, F. L.; GERMANO, V. J. Répteis.  
1192 In.: BRESSAN, P. M.; KIERULFF, M. C. M.; SUGIEDA, A. M. (Orgs). Fauna  
1193 ameaçada de extinção no estado de São Paulo. Fundação Parque Zoológico de São  
1194 Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2009a.
- 1195 MARQUES, O. A. V.; PEREIRA, D. N.; BARBO, F. E.; GERMANO, V. J.; SAWAYA,  
1196 R. J. Os répteis do município de São Paulo: diversidade e ecologia da fauna pretérita  
1197 e atual. **Biota Neotropica**. v. 9, n. 2, p. 139-150, 2009b.
- 1198 MAYEWSKI, P. A.; ROHLING, E. E.; STAGER, C.; KARLÉN, W.; MAASCH, K. A.;  
1199 MEEKER, L. D.; MEYERSON, E. A.; GASSE, F.; KREVELD, S. V.; HOLMGREN, K.;  
1200 LEE-THORP, J.; ROSQVIST, G.; RACK, F.; STAUBWASSER, M.; SCHNEIDER, R.  
1201 R.; STEIG, E. J. Holocene climate variability. **Quaternary Research**, v. 62, p. 243-  
1202 255, 2004.
- 1203 MINOLI, I.; MORANDO, M.; AVILA, L. J. Integrative taxonomy in the *Liolaemus*  
1204 *fitzingerii* complex (Squamata: Liolaemini) based on morphological analyses and  
1205 niche modeling. **Zootaxa**, v. 3856, n. 4, p. 501-528, 2014.
- 1206 MORENO-AMAT, E.; MATEO, R. G.; NIETO-LUGILDE, D.; MORUETA-HOLME, N.;  
1207 SVENNING, J.; GARCIA-AMORENA, I. Impact of model complexity on cross-  
1208 temporal transferability in Maxent species distribution models: An assessment using  
1209 paleobotanical data. **Ecological Modelling**, v. 312, p. 308-317, 2015.
- 1210 MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.;  
1211 KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. v. 403, p. 853-858,  
1212 2002.
- 1213 NOGUEIRA, C. C.; ARGÔLO, A. J. S.; ARZAMENDIA, V.; AZEVEDO, J. A.; BARBO,  
1214 F. E. et al. Atlas of Brazilian Snakes Verified Point-Localities Maps to Mitigate the  
1215 Wallacean Shortfall in a Megadiverse Snake Fauna. **South American Journal of**  
1216 **Herpetology**, v. 14, edição especial, p. 1-274, 2019.
- 1217 NUNES, P. M. S.; CURCIO, F.F.; ROSCITO, J. G.; RODRIGUES, M. T. Are  
1218 hemipenial spines related to limb reduction? A spiny discussion focused on  
1219 Gymnophthalmid lizards (Squamata: Gymnophthalmidae). **The Anatomical Record**.  
1220 v. 297, p. 482-495, 2014.
- 1221 OLSON, D.M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.;  
1222 POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; D'AMICO, J.A.; ITOUA, I.; STRAND, H.  
1223 E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F.; RICKETTS, T. H.; KURA,  
1224 Y.; LAMOREUX, J. F.; WETTENGEL, W. W.; HEDAO, P. KASSEM, K. R. Terrestrial  
1225 Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. **BioScience**, v. 51, n. 11, p.  
1226 933-938, 2001.
- 1227 ORTEGA-ANDRADE, H. M.; ROJAS-SOTO, O. R.; VALENCIA, J. H.; MONTEROS,  
1228 A. E.; MORRONE, J. J.; RON, S. R.; CANNATELLA, D. C. Insights from Integrative  
1229 Systematics Reveal Cryptic Diversity in *Pristimantis* Frogs (Anura: Craugastoridae)  
1230 from the Upper Amazon Basin. **PlosOne**, v. 10, n. 11, p. 1-43, 2015.
- 1231 OWENS, H. L.; CAMPBELL, L. P.; DORNAK, L.; SAUPE, E. E.; BARVE, N.;  
1232 SOBERÓN, J.; INGENLOFF, K.; LIRA-NORIEGA, A.; HENSZ, C. M.; MYERS, C. E.;

- 1233 PETERSON, A. T. Constraints on interpretation of ecological niche models by limited  
1234 environmental ranges on calibration areas. **Ecological Modeling**, v. 263, p. 10-18,  
1235 2013.
- 1236 PARMESAN, C.; YOHE, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts  
1237 across natural systems. **Nature**, v. 421, p. 37-42, 2003.
- 1238 PEARSON, R. G. Climate change and the migration capacity of species. **TRENDS in**  
1239 **Ecology and Evolution**, v. 21, n. 3, p. 111-113, 2006.
- 1240 PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the  
1241 Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.  
1242 11, n. 5, p. 1633–1644, 2007.
- 1243 PETERSON, A. T.; PAPES, M. Potential geographic distribution of the Bugun  
1244 *Liocichla Liocichla bugunorum*, a poorly-known species from north-eastern India.  
1245 **IndianBirds**, v. 2, n. 6, p. 146-149, 2006.
- 1246 PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M. Modeling of species distribution with Maxent: new  
1247 extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**, v. 31, p. 161–175, 2008.
- 1248 PIZZATTO, L. Reproductive biology of the “glass snake” *Ophiodes fragilis*  
1249 (Squamata: Anguidae) in south-east Brazil. **Herpetological Journal**. v. 15, p. 9-13,  
1250 2005.
- 1251 RODRIGUES, M. T. Conservação dos répteis brasileiros: os desafios para um país  
1252 megadiverso. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p 87-94, 2005.
- 1253 ROOT, T. L.; PRICE, J. T.; HALT, K. R.; SCHNEIDER, S. H.; CYNTHIA, R.;  
1254 POUNDS, A. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. **Nature**, v.  
1255 421, p. 57-60, 2003.
- 1256 SALA, O. E. et al. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, v. 287, p.  
1257 1770–1774, 2000.
- 1258 SANDEL, B.; ARGE, L.; DALSGAARD, B.; DAVIES, R. G.; GASTON, K. J.;  
1259 SUTHERLAND, W. J.; SVENNING, J. C. The Influence of Late Quaternary Climate-  
1260 Change Velocity on Species Endemism. **Science**, v. 334, p. 660-664, 2011.
- 1261 SHAKUN, J. D.; CARLSON, A. E. A global perspective on Last Glacial Maximum to  
1262 Holocene climate change. **Quaternary Science Reviews**, v 29, p. 1801-1816, 2010.
- 1263 STABLER, B. Package “shapefiles ” - Read and Write ESRI Shapefiles. p. 1–6,  
1264 2015.
- 1265 STEFFEN, W.; CRUTZEN, P. J.; McNEILL, J. R. The Anthropocene: Are Humans  
1266 Now Overwhelming the Great Forces of Nature?. **AMBIO: A Journal of the Human**  
1267 **Environment**, v. 36, n. 8, p. 614-621, 2007.
- 1268 STEIG, E. G. Mid-Holocene Climate Change. **Science**, v. 286, p. 1485-1487, 1999.

- 1269 SYFERT, M. M.; JOPPA, L.; SMITH, M. J.; COOMES, D. A.; BACHMAN, S. P.;  
1270 BRUMMITT, N. A. Using species distribution models to inform IUCN RedList  
1271 assessments. **Biological Conservation**, v. 177, p. 174-184, 2014.
- 1272 TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M. M.; BEDÊ, L. C.  
1273 Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica  
1274 brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, 2005
- 1275 THOMAS, C. D.; CAMERON, A.; GREEN, R. E.; BAKKENES, M.; BEAUMONT, L. J.;  
1276 COLLINGHAM, Y. C.; ERASMUS, B. F. N.; SIQUEIRA, M. F.; GRAINGER, A.;  
1277 HANNAH, L.; HUGHES, L.; HUNTLEY, B.; JAARVELD, A. S. V.; MIDGLEY, G. F.;  
1278 MILES, L.; ORTEGA-HUERTA, M. A.; PETERSON, A. T.; PHILLIPS, O. L.;  
1279 WILLIAMS, S. E. Extinction risk from climate change. **Nature**, v. 427, p. 145-148,  
1280 2004.
- 1281 TILMAN, D.; FARGIONE, J.; WOLFF, B.; D'ANTONIO, C.; DOBSON, A.;  
1282 HOWARTH, R.; SCHINDLER, D.; SCHLESINGER, W. H.; SIMBERLOFF, D.;  
1283 SWACKHAMER, D. Forecasting agriculturally driven global environmental change.  
1284 **Science**, 292: 281-284, 2001.
- 1285 UETZ, P. 2018. Species Numbers (as of July 2018). Disponível  
1286 em:<<http://www.reptile-database.org/db-info/SpeciesStat.html>>. Acesso em: 10 de  
1287 janeiro de 2020.
- 1288 VAZ, U. L.; CUNHA, H. F.; NABOUT, J. C. Trends and biases in global scientific  
1289 literature about ecological niche models. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p.  
1290 17-24, 2015.
- 1291 WARREN, D. L.; SEIFERT, S. N. Ecological niche modeling in Maxent: the  
1292 importance of model complexity and the performance of model selection criteria.  
1293 **Ecological Application**, v. 21, n. 2, p. 335-342, 2011.
- 1294 WARREN, D. L.; WRIGHT, A. N.; SEIFERT, S. N.; SHAFFER, H. B. Incorporating  
1295 model complexity and spatial sampling bias into ecological niche models of climate  
1296 change risks faced by 90 California vertebrate species of concern. **Diversity and  
1297 Distribution**, v. 20, p. 334-343, 2014.
- 1298 YOKOYAMA, Y.; LAMBECK, K.; DECKKER, P.; JOHNSTON, P.; FIFIELD, L. K.  
1299 Timing of the Last Glacial Maximum from observed sea-level minima. **Nature**, v. 406,  
1300 p. 713-716, 2000.
- 1301 ZAHER, H.; BARBO, F. E.; MARTÍNEZ, P. S.; NOGUEIRA, C.; RODRIGUES, M. T.;  
1302 SAWAYA, R. J. Répteis do Estado de São Paulo: conhecimento atual e  
1303 perspectivas. **Biota Neotropica**. v. 11, p. 67-81, 2011.
- 1304

1305

## APÊNDICE II



1306

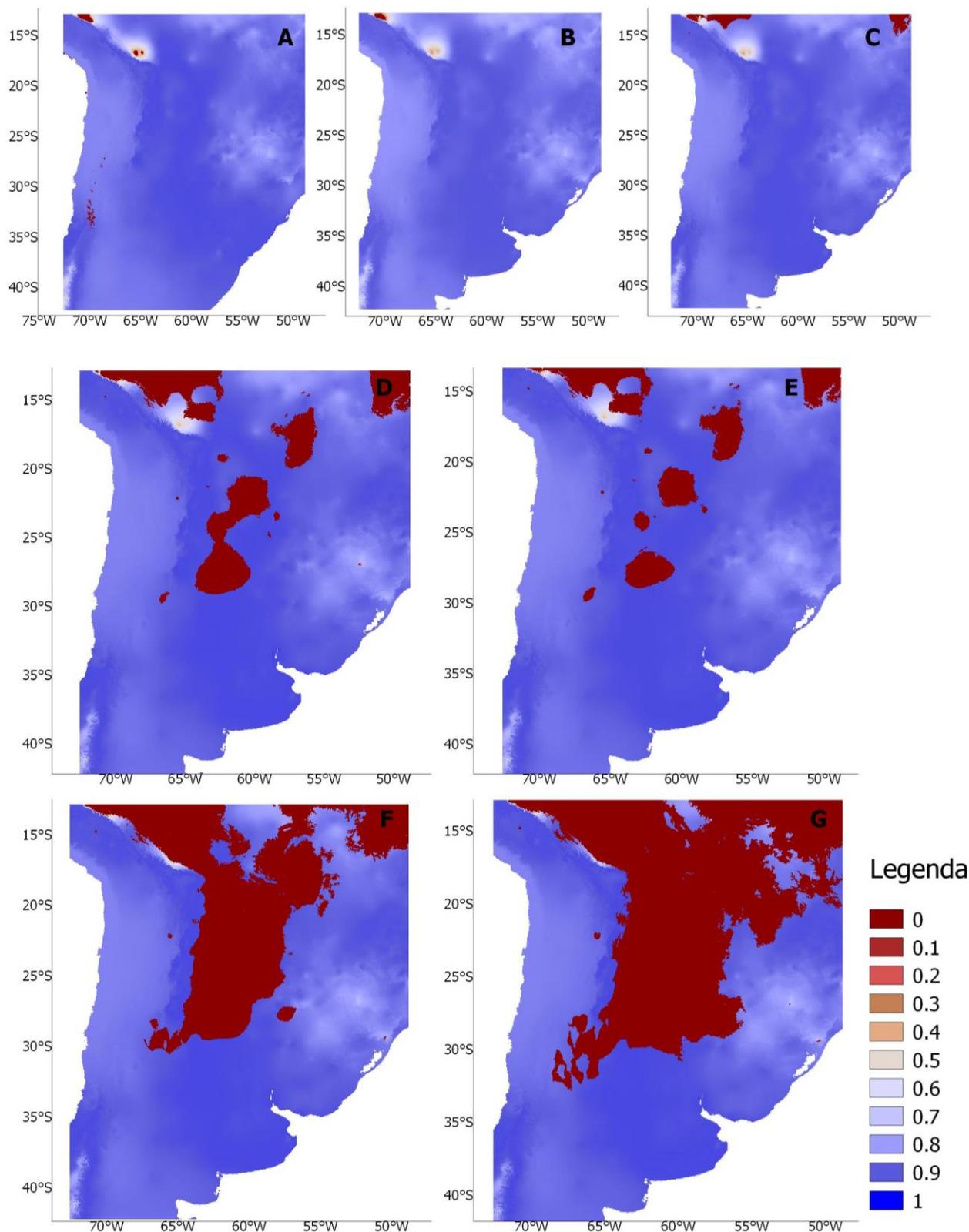
1307

1308

1309

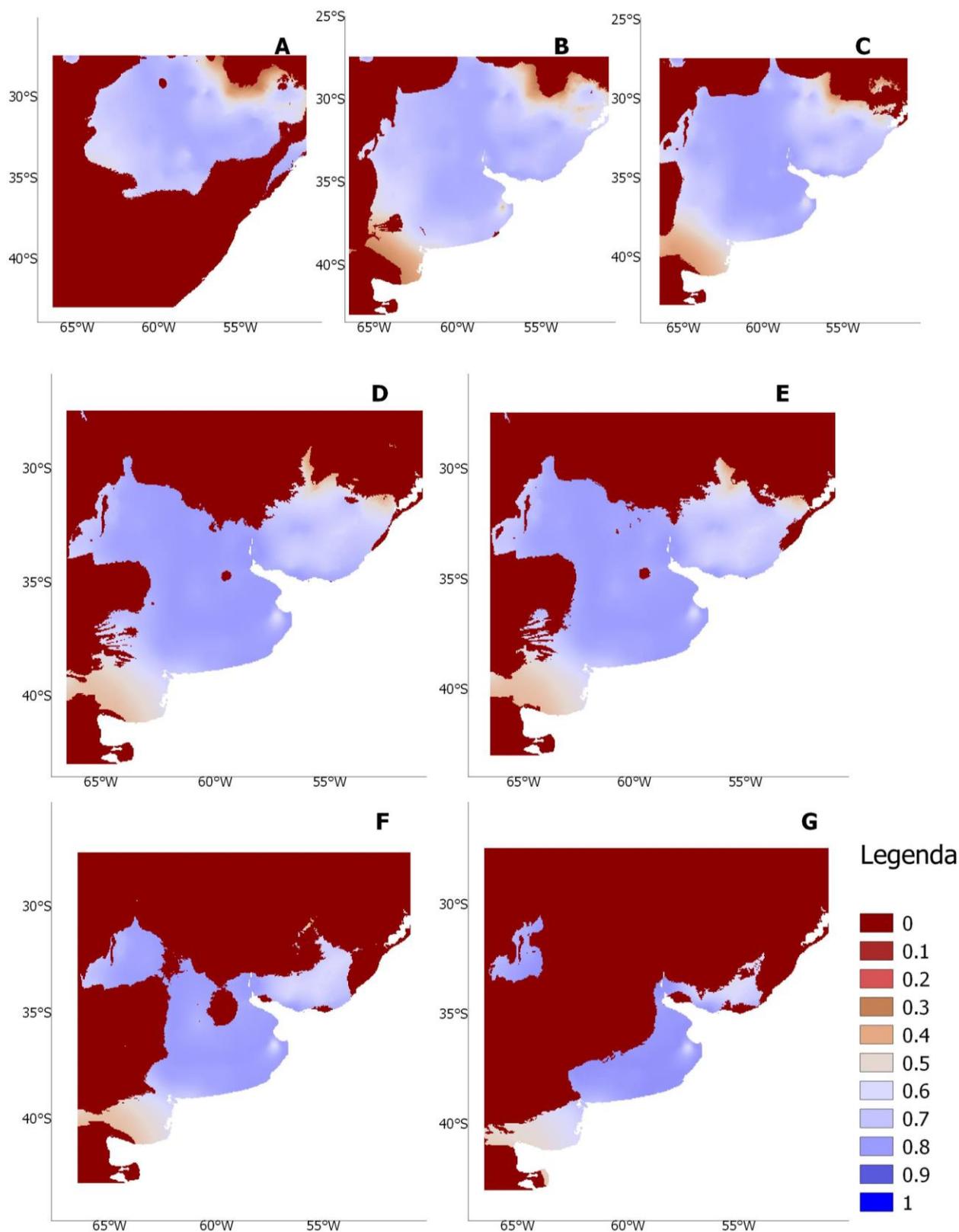
1310

**Figura 20.** Resultado da Análise de Paridade Orientada à Mobilidade (MOP) para *Ophiodes striatus* em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)), para o Antropoceno (C) e diferentes cenários futuros (Ano de 2050, rcp 2.6 (D); Ano de 2070 rcp 2.6 (E); Ano de 2050 rcp 8.5 (F); Ano de 2070, rcp 8.5 (G)).



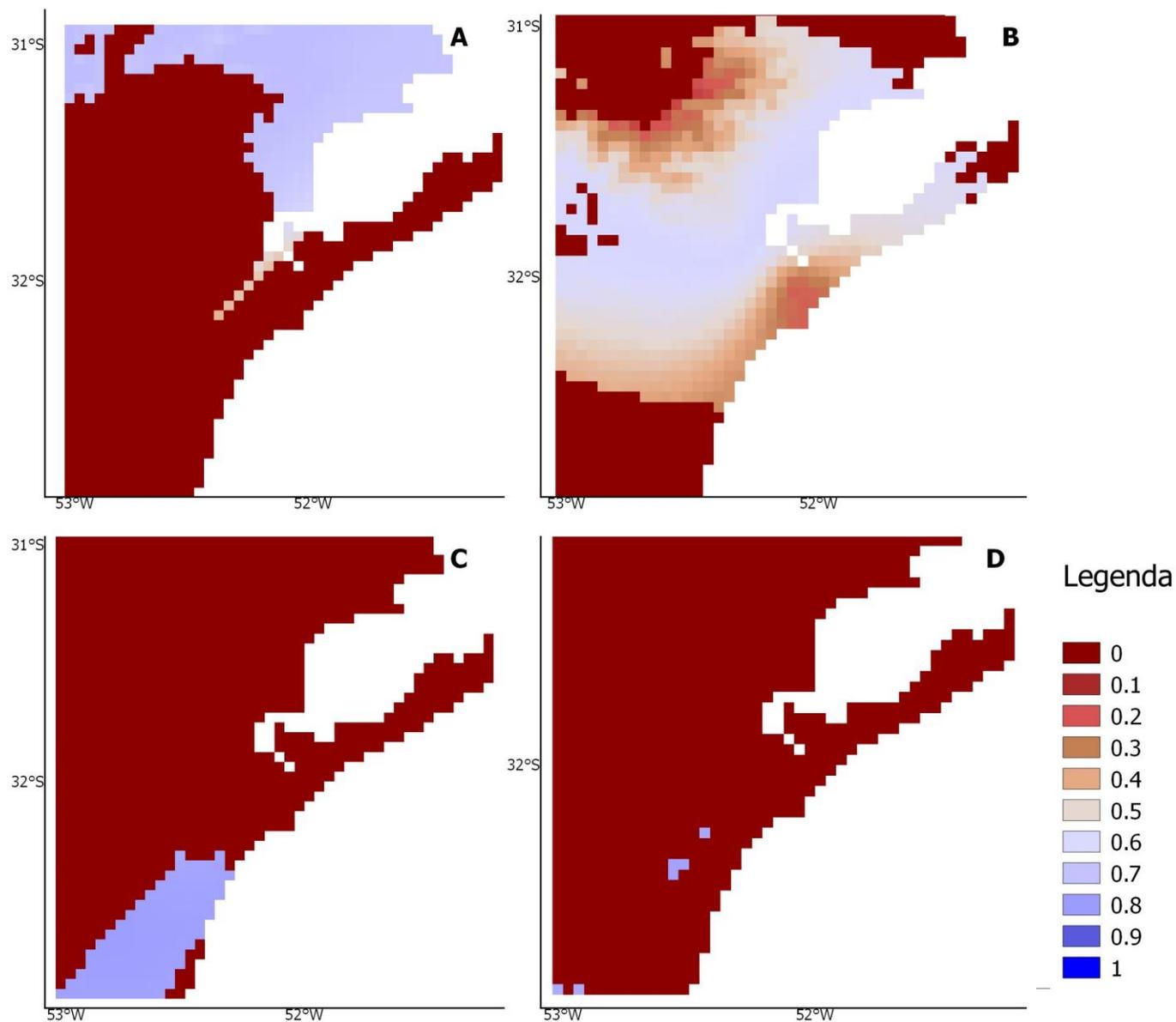
1311  
 1312  
 1313  
 1314  
 1315  
 1316

**Figura 21.** Resultado da Análise de Paridade Orientada à Mobilidade (MOP) para *Ophiodes intermedius* em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)), para o Antropoceno (C) e diferentes cenários futuros (Ano de 2050, rcp 2.6 (D); Ano de 2070 rcp 2.6 (E); Ano de 2050 rcp 8.5 (F); Ano de 2070, rcp 8.5 (G)).



1317  
1318  
1319  
1320  
1321

**Figura 22.** Resultado da Análise de Paridade Orientada à Mobilidade (MOP) para *Ophiodes vertebralis* em diferentes cenários paleoclimáticos (Último Máximo Glacial (A), Holoceno-Médio (B)), para o Antropoceno (C) e diferentes cenários futuros (Ano de 2050, rcp 2.6 (D); Ano de 2070 rcp 2.6 (E); Ano de 2050 rcp 8.5 (F); Ano de 2070, rcp 8.5 (G).



1322 **Figura 23.** Resultado da Análise de Paridade Orientada à Mobilidade (MOP) para  
 1323 *Ophiodes enso* no Holoceno-Médio (A), Antropoceno (B) e diferentes cenários futuros  
 1324 (Ano de 2050, rcp 2.6 (C); Ano de 2070 rcp 2.6 (D)). Os demais cenários não foram  
 1325 representados, pois eram apenas áreas de extrapolação total.  
 1326

1327

1328