



LETÍCIA BRAGA GOMES

**Impactos de mudanças climáticas e desmatamento na distribuição geográfica de  
*Cebus kaapori* (Primates: Cebidae) na Amazônia**

LETÍCIA BRAGA GOMES

**Impactos de mudanças climáticas e desmatamento na distribuição geográfica de  
*Cebus kaapori* (Primates: Cebidae) na Amazônia**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, do convênio da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Área de concentração: Biodiversidade e Conservação.  
Linha de Pesquisa: Zoologia aplicada

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Ana Cristina Mendes de Oliveira**  
**Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Renata Guimarães Frederico**

Belém,  
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- G633i Gomes, Letícia Braga  
Impactos de mudanças climáticas e desmatamento na distribuição geográfica de *Cebus kaapori* (Primates: Cebidae) na Amazônia / Letícia Braga Gomes. — 2018  
39 f. : il. color
- Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Zoologia (PPGZOO), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.  
Orientação: Profa. Dra. Ana Cristina Mendes de Oliveira  
Coorientação: Profa. Dra. Renata Guimarães Frederico.
1. Caiarara. 2. Espécies ameaçadas. 3. Modelos de distribuição de espécies. 4. Mudança de uso da terra. 5. Primatas Neotropicais. I. Oliveira, Ana Cristina Mendes de , *orient.* II. Título
- 

CDD 574.522209811

# FOLHA DE APROVAÇÃO

LETICIA BRAGA GOMES

## **Impactos de mudanças climáticas e desmatamento na distribuição geográfica de *Cebus kaapori* (Primates: Cebidae) na Amazônia**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, do convênio da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zoologia, sendo a COMISSÃO JULGADORA composta pelos seguintes membros:

Prof. Dra. ANA CRISTINA MENDES DE OLIVEIRA  
Universidade Federal do Pará (Presidente)

Prof. Dra. TEREZA CRISTINA GIANNINI  
Instituto Tecnológico Vale

Prof. Dr. LEANDRO JUEN  
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. ADRIANO PEREIRA PAGLIA  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. DANIEL DE PAIVA SILVA  
Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. RAFAEL DIAS LOYOLA  
Universidade Federal de Goiás

Aprovada em: 02 de abril de 2018.

Local de defesa: Universidade Federal do Pará.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Ana Cristina, pelo apoio e confiança e por mais uma vez ter me aceitado como sua orientanda. Obrigada por ter me dado mais autonomia no desenvolvimento deste trabalho, por toda paciência e tempo a mim dedicados e por tudo o que me ensinou nesse tempo. Nossas últimas conversas foram muito enriquecedoras para a minha formação.

A minha coorientadora, Renata Frederico por ter me aceitado para desenvolver esse trabalho e sempre ter me auxiliado em todas as minhas dúvidas. Por ter dedicado grande parte do seu tempo para me ensinar desde os princípios da teoria de nicho com a discussão dos nossos artigos, pelas inúmeras correções da dissertação, pelos momentos de orientação e por me escutar durante as prévias das apresentações. Renata, obrigada por tudo, você foi fundamental no desenvolvimento desse trabalho. Obrigada pela sua disposição, pelo apoio e orientação. Obrigada pelo seu comprometimento comigo e com o meu trabalho.

Agradeço também ao Professor Rafael Loyola por ter me recebido em seu laboratório e ter me auxiliado na geração dos meus resultados. Esse contato me proporcionou momentos de muita aprendizagem. E a todos do Laboratório de Biogeografia da Conservação da UFG.

Agradeço à Gabriela Ribeiro pelo incentivo e por revisar todos os meus manuscritos com tanta cautela e pelas diversas sugestões que foram muito úteis. Sei que estavas disposta a ler quantas vezes fosse necessário.

A todos os amigos do Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados, em especial à Fernanda Barros, Geovana Oliveira e Paula Cristina.

Aos meus pais, Luis e Margarida, por todo amor, dedicação e apoio. Pai, obrigada por me conduzir todos os dias ao meu local de estudo. Mãe, obrigada pelo apoio incondicional e por todo o cuidado e preocupação que tem comigo. A vocês expresse o meu maior agradecimento.

A todos que, direta ou indiretamente, ajudaram no desenvolvimento deste trabalho e fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

## SUMÁRIO

<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>RESUMO</b> .....	3
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	4
<b>MÉTODOS</b> .....	6
Área de Estudo e Dados de ocorrência .....	6
Dados abióticos .....	6
Modelagem de Distribuição de Espécie .....	7
Pós modelagem: Remanescentes Florestais .....	8
<b>RESULTADOS</b> .....	9
<b>DISCUSSÃO</b> .....	14
<b>CONCLUSÃO</b> .....	16
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	17
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	18
<b>ANEXO</b> .....	24
<b>Anexo 1</b> - Normas da revista PLoS ONE, a qual o artigo será encaminhado para publicação .....	24

# Capítulo Único

**Impactos de mudanças climáticas e  
desmatamento na distribuição geográfica de  
*Cebus kaapori* (Primates: Cebidae) na Amazônia**

O capítulo único dessa Dissertação foi elaborado e formatado conforme as normas da publicação científica *PLoS ONE*, as quais se encontram em anexo (Anexo 1)

1

2           Impactos de mudanças climáticas e desmatamento na distribuição

3           geográfica de *Cebus kaapori* (Primates: Cebidae) na Amazônia

4

5   Letícia Braga Gomes<sup>1,2¶\*</sup>, Renata Guimarães Frederico<sup>1¶</sup>, Ana Cristina Mendes-Oliveira<sup>1¶</sup>.

6

7   <sup>1</sup>Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil

8   <sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi/ Universidade Federal

9   do Pará

10

11

12

13   \*Autor correspondente

14   E-mail: [leticiaufpa@yahoo.com.br](mailto:leticiaufpa@yahoo.com.br)

15

16

17   <sup>¶</sup>Estes autores contribuíram igualmente para este trabalho

18

19

20

21

22

23

24

25



## 26 *Abstract*

27 Climate change and deforestation are among the greatest threats to biodiversity. In the Amazon, the  
28 establishment of Protected Areas is an important tool to reduce the negative impacts of these  
29 threats, favoring the protection of biodiversity. Amazonia holds the largest number of primates in  
30 the world. Primates are highly sensitive to forest loss and habitat modification, which directly  
31 threatens the survival of their populations. The Ka'apor Capuchin *Cebus kaapori* is considered the  
32 rarest and most threatened primate species in the Amazon, and is classified as Critically Endangered  
33 by the International Union for the Conservation of Nature. Here, we evaluated the impacts of  
34 climate change and deforestation on *Cebus kaapori* distribution area. We modeled the distribution  
35 of the species under current and future (2050) climates and overlapped these models with  
36 established protect areas as well as current forest cover and that expected for 2050 in two different  
37 economic scenarios according to a land-use model. We found that climate change might lead to up  
38 to 97% of loss of climatic suitable area for *Cebus kaapori* within the next 30 years. The situation  
39 worsens when considering current forest loss and future deforestation projections, both under a  
40 governance scenario and in under the business-as-usual scenario. We show that the restricted  
41 distribution of *Cebus kaapori*, coupled with likely high reduction in suitable areas for species  
42 occurrence, low coverage in protected areas and fragmentation of potential adaptive areas for  
43 occurrence in the future, might reduce species' populations to an unviable level of survival in  
44 nature.

45

46 **Keywords:** Ka'apor Capuchin, Land-use change, Neotropical primates, Species distribution  
47 modelling, Threatened species.

48

49

## 50 **Resumo**

51 As mudanças climáticas e o desmatamento estão entre as maiores ameaças para a biodiversidade.  
52 Na Amazônia, o estabelecimento de Áreas Protegidas é uma ferramenta importante para reduzir os  
53 impactos negativos dessas ameaças, favorecendo a proteção da biodiversidade. A Amazônia possui  
54 um grande número de primatas do mundo. Os primatas são altamente sensíveis à perda de florestas  
55 e à modificação do habitat, o que ameaça diretamente a sobrevivência de suas populações. O  
56 macaco-prego *Cebus kaapori* é considerado a espécie de primata mais rara e ameaçada da  
57 Amazônia, e está classificado como Criticamente em Perigo pela União Internacional para a  
58 Conservação da Natureza. Aqui, avaliamos os impactos das mudanças climáticas e do  
59 desmatamento na área de distribuição de *Cebus kaapori*. Nós modelamos a distribuição da espécie  
60 em climas atual e futuro (2050) e sobreposamos esses modelos com áreas de proteção estabelecidas,  
61 bem como a cobertura florestal atual e a esperada para 2050 em dois cenários econômicos  
62 diferentes, de acordo com um modelo de uso do solo. . Além disso, sobreposamos também com as  
63 Áreas Protegidas. Descobrimos que a mudança climática pode levar a até 97% de perda de área  
64 climática adequada para o *Cebus kaapori* nos próximos 30 anos. A situação se agrava ao considerar  
65 as perdas florestais atuais e projeções futuras de desmatamento, tanto sob um cenário de governança  
66 quanto sob o cenário *business-as-usual*. Mostramos que a distribuição restrita de *Cebus kaapori*,  
67 associada à provável redução de áreas adequadas para a ocorrência de espécies, baixa cobertura em  
68 áreas protegidas e fragmentação de potenciais áreas adaptáveis para ocorrência futura, pode reduzir  
69 a população de espécies a um nível de sobrevivência inviável na natureza.

70

71 **Palavras-chave:** Caiarara, Espécies ameaçadas, Modelos de distribuição de espécies, Mudança de  
72 uso da terra, Primatas Neotropicais.

73

## 74 **Introdução**

75           As mudanças climáticas são uma ameaça à biodiversidade do planeta, e vêm promovendo  
76 alterações da distribuição de espécies em muitas partes do mundo [1–4] e espera-se que essas  
77 mudanças sejam maiores no futuro [5,6], provocando pressões crescentes nas espécies para se  
78 adaptarem *in situ* ou deslocarem suas distribuições [7]. Na Amazônia, estudos de modelagem  
79 climática projetaram um efeito de aquecimento e seca, que quando combinado com uma diminuição  
80 da evapotranspiração das plantas, implicará na redução da precipitação sobre grande parte da região  
81 [8]. A possível intensificação de seca estará concentrada na região sudeste e leste da Amazônia, que  
82 atualmente é a área de desmatamento mais ativo da região [9]. Esses eventos extremos podem levar  
83 a significativas mudanças nos ecossistemas, nas interações ecológicas e na perda de espécies em  
84 grande parte da Amazônia [10], representando uma ameaça substancial para essa floresta e sua  
85 biodiversidade. Alguns estudos mostram os potenciais impactos das mudanças climáticas sobre a  
86 distribuição natural das espécies na região amazônica, onde sugerem, por exemplo, que 43% das  
87 espécies de plantas amostradas podem tornar-se não viáveis até o ano de 2095 devido às mudanças  
88 no clima [10]. Muitas espécies de mamíferos também estarão expostas a tais alterações climáticas, e  
89 podem não conseguir acompanhar tais mudanças [11–13], sendo esperado que grupos como os  
90 primatas sofram reduções mais severas no tamanho de suas áreas de distribuições [14].

91           Somado às mudanças climáticas, a perda de habitat vem se tornando um agravante e uma  
92 ameaça à biodiversidade mundial. A Amazônia vem sofrendo intensamente com os impactos das  
93 atividades antrópicas. Nos últimos 28 anos, o Projeto de Monitoramento do Desmatamento na  
94 Amazônia Legal por Satélite (PRODES) revelou que já foram desmatados mais de 40 milhões de  
95 hectares de floresta amazônica, sendo que os estados do Pará e Maranhão contribuíram,  
96 respectivamente, com 143.159 km<sup>2</sup> e 24.665 km<sup>2</sup> de área desmatada acumulada [15]. As maiores  
97 taxas de desmatamento, na Amazônia, ocorrem precisamente na região leste, devido ao  
98 desenvolvimento de atividades econômicas, como agricultura e pecuária [16]. Este cenário pode se  
99 tornar ainda mais preocupante quando consideramos as projeções futuras de desmatamento, onde

100 este está concentrado na Amazônia oriental [17]. Portanto, a floresta Amazônica enfrenta duplas  
101 ameaças, o desmatamento e as mudanças climáticas [9] e por isso, as espécies que ocorrem no  
102 bioma e, em especial, aquelas endêmicas, podem estar mais vulneráveis do que seria esperado pelos  
103 efeitos individuais desses estressores [11].

104 A fim de conter o desmatamento na Amazônia, em 2002 o governo Brasileiro lançou o  
105 programa Áreas Protegidas da Amazônia – ARPA (Decreto 4326, 8 de agosto de 2002), visando  
106 proteger pelo menos 50 milhões de hectares na região. Desta forma, o ARPA vem desempenhando  
107 um papel importante na diminuição do desmatamento. As Áreas Protegidas da Amazônia, cobrem  
108 cerca de 45% desse bioma [18], e estas têm cumprido um papel decisivo na conservação de  
109 extensas áreas de floresta e, conseqüentemente, na redução do desmatamento regional [18]. Estas  
110 áreas possuem restrições de uso dos recursos naturais e, portanto, conseguem resguardar, dentro de  
111 seus limites, remanescentes florestais bem preservados e menos fragmentados [19,20]. Logo, uma  
112 rede de áreas protegidas é um importante instrumento para diminuir os impactos negativos das  
113 mudanças climáticas e do desmatamento [7], sendo assim eficazes para proteger uma gama de áreas  
114 da floresta Amazônica bem como sua fauna e flora [21,22].

115 A Amazônia é um dos Biomas com a maior diversidade de primatas do mundo [23]. Este  
116 grupo de mamíferos, por ser essencialmente arborícola [24], é altamente sensível à perda e  
117 modificação do habitat [25]. Entre as espécies de primatas que vêm sofrendo com a perda de habitat  
118 está *Cebus kaapori* (Queiroz, 1992), que é uma espécie de primata endêmico da Amazônia oriental,  
119 com distribuição restrita aos estados do Pará e Maranhão [26,27]. Esta espécie possui uma das  
120 menores áreas de distribuição geográfica de seu gênero, e essa área coincide com a região de  
121 ocupação humana mais antiga e intensa da Amazônia oriental [27]. É considerado o primata mais  
122 raro e ameaçado da Amazônia, e está classificado como Criticamente em Perigo (CR), pela União  
123 Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN [28]. Ele também está na lista dos 25  
124 primatas mais ameaçados do mundo [29]. Além disto, *C. kaapori* ocorre em baixas densidades em  
125 seu habitat natural, sofrendo forte pressão de caça [30–32] e com uma população total que

126 atualmente encontra-se em declínio [27]. As lacunas de conhecimento sobre a sua ecologia também  
127 dificultam a elaboração de estratégias eficientes para sua conservação. Até o momento, apenas o  
128 estudo de Oliveira et al. [33] levantou aspectos sobre a ecologia e comportamento de *C. kaapori*,  
129 onde foram descritos que este primata é altamente frugívoro e, utiliza o estrato mais alto da floresta,  
130 forrageando em árvores relativamente grandes com 20 a 30 cm de circunferência.

131 Neste trabalho analisamos a situação atual de distribuição da espécie *C. kaapori* na  
132 Amazônia Oriental e avaliamos os possíveis impactos das mudanças climáticas e do desmatamento  
133 na área de distribuição da espécie, numa perspectiva futura, considerando dois cenários políticos e  
134 econômicos de desmatamento, um cenário otimista e outro pessimista.

135

## 136 **Métodos**

### 137 **Área de Estudo e Dados de Ocorrência**

138 Os nossos esforços de modelagem se deram na área dos estados do Pará e Maranhão, que  
139 compreendem a área de distribuição da espécie (Fig 1A). Esta área foi dividida em células de  
140 aproximadamente 1 km<sup>2</sup>. Ao todo compilamos uma base de dados com 65 registros de ocorrências  
141 para *Cebus kaapori*, sendo esses registros obtidos por meio da consulta de artigos científicos, da  
142 coleção de mastofauna do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), relatórios, teses e dissertações.  
143 Além disto, coletamos informações com mastozoólogos que trabalham na região Amazônica. Para  
144 gerar os modelos de distribuição, consideramos apenas um registro de ocorrência em cada célula,  
145 totalizando 52 registros espacialmente únicos.

146

### 147 **Dados Abióticos**

148 Extraímos 19 variáveis bioclimáticas, com resolução de pixel de 30 segundos de arco  
149 (aproximadamente 1 km), do banco de dados WorldClim (versão 1.4;  
150 [www.worldclim.org/version1](http://www.worldclim.org/version1)) [34]. Essas variáveis foram construídas com base nas médias dos

151 parâmetros de temperatura e precipitação, nos períodos de 1950-2000, e representam tendências  
152 anuais, sazonalidade e fatores ambientais extremos ou limitantes de temperatura e precipitação [34].

153 Para reduzir a multicolinearidade das variáveis e remover aquelas altamente correlacionadas  
154 [35] realizamos um teste de Correlação de Pearson de todas as variáveis, na qual em caso de alta  
155 correlação ( $r > 0,7$  ou  $r < -0,7$ ) utilizamos apenas uma das variáveis na modelagem de distribuição.  
156 Foram selecionadas seis variáveis preditoras, sendo elas: Sazonalidade da temperatura (bio\_4),  
157 Temperatura máxima no mês mais quente (bio\_5), Temperatura média do trimestre mais úmido  
158 (bio\_8), Precipitação do mês mais seco (bio\_14), Precipitação do trimestre mais quente (bio\_18),  
159 Precipitação do trimestre mais frio (bio\_19).

160 Utilizamos as mesmas variáveis para prever distribuição potencial futura, projetadas para o  
161 ano de 2050. Para isso, usamos projeções climáticas futuras derivadas de 15 Modelos de Circulação  
162 Global (GCM) de CMIP5 (ACCESS1-0, BCC-CSM1-1, CCSM4, CNRM-CM5, GFDL-CM3,  
163 GISS-E2-R, HadGEM2-AO, HadGEM2-CC, HadGEM2-ES, INMCM4, IPSL-CM5A- LR,  
164 MIROC-ESM-CHEM, MIROC-ESM, MIROC5, MPI-ESM-LR, MRICGCM3, NorESM1-M) para  
165 um cenário mais extremo de emissões de gases de efeito estufa (Caminhos de Concentração  
166 Representativos, RCPs 8.5) [36]. Removemos os modelos GFDL-CM3 e INMCM4 , uma vez que  
167 apresentam pouca precisão para a Amazônia [11]. Escolhemos o cenário de altas emissões de gases  
168 de efeito estufa, o RCP 8.5, pois desde 2000 as tendências sobre as emissões de gases de efeito  
169 estufa estão mais próximas desse cenário [6].

170

## 171 **Modelagem de Distribuição de Espécie**

172 Utilizamos o método de Máxima Entropia (Maxent) [37] para modelar a distribuição de *C.*  
173 *kaapori*. Este método trabalha com conjunto de dados apenas de presença das espécies (ocorrência),  
174 e estima a probabilidade de distribuição próxima da distribuição uniforme (entropia máxima) sob a  
175 restrição de informações ambientais associadas aos pontos de ocorrência [37,38].

176 Para gerar os modelos da nossa espécie alvo, rodamos 10 réplicas, com partição de dados de  
177 ocorrência em 80% para treino e 20% para teste [39]. Para avaliação dos modelos utilizamos a área  
178 sob a curva (Area Under Curve - AUC) derivada da curva ROC (Receiver Operating  
179 Characteristic), onde ao traçar os valores de sensibilidade contra os valores de especificidade-1 para  
180 todos os limiares existentes, o método identifica o valor no qual os erros de omissão e sobreprevisão  
181 se cruzam [39].

182 O valor de AUC é uma medida global de desempenho independente dos limites de corte e  
183 seus valores variam de 0 a 1, onde são classificados como excelentes modelos os valores de  $AUC >$   
184  $0.90$ , como bons  $0.80 > AUC < 0.90$ , como razoável  $0.70 > AUC < 0.80$ , e abaixo de  $0.70$  são  
185 considerados modelos com baixa capacidade preditiva [40,41]. Nosso modelo final foi gerado  
186 utilizando o modelo médio de todas as réplicas que possuíam valor de  $AUC \geq 0.8$ . Para converter os  
187 modelos de distribuição com gradiente de adequabilidade contínua em modelos binários de  
188 presença-ausência utilizamos o limite derivado do ROC *maximum training sensitivity plus*  
189 *specificity*, uma vez que, este equilibra os erros de omissão e sobreprevisão, garantindo assim,  
190 maiores taxas de previsão [42].

191

## 192 **Pós- modelagem: Remanescentes florestais**

193 Para identificar locais com maior adequabilidade para a ocorrência da espécie, aplicamos um  
194 “filtro” de áreas com remanescentes florestais para o presente e para o futuro. Os *rasters* com as  
195 informações de cobertura vegetal para o presente foram obtidos do Programa de Monitoramento da  
196 Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES; <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>)  
197 produzido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil (INPE). Os *rasters* com as  
198 informações de remanescentes florestais para o cenário futuro (2050) foram extraídos da base de  
199 dados do SimAmazônia ([www.csr.ufmg.br/simamazonia](http://www.csr.ufmg.br/simamazonia); [17]). Esses modelos são baseados em  
200 taxas de desmatamento que foram estimadas a partir de tendências históricas (de 1997 a 2002)  
201 derivadas de mapas de desmatamento por satélite. No SimAmazônia estão disponíveis dois cenários

202 de projeções de desmatamento para a Amazônia até 2050 em uma resolução de 1 km<sup>2</sup>. O primeiro  
203 cenário, chamado *Business as usual* (BAU) é considerado um cenário pessimista e assume as  
204 premissas de manutenção da taxa de desmatamento atual, onde as rodovias seriam pavimentadas,  
205 não seriam criadas novas Áreas Protegidas, e baixa adesão ao cumprimento da Legislação ambiental  
206 atual. Por outro lado, o cenário de Governança (GOV), considerado um cenário futuro mais  
207 otimista, pressupõe o cumprimento da legislação ambiental vigente, considera o licenciamento  
208 ambiental baseado em dados de satélites, e prevê a expansão das Áreas Protegidas na Amazônia  
209 [17].

210 Para sobrepor os modelos de adequabilidade climática aos remanescentes florestais, os  
211 modelos de adequabilidade climática contínuos foram convertidos em modelo binário (presença: 1  
212 ou ausência: 0), a partir de um limiar ou *threshold*. Este limiar é um valor de adequabilidade, onde a  
213 partir de um determinado valor de pixel, considera-se que seja mais adequado a ocorrência da  
214 espécie e, portanto, a sua presença no local, e abaixo desse valor considera-se a ausência da espécie.  
215 Escolhemos usar o valor de *threshold* que maximiza a soma da especificidade e sensibilidade dos  
216 modelos. Após obtermos as áreas com adequabilidade climática e com presença de cobertura  
217 florestal para o cenário atual e futuro, sobrepusemos essas áreas com a atual rede de Áreas  
218 Protegidas (APs). Os polígonos das APs, estaduais e federais, foram obtidos do Ministério do Meio  
219 Ambiente (MMA, [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)).

220

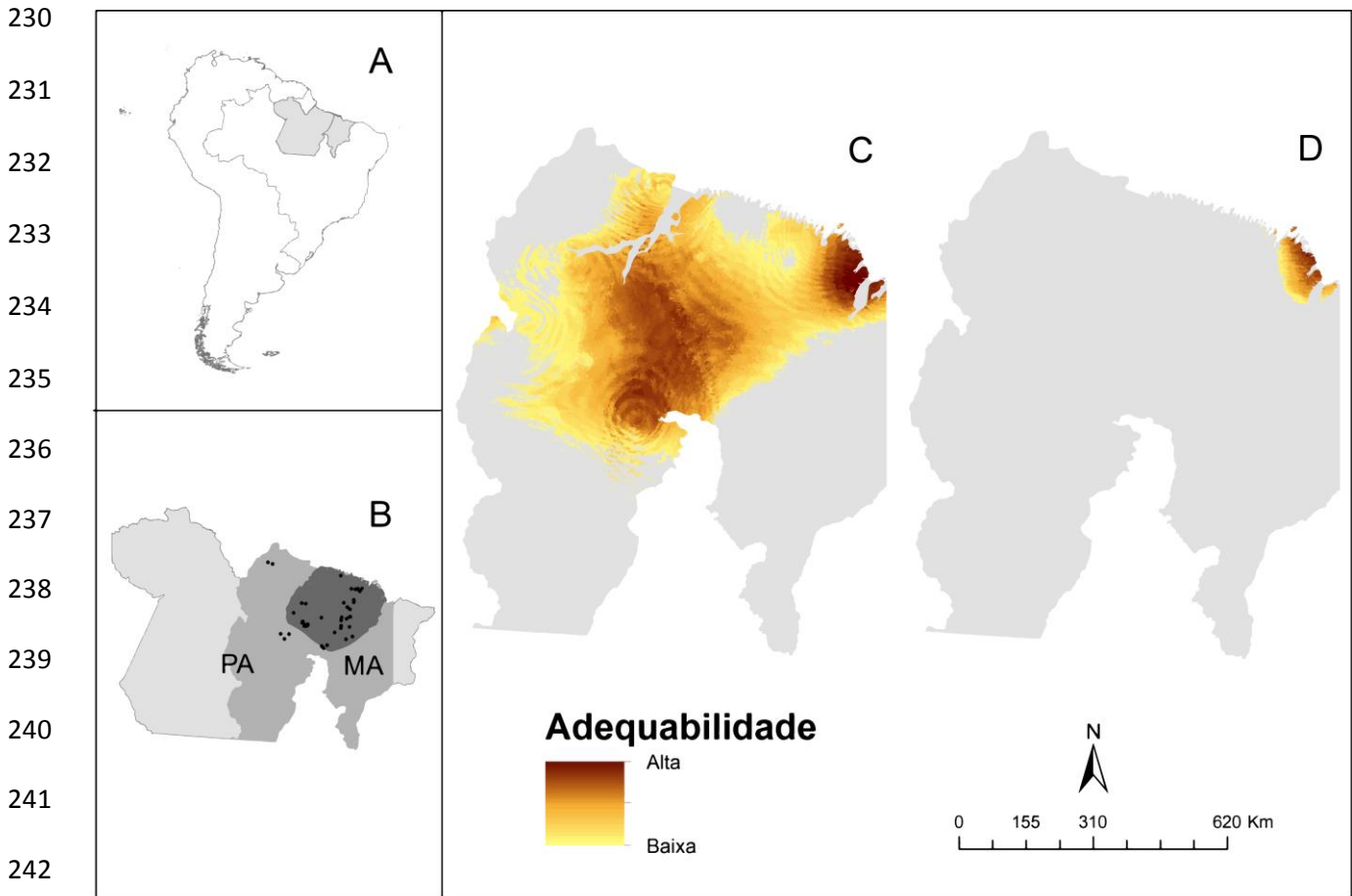
## 221 **Resultados**

222 Dos 65 registros compilados para a espécie *Cebus kaapori*, encontramos cinco ocorrências  
223 que vão além da distribuição original da espécie sugerida pela IUCN.

224 Obtivemos modelos de distribuição potencial de *C. kaapori* com valor médio de AUC de  
225 0.92, o que indica que são bem ajustados. No cenário climático atual, a área adequada para  
226 ocorrência da espécie é maior do que a área climaticamente adequada prevista para o futuro. Essa  
227 diferença representa uma perda de 97% da área de adequabilidade climática para a espécie no



228 cenário mais extremo de emissão de gases de efeito estufa (RCP 8.5), com projeção para 2050 (Fig  
 229 1).

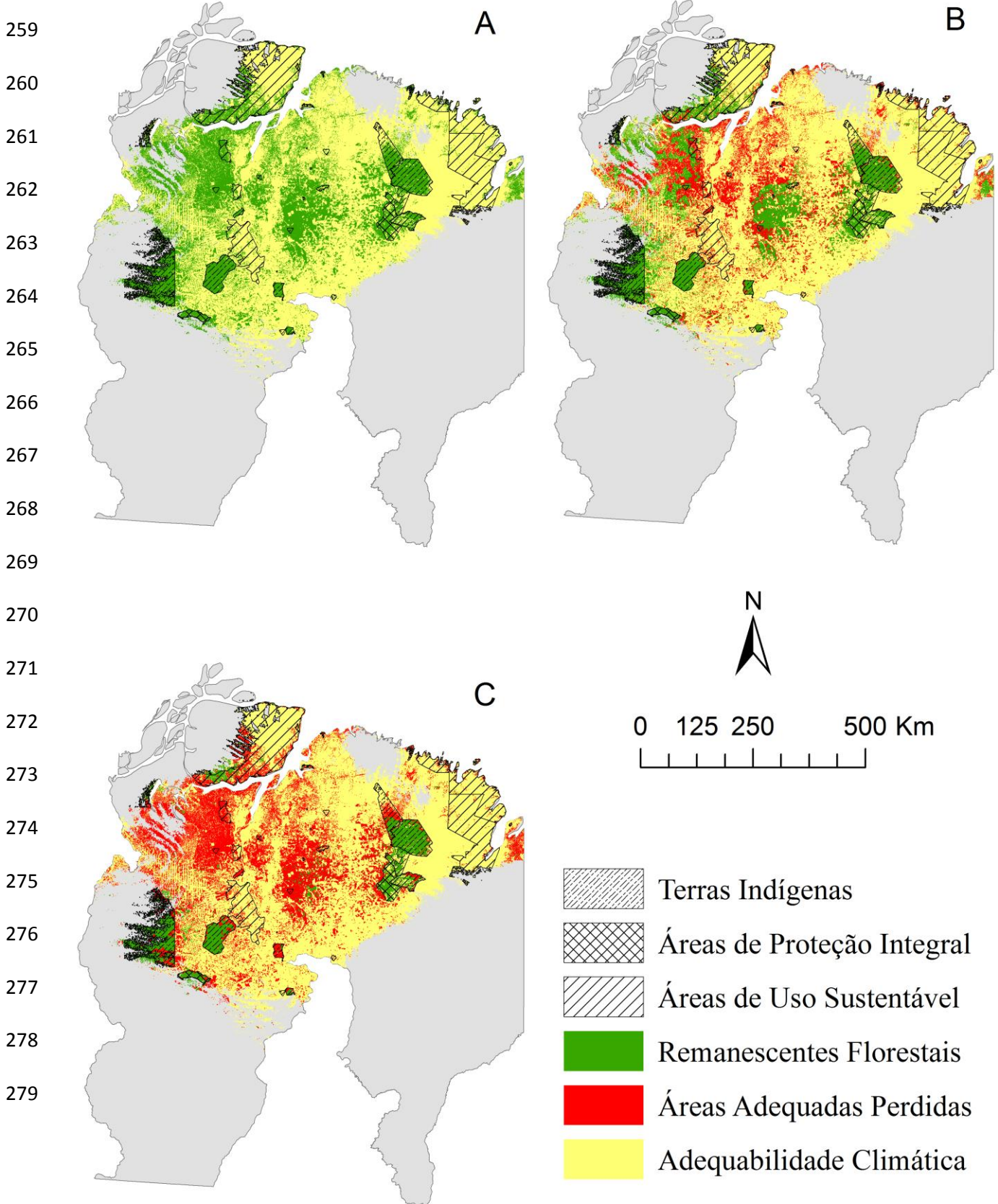


243 **Fig 1.** Área de distribuição e adequabilidade climática para a espécie *Cebus kaapori*. (A)  
 244 Localização da área de ocorrência da espécie em relação à América do Sul; (B) Área de distribuição  
 245 atualmente conhecida para a espécie sugerida pela IUCN, área utilizada para modelar a distribuição  
 246 e todos os pontos de ocorrência compilados; (C) Área de adequabilidade climática para ocorrência  
 247 da espécie no cenário atual; e (D) Área de adequabilidade climática para ocorrência da espécie no  
 248 cenário futuro RCP 8.5, para o ano de 2050.

249

250 Considerando a sobreposição da área de adequabilidade climática atual para ocorrência da  
 251 espécie *Cebus kaapori* e da área de desmatamento atual, sobram apenas 25% das áreas adequadas  
 252 climaticamente com cobertura florestal (Fig 2A). As projeções são mais pessimistas quando  
 253 consideramos os cenários de desmatamento futuros. A partir destes 25% de área adequada

254 climaticamente com cobertura florestal atual, projetamos essa área para os cenários futuros de  
 255 desmatamento (Figura 2B e 2C). Considerando um cenário de desmatamento futuro com  
 256 governança (GOV), ocorre uma perda de 50% da cobertura vegetal sobre os 25% de áreas  
 257 florestadas remanescentes (Fig 2B). Já em um cenário de desmatamento futuro BAU, ocorre uma  
 258 perda de 66% sobre as áreas florestadas remanescentes atual. (Fig 2C).



280 **Fig 2.** Área de adequabilidade climática atual para ocorrência da espécie *Cebus kaapori* sobreposta  
281 aos remanescentes florestais atuais e futuros, e ao sistema de áreas protegidas. (A) Adequabilidade  
282 climática atual + cobertura vegetal atual, sobreposta com as APs; (B) Adequabilidade climática  
283 atual + cenário de desmatamento GOV, sobreposta com as APs; e (C) Adequabilidade climática +  
284 cenário de desmatamento BAU, sobreposta com as APs.

285 Verificamos que apenas 23% dos remanescentes florestais atuais adequados climaticamente  
286 para a ocorrência de *Cebus kaapori* se encontram dentro de APs (Fig 2A). Cerca de 100% destes  
287 23% de remanescentes adequados e protegidos continuarão sendo protegidos em um cenário de  
288 desmatamento futuro GOV (Fig 2B). Enquanto que 99.5% dos remanescentes adequados  
289 permanecerão protegidos num cenário de desmatamento futuro BAU (Fig 2C).

290 Quando consideramos apenas a área de adequabilidade climática futura de ocorrência para  
291 *C. kaapori* (Fig 3A) e sobrepomos aos cenários de desmatamento futuros GOV (Fig 3B) e BAU  
292 (Fig 3C), verificamos que apenas que 12% e 3% destas áreas estarão cobertas por florestas,  
293 respectivamente. Considerando a sobreposição dessas áreas com as APs, os cenários futuros de  
294 desmatamento GOV (Fig 3B) e BAU (Fig 3C), cerca de 93% e 97% destas áreas estarão dentro de  
295 APs, respectivamente.

296

297

298

299

300

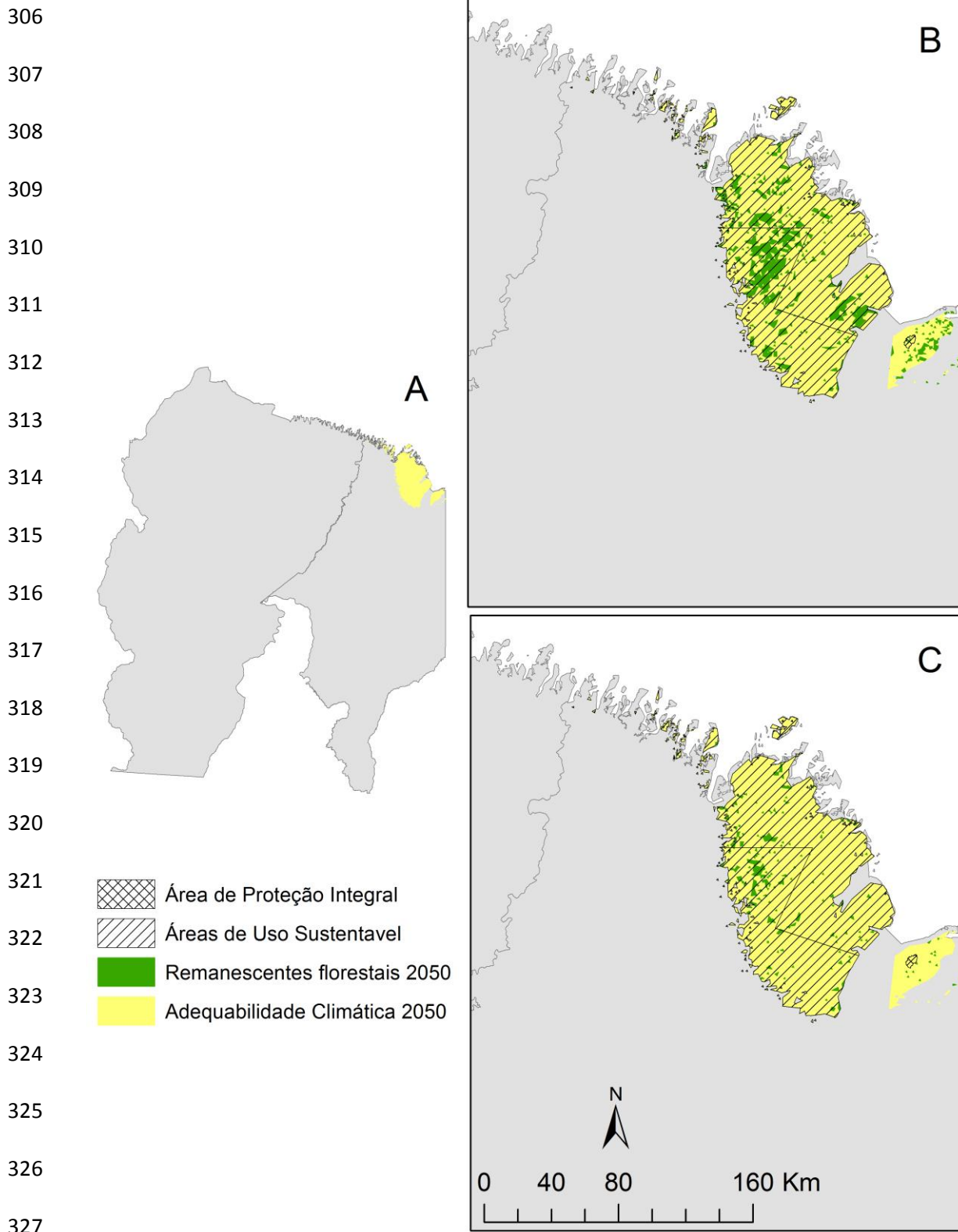
301

302

303

304

305



328 **Fig 3.** Área de adequabilidade climática para ocorrência da espécie *Cebus kaapori* considerando o  
 329 cenário mais extremo de emissão de gases de efeito estufa (RCP 8.5) para o ano de 2050,  
 330 sobreposta com os remanescentes florestais previstos para o futuro e com o sistema de áreas  
 331 protegidas. (A) Área de adequabilidade climática de ocorrência da espécie para 2050; (B) Área de

332 adequabilidade climática futura + remanescentes florestais previstos para cenário de desmatamento  
333 GOV sobrepostas com as APs; e (C) Área de adequabilidade climática futura + remanescentes  
334 florestais previstos para o cenário BAU sobreposta com APs.

335

## 336 **Discussão**

337 Nossos resultados mostraram a extrema fragilidade da espécie *C. kaapori* na Amazônia  
338 brasileira. Esta espécie já é considerada como um dos primatas mais ameaçados do mundo [29], e  
339 nossos resultados corroboram as reais ameaças à extinção desta espécie num futuro próximo, se  
340 nenhuma medida protetiva seja tomada em relação à conservação desta espécie. O cenário de  
341 mudanças climáticas combinado aos efeitos do desmatamento na Amazônia podem ser responsáveis  
342 por uma perda importante de área adequada para a ocorrência de *C. kaapori*, no qual, também pode  
343 ser refletida em outras espécies dependentes de florestas, assim como os primatas. Logo, os  
344 resultados deste estudo têm implicações importantes para a conservação da biodiversidade sob a  
345 perspectiva de mudança climática e perda de habitat.

346 Através do levantamento e compilação de todos registros da espécie *C. kaapori* estendemos  
347 a ocorrência da espécie para além de sua área de distribuição conhecida na literatura [27].  
348 Entretanto, ainda assim constatamos a distribuição restrita desta espécie para a região Amazônica  
349 [26,27]. A distribuição restrita de *C. kaapori* sem dúvida é um dos grandes fatores que contribuem  
350 para a vulnerabilidade à extinção desta espécie. No entanto, as alterações ocorridas nos habitats  
351 originais, dentro desta área restrita de ocorrência, e que podem causar o declínio populacional da  
352 espécies [43], foram as maiores preocupações deste estudo. No caso de *C. kaapori*, estima-se que a  
353 espécie já tenha sofrido uma drástica redução em sua população nas últimas 3 gerações (48 anos),  
354 com declínio de pelo menos 80% no número de indivíduos, devido ao desmatamento e à caça ilegal  
355 na Amazônia oriental [28].

356 O aumento do risco de extinção de espécies devido às mudanças climáticas tem sido  
357 relatado na literatura para alguns táxons [5]. Os primatas têm sido apontados como o grupo de

358 mamíferos mais susceptíveis aos efeitos das mudanças climáticas [11,14]. Neste trabalho, avaliamos  
359 as ameaças das mudanças climáticas e do desmatamento, no contexto atual e futuro, sobre as  
360 populações de *C. kaapori*. Considerando os impactos das mudanças climáticas ao longo dos  
361 próximos 32 anos, a área adequada para ocorrência da espécie *C. kaapori* reduz para 3% da área  
362 climaticamente adequada atualmente. Os nossos resultados mostram projeções graves para a  
363 conservação da espécie. Considerando que a redução de área é uma das grandes causas de declínio  
364 populacional, é de se esperar que a espécie *C. kaapori* seja considerada extinta na natureza num  
365 futuro próximo.

366 A maioria dos estudos que envolvem modelagem de cenários futuros avaliam apenas o  
367 impacto das mudanças climáticas nas distribuições das espécies. Neste trabalho incluímos, além das  
368 alterações climáticas, os cenários futuros de desmatamento, com governança (GOV) e sem  
369 governança (BAU). A necessidade de incluir o desmatamento na modelagem para a espécie *C.*  
370 *kaapori* se justifica pelo fato da área de distribuição desta espécie estar localizada numa das áreas  
371 de maior pressão antrópica e de desmatamento da Amazônia [16]. A grande maioria dos primatas  
372 neotropicais são estritamente arborícolas e dependem completamente da estrutura florestal para sua  
373 sobrevivência [24]. Desta forma, o desmatamento, a degradação e mesmo a fragmentação florestal  
374 exercem efeitos deletérios sobre as populações de primatas, pois o isolamento de remanescentes  
375 florestais podem criar barreiras efetivas para a dispersão de primatas [25], dificultando fluxo gênico  
376 entre as populações e favorecendo a extinção das espécies [45,46]. Nossas projeções de ocorrência  
377 de *C. kaapori*, considerando as áreas adequadas climaticamente, aliadas ao desmatamento nos  
378 cenários GOV e BAU, mostram além da redução drástica de área adequada para esta espécie, a  
379 grande fragmentação destas áreas. A estimativa é de que fragmentos pequenos e isolados  
380 comporiam a maioria das áreas adequadas para *C. kaapori* no futuro, tanto no cenário GOV, quanto  
381 no cenário BAU.

382 Outro fator que demonstra a fragilidade da espécie *C. kaapori* nos nossos resultados é a  
383 baixa representatividade de registros dentro das Áreas Protegidas (APs) no presente e nas projeções

384 futuras. A situação se agrava quando constatamos que a maioria das Áreas Protegidas onde esta  
385 espécie está representada não são Áreas de Proteção Integral. Estudos como o de Kauano et al. [21]  
386 na Amazônia vêm demonstrando que embora as APs sejam fundamentais para a conservação da  
387 biodiversidade, estas áreas não estão isentas das pressões e ameaças do uso ilegal de recursos e de  
388 atividades humanas predatórias, como supressão e degradação da vegetação, pesca ilegal e  
389 atividades de caça. A Reserva Biológica do Gurupi, por exemplo, é uma área de extrema  
390 importância para a conservação de *C. kaapori*, onde já foram encontradas algumas populações  
391 dessa espécie, e atualmente sofre com o desmatamento dentro dos seus limites [47].

392 No caso das projeções futuras, apesar de a área de distribuição potencial para a espécie se  
393 encontrar, quase em sua totalidade, dentro das APs, estas possuem pouca cobertura florestal  
394 contínuas, uma vez que são principalmente áreas de mangue localizadas no extremo nordeste do  
395 estado do Pará e Maranhão. Segundo a análise de viabilidade populacional feita por Campos [48]  
396 apenas três populações de *C. kaapori* podem ser consideradas viáveis nos próximos 100 anos. De  
397 acordo com essa análise, essas populações seriam encontradas em um complexo de Áreas Indígenas  
398 (Caru, Awá, Alto Turiaçu, Araraibóia) no Estado do Maranhão, e a Área Indígena Alto Rio Guamá  
399 no Estado do Pará, além da Reserva Biológica Gurupi ao longo da fronteira entre os dois estados  
400 [48].

401 As nossas projeções são muito pessimistas para espécie *C. kaapori*, e conseqüentemente isso  
402 pode refletir em outros primatas e espécies que ocorrem na região. O desaparecimento de espécies  
403 de primatas pode desencadear um grande desequilíbrio para a natureza, uma vez que esse grupo  
404 desempenha importante papel na estruturação florestal através da dispersão de sementes e da  
405 herbivoria, atuando como engenheiros do ecossistema [49].

406

## 407 **Conclusão**

408 Todos os fatores levantados neste trabalho, incluindo a distribuição restrita, o baixo número  
409 de registros, aliado a fatores como mudanças climáticas e desmatamento fazem de *Cebus kaapori*

410 provavelmente uma das espécies de vertebrados terrestres mais ameaçadas da Amazônia [50] e com  
411 alto grau de vulnerabilidade e risco à extinção. Para garantir a persistência dessa espécie a longo  
412 prazo é necessário a ampliação do conhecimento atual da sua ecologia e comportamento, para  
413 compreender seu modo de vida. Além disso, é necessário a continuidade de levantamentos sobre as  
414 populações remanescentes e um plano para apontar ações de conservação serão melhores para  
415 minimizar os efeitos das mudanças climáticas e do desmatamento sobre a espécie, até mesmo  
416 investir em restauração de áreas degradadas, em áreas de alta adequabilidade ambiental para a  
417 ocorrência da espécie.

418

419

420

421

## 422 **Agradecimentos**

423 Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Zoologia em convênio com Universidade Federal do  
424 Pará (UFPA) e o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de  
425 Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de uma bolsa de mestrado. Renata Guimarães  
426 Frederico ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ e a  
427 Fundação Amazônia Paraense de Amparo à Pesquisa CNPQ/ FAPESPA-ICAF 094/2016. Ana  
428 Cristina Mendes de Oliveira a CNPQ pela bolsa de Produtividade em pesquisa – Pq (Processo  
429 311126/2017-0).

430

431

432

433

434

435



436 **Referências**

- 437 1. Bellard C, Bertelsmeier C, Leadley P, Thuiller W, Courchamp F. Impacts of climate change  
438 on the future of biodiversity. *Ecol Lett*. 2012;15: 365–377. doi:10.1111/j.1461-  
439 0248.2011.01736.x
- 440 2. Moritz C, Patton JL, Conroy CJ, Parra JL, White GC, Beissinger SR. Impact of a Century of  
441 Climate Change on Small-Mammal Communities in Yosemite National Park, USA. *Science*.  
442 2008;322: 261–264. doi:10.1126/science.1163428
- 443 3. Parmesan C. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annu Rev*  
444 *Ecol Evol Syst*. 2006;37: 637–669. doi:10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100
- 445 4. Thuiller W, Lavorel S, Araujo MB, Sykes MT, Prentice IC. Climate change threats to plant  
446 diversity in Europe. *Proc Natl Acad Sci*. 2005;102: 8245–8250.  
447 doi:10.1073/pnas.0409902102
- 448 5. Thomas CD, Cameron A, Green RE, Bakkenes M, Beaumont LJ, Collingham YC, et al.  
449 Extinction risk from climate change. *Nature*. 2004;427: 145–148. doi:10.1038/nature02121
- 450 6. Peters GP, Andrew RM, Boden T, Canadell JG, Ciais P, Le Quéré C, et al. The challenge to  
451 keep global warming below 2 °C. *Nat Clim Chang*. 2012;3: 4–6. doi:10.1038/nclimate1783
- 452 7. Virkkala R, Pöyry J, Heikkinen RK, Lehikoinen A, Valkama J. Protected areas alleviate  
453 climate change effects on northern bird species of conservation concern. *Ecol Evol*. 2014;4:  
454 2991–3003. doi:10.1002/ece3.1162
- 455 8. Nepstad DC, Stickler CM, Filho BS, Merry F. Interactions among Amazon land use, forests  
456 and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*.  
457 2008;363: 1737–1746. doi:10.1098/rstb.2007.0036
- 458 9. Malhi Y, Roberts JT, Betts RA, Killeen TJ, Li W, Nobre CA. Climate Change,  
459 Deforestation, and the Fate of the Amazon. *Science*). 2008;319: 169–172.  
460 doi:10.1126/science.1146961
- 461 10. Miles L, Grainger A, Phillips O. The impact of global climate change on tropical forest

- 462 biodiversity in Amazonia. *Glob Ecol Biogeogr.* 2004;13: 553–565. doi:10.1111/j.1466-  
463 822X.2004.00105.x
- 464 11. Ribeiro BR, Sales LP, De Marco P, Loyola R. Assessing mammal exposure to climate  
465 change in the Brazilian Amazon. *PLoS One.* 2016;11: 1–13.  
466 doi:10.1371/journal.pone.0165073
- 467 12. Sales LP, Neves OV, De Marco P, Loyola R. Model uncertainties do not affect observed  
468 patterns of species richness in the Amazon. *PLoS One.* 2017;12: 1–19.  
469 doi:10.1371/journal.pone.0183785
- 470 13. Costa WF, Ribeiro M, Saraiva AM, Imperatriz-Fonseca VL, Giannini TC. Bat diversity in  
471 Carajás National Forest (Eastern Amazon) and potential impacts on ecosystem services under  
472 climate change. *Biol Conserv.* 2018;218: 200–210. doi:10.1016/j.biocon.2017.12.034
- 473 14. Schloss CA, Nunez TA, Lawler JJ. Dispersal will limit ability of mammals to track climate  
474 change in the Western Hemisphere. *Proc Natl Acad Sci.* 2012;109: 8606–8611.  
475 doi:10.1073/pnas.1116791109
- 476 15. INPE. PRODES: Assessment of Deforestation in Brazilian Amazonia. 2016. Available:  
477 <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>
- 478 16. Vieira I, Toledo P, Silva J, Higuchi H. Deforestation and threats to the biodiversity of  
479 Amazonia. *Brazilian J Biol.* 2008;68: 949–956. doi:10.1590/S1519-69842008000500004
- 480 17. Soares-Filho BS, Nepstad DC, Curran LM, Cerqueira GC, Garcia RA, Ramos CA, et al.  
481 Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature.* 2006;440: 520–523.  
482 doi:10.1038/nature04389
- 483 18. Soares-Filho B, Moutinho P, Nepstad D, Anderson A, Rodrigues H, Garcia R, et al. Role of  
484 Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proc Natl Acad Sci.*  
485 2010;107: 10821–10826. doi:10.1073/pnas.0913048107
- 486 19. Kere EN, Choumert J, Combes Motel P, Combes JL, Santoni O, Schwartz S. Addressing  
487 Contextual and Location Biases in the Assessment of Protected Areas Effectiveness on

- 488 Deforestation in the Brazilian Amazônia. *Ecol Econ*. Elsevier B.V.; 2017;136: 148–158.  
489 doi:10.1016/j.ecolecon.2017.02.018
- 490 20. Nolte C, Agrawal A, Silvius KM, Soares-Filho BS. Governance regime and location  
491 influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. *Proc*  
492 *Natl Acad Sci*. 2013;110: 4956–4961. doi:10.1073/pnas.1214786110
- 493 21. Kauano ÉE, Silva JMC, Michalski F. Illegal use of natural resources in federal protected  
494 areas of the Brazilian Amazon. *PeerJ*. 2017;5: e3902. doi:10.7717/peerj.3902
- 495 22. Pfaff A, Robalino J, Herrera D, Sandoval C. Protected Areas’ Impacts on Brazilian Amazon  
496 Deforestation: Examining Conservation – Development Interactions to Inform Planning.  
497 Bawa K, editor. *PLoS One*. 2015;10: e0129460. doi:10.1371/journal.pone.0129460
- 498 23. Paglia AP, Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LMS, Chiarello AG, Leite YLR, et al.  
499 Annotated Checklist of Brazilian Mammals. 2nd ed. Occasional papers in conservation  
500 Biology. Conservation International; Arlington, VA. 2012. p. 76.
- 501 24. Hershkovitz P. Living new world monkeys (Platyrrhini). University of Chicago Press; 1977.
- 502 25. Ferrari SF., Iwanaga S, Ravetta AL., Freitas FC., Sousa BAR., Souza LL., et al. Dynamics of  
503 primate communities along the Santarém-Cuiabá highway in south-central Brazilian  
504 Amazonia. *Primates in fragments*. Springer US; 2003. pp. 123–144.
- 505 26. Queiroz H. A new species of capuchin monkey, genus *Cebus* Erxleben, 1777 (Cebidae:  
506 Primates), from eastern Brazilian Amazonica. *Goeldiana Zool*. 1992;14: 1–7.
- 507 27. Silva Júnior JS, Queiroz HL. *Cebus kaapori* Queiroz, 1992. In: Machado ABM., Drummon  
508 GM., Paglia AP, editors. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. MMA;  
509 Fundação Biodiversitas. 2008. pp. 752–754.
- 510 28. Kierulff MC., de Oliveira M. *Cebus kaapori*. In: The IUCN Red List of Threatened Species.  
511 2008. e.T40019A10303725. Available:  
512 <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T40019A10303725.en>
- 513 29. Buss G, Queiroz HL, Melo FR, Talebi M, Jerusalinsky L. Ka’apor Capuchin. In: Schwitzer

- 514 C, Mittermeier RA, Rylands AB, Chiozza F, Williamson EA, Macfe EJ, et al., editors.  
515 Primates in Peril: The World's 25 Most Endangered Primates 2016–2018. UCN SSC Primate  
516 Specialist Group (PSG), International Primatological Society (IPS), Conservation  
517 International (CI), and Bristol Zoological Society. Arlington, VA; 2017. pp. 88–90.
- 518 30. Stone AI, Lima EM, Aguiar GFS, Camargo CC, Flores TA, Kelt DA, et al. Non-volant  
519 mammalian diversity in fragments in extreme eastern Amazonia. *Biodivers Conserv.*  
520 2009;18: 1685–1694. doi:10.1007/s10531-008-9551-9
- 521 31. Cunha FA, Lopes MA, Dantas S de M, do Carmo NAS, da Silva S do SB. Registro de  
522 Ocorrência de *Cebus kaapori* (Cebidae: Primates) na APA Lago de Tucuruí. *Neotrop*  
523 *Primates.* 2007;14: 84–85. doi:http://dx.doi.org/10.1896/044.014.0209
- 524 32. Lopes MA, Ferrari SF. Effects of Human Colonization on the Abundance and Diversity of  
525 Mammals in Eastern Brazilian Amazonia Effects of Human Colonization on the Abundance  
526 and Diversity of Mammals in Eastern Brazilian Amazonia. *Conserv Biol.* 2000;14: 1658–  
527 1665. doi:10.1111/j.1523-1739.2000.98402.x
- 528 33. de Oliveira SG, Lynch Alfaro JW, Veiga LM. Activity budget, diet, and habitat use in the  
529 critically endangered Ka'apor capuchin monkey (*Cebus kaapori*) in Pará State, Brazil: A  
530 preliminary comparison to other capuchin monkeys. *Am J Primatol.* 2014;76: 919–931.  
531 doi:10.1002/ajp.22277
- 532 34. Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A. Very high resolution interpolated  
533 climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol.* 2005;25: 1965–1978.  
534 doi:10.1002/joc.1276
- 535 35. Guisan A, Thuiller W. Predicting species distribution: Offering more than simple habitat  
536 models. *Ecol Lett.* 2005;8: 993–1009. doi:10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x
- 537 36. IPCC 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth  
538 Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., D.  
539 Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia VB and PMM,

- 540 editors. United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2013.
- 541 37. Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. Maximum entropy modeling of species geographic  
542 distributions. *Ecol Modell.* 2006;190: 231–259. doi:10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026
- 543 38. Phillips SJ, Dudík M. Modeling of species distribution with Maxent: new extensions and a  
544 comprehensive evaluation. *Ecography.* 2008;31: 161–175. doi:10.1111/j.2007.0906-  
545 7590.05203.x
- 546 39. Fielding AH, Bell JF. A review of methods for the assessment of prediction errors in  
547 conservation presence / absence models. *Environ Conserv.* 1997;24: 38–49.  
548 doi:10.1017/S0376892997000088
- 549 40. Araujo MB, Pearson RG, Thuiller W, Erhard M. Validation of species-climate impact models  
550 under climate change. *Glob Chang Biol.* 2005;11: 1504–1513. doi:10.1111/j.1365-  
551 2486.2005.01000.x
- 552 41. Swets JA. Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems. *Science.* 1988;240: 1285–1293.
- 553 42. Barbet-Massin M, Jiguet F, Albert CH, Thuiller W. Selecting pseudo-absences for species  
554 distribution models: how, where and how many? *Methods Ecol Evol.* 2012;3: 327–338.  
555 doi:10.1111/j.2041-210X.2011.00172.x
- 556 43. Davies KE, Margules CR, Lawrence JE. Which traits of species predict population declines  
557 in experimental forest fragments? *Ecology.* 2000;81: 1450–1461.
- 558 44. IUCN. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 12. 2016.  
559 Available: <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>
- 560 45. Brito D, Grelle CE V. Estimating minimum area of suitable habitat and viable population  
561 size for the northern miquiqui (*Brachyteles hypoxanthus*). *Biodivers Conserv.* 2006;15: 4197–  
562 4210. doi:10.1007/s10531-005-3575-1
- 563 46. Allen CR, Pearlstine LG, Kitchens WM. Modeling viable mammal populations in gap  
564 analyses. *Biol Conserv.* 2001;99: 135–144. doi:10.1016/S0006-3207(00)00084-7
- 565 47. Almeida AS, Vieira IC. Centro De Endemismo Belém: Status Da Vegetação Remanescente E

- 566           Desafios Para a Conservação Da Biodiversidade E Restauração Ecológica. REU-Revista  
567           Estud Univ. 2010;36: 95–111. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2
- 568   48.   Campos IB. Identificando Vacíos Clave de Información y Posibles Acciones  
569           Conservacionistas a través de un Análisis de Viabilidad Poblacional para *Cebus kaapori*  
570           Queiroz, 1992 (Cebidae-Primate), un Primate del Este Amazónico en Peligro Crítico de  
571           Extinción. 2009.
- 572   49.   Chapman CA, Bonnell TR, Gogarten JF, Lambert JE, Omeja PA, Twinomugisha D, et al.  
573           Are Primates Ecosystem Engineers? Int J Primatol. 2013;34: 1–14. doi:10.1007/s10764-012-  
574           9645-9
- 575   50.   Lopes MA, Ferrari SF. Primate conservation in eastern Brazilian Amazonia. Neotrop  
576           Primates. 1993;1: 8–9.
- 577
- 578

## 579 **Anexo**

580 **Anexo 1:** Normas da revista PLoS ONE, a qual o artigo será encaminhado para publicação.

### 581 **Related information for authors**

582 - Submission system

583 - Journal scope and publication criteria

584 - Getting started guide

585 - Guidelines for revisions

586 - Publication fees

587 - Chinese translation of PLOS policies: PLOS编辑与出版规定

### 588 **Style and Format**

#### 589 *File format*

590 Manuscript files can be in the following formats: DOC, DOCX, or RTF. Microsoft Word  
591 documents should not be locked or protected.

592 LaTeX manuscripts must be submitted as PDFs. Read the LaTeX guidelines.

#### 593 *Length*

594 Manuscripts can be any length. There are no restrictions on word count, number of figures, or  
595 amount of supporting information.

596 We encourage you to present and discuss your findings concisely.

#### 597 *Font*

598 Use a standard font size and any standard font, except for the font named “Symbol”. To add  
599 symbols to the manuscript, use the Insert → Symbol function in your word processor or paste in the  
600 appropriate Unicode character.

#### 601 *Headings*

602 Limit manuscript sections and sub-sections to 3 heading levels. Make sure heading levels are  
603 clearly indicated in the manuscript text.

604

#### 605 *Layout and spacing*

606 Manuscript text should be double-spaced. Do not format text in multiple columns.

#### 607 *Page and line numbers*

608 Include page numbers and line numbers in the manuscript file. Use continuous line numbers (do  
609 not restart the numbering on each page).

#### 610 *Footnotes*

611 Footnotes are not permitted. If your manuscript contains footnotes, move the information into the  
612 main text or the reference list, depending on the content.

### 613 *Language*

614 Manuscripts must be submitted in English.

615 You may submit translations of the manuscript or abstract as supporting information. Read the  
616 supporting information guidelines.

### 617 *Abbreviations*

618 Define abbreviations upon first appearance in the text.

619 Do not use non-standard abbreviations unless they appear at least three times in the text. Keep  
620 abbreviations to a minimum.

### 621 *Reference style*

622 PLOS uses “Vancouver” style, as outlined in the ICMJE sample references. See reference  
623 formatting examples and additional instructions below.

### 624 *Equations*

625 We recommend using MathType for display and inline equations, as it will provide the most  
626 reliable outcome. If this is not possible, Equation Editor or Microsoft's Insert→Equation function is  
627 acceptable.

628 Avoid using MathType, Equation Editor, or the Insert→Equation function to insert single variables  
629 (e.g., “ $a^2 + b^2 = c^2$ ”), Greek or other symbols (e.g.,  $\beta$ ,  $\Delta$ , or ' [prime]), or mathematical operators  
630 (e.g.,  $x$ ,  $\geq$ , or  $\pm$ ) in running text. Wherever possible, insert single symbols as normal text with the  
631 correct Unicode (hex) values.

632 Do not use MathType, Equation Editor, or the Insert→Equation function for only a portion of an  
633 equation. Rather, ensure that the entire equation is included. Equations should not contain a mix of  
634 different equation tools. Avoid “hybrid” inline or display equations, in which part is text and part is  
635 MathType, or part is MathType and part is Equation Editor.

### 636 *Nomenclature*

637 Use correct and established nomenclature wherever possible.

638 Units of measurement: Use SI units. If you do not use these exclusively, provide the SI value in  
639 parentheses after each value. Read more about SI units.

640 Drugs: Provide the Recommended International Non-Proprietary Name (rINN).

641 Species names: Write in italics (e.g., *Homo sapiens*). Write out in full the genus and species, both in  
642 the title of the manuscript and at the first mention of an organism in a paper. After first mention, the  
643 first letter of the genus name followed by the full species name may be used (e.g., *H. sapiens*).

644 Genes, mutations, genotypes, and alleles: Write in italics. Use the recommended name by  
645 consulting the appropriate genetic nomenclature database (e.g., HUGO for human genes). It is



646 sometimes advisable to indicate the synonyms for the gene the first time it appears in the text. Gene  
 647 prefixes such as those used for oncogenes or cellular localization should be shown in roman  
 648 typeface (e.g., v-fes, c-MYC).

649 Allergens: The systematic allergen nomenclature of the World Health Organization/International  
 650 Union of Immunological Societies (WHO/IUIS) Allergen Nomenclature Sub-committee should be  
 651 used for manuscripts that include the description or use of allergenic proteins. For manuscripts  
 652 describing new allergens, the systematic name of the allergen should be approved by the  
 653 WHO/IUIS Allergen Nomenclature Sub-Committee prior to manuscript publication. Examples of  
 654 the systematic allergen nomenclature can be found at the WHO/IUIS Allergen Nomenclature site.

#### 655 *Copyediting manuscripts*

656 Prior to submission, authors who believe their manuscripts would benefit from professional editing  
 657 are encouraged to use language-editing and copyediting services. Obtaining this service is the  
 658 responsibility of the author, and should be done before initial submission. These services can be  
 659 found on the web using search terms like “scientific editing service” or “manuscript editing  
 660 service.”

661 Submissions are not copyedited before publication.

662 Submissions that do not meet the PLOS ONE publication criterion for language standards may be  
 663 rejected.

#### 664 **Manuscript Organization**

665 Manuscripts should be organized as follows. Instructions for each element appear below the list.

##### 666 *Beginning section*

667 The following elements are required, in order:

- 668 - Title page: List title, authors, and affiliations as first page of manuscript
- 669 - Abstract
- 670 - Introduction

##### 671 *Middle section*

672 The following elements can be renamed as needed and presented in any order:

- 673 - Materials and Methods
- 674 - Results
- 675 - Discussion
- 676 - Conclusions (optional)

##### 677 *Ending section*

678 The following elements are required, in order:

- 679 - Acknowledgments
- 680 - References

681 - Supporting information captions (if applicable)

682 *Other elements*

683 - Figure captions are inserted immediately after the first paragraph in which the figure is cited.

684 Figure files are uploaded separately.

685 - Tables are inserted immediately after the first paragraph in which they are cited.

686 - Supporting information files are uploaded separately.

687 Please refer to our downloadable sample files to ensure that your submission meets our formatting  
688 requirements:

689 - Download sample title, author list, and affiliations page (PDF)

690 - Download sample manuscript body (PDF)

691 - Viewing Figures and Supporting Information in the compiled submission PDF

692 The compiled submission PDF includes low-resolution preview images of the figures after the  
693 reference list. The function of these previews is to allow you to download the entire submission as  
694 quickly as possible. Click the link at the top of each preview page to download a high-resolution  
695 version of each figure. Links to download Supporting Information files are also available after the  
696 reference list.

## 697 **Parts of a Submission**

698 *Title*

699 Include a full title and a short title for the manuscript.

<b>Title</b>	<b>Length</b>	<b>Guidelines</b>	<b>Examples</b>
Full title	250 characters	Specific, descriptive, concise, and comprehensible to readers outside the field	Impact of cigarette smoke exposure on innate immunity: <i>A Caenorhabditis elegans</i> model Solar drinking water disinfection (SODIS) to reduce childhood diarrhoea in rural Bolivia: A cluster- randomized, controlled trial
Short title	100 characters	State the topic of the study	Cigarette smoke exposure and innate immunity SODIS and childhood diarrhoea

700  
701 Titles should be written in sentence case (only the first word of the text, proper nouns, and genus  
702 names are capitalized). Avoid specialist abbreviations if possible. For clinical trials, systematic  
703 reviews, or meta- analyses, the subtitle should include the study design.

704 **Author list**

705 - Authorship requirements

706 All authors must meet the criteria for authorship as outlined in the authorship policy. Those who  
707 contributed to the work but do not meet the criteria for authorship can be mentioned in the  
708 Acknowledgments. Read more about Acknowledgments.

709 The corresponding author must provide an ORCID iD at the time of submission by entering it in the  
710 user profile in the submission system. Read more about ORCID.

711 *Author names and affiliations*

712 Enter author names on the title page of the manuscript and in the online submission system. On the  
713 title page, write author names in the following order:

714 - First name (or initials, if used)

715 - Middle name (or initials, if used)

716 - Last name (surname, family name)

717 Each author on the list must have an affiliation. The affiliation includes department, university, or  
718 organizational affiliation and its location, including city, state/province (if applicable), and country.

719 Authors have the option to include a current address in addition to the address of their affiliation at  
720 the time of the study. The current address should be listed in the byline and clearly labeled “current  
721 address.” At a minimum, the address must include the author’s current institution, city, and country.

722 If an author has multiple affiliations, enter all affiliations on the title page only. In the submission  
723 system, enter only the preferred or primary affiliation. Author affiliations will be listed in the  
724 typeset PDF article in the same order that authors are listed in the submission.

725

726

727 - Author names will be published exactly as they appear in the manuscript file. Please double-  
728 check the information carefully to make sure it is correct.

729 *Corresponding author*

730 The submitting author is automatically designated as the corresponding author in the submission  
731 system. The corresponding author is the primary contact for the journal office and the only author  
732 able to view or change the manuscript while it is under editorial consideration.

733 The corresponding author role may be transferred to another coauthor. However, note that  
734 transferring the corresponding author role also transfers access to the manuscript. (To designate a  
735 new corresponding author while the manuscript is still under consideration, watch the video tutorial  
736 below.)

737 Only one corresponding author can be designated in the submission system, but this does not  
738 restrict the number of corresponding authors that may be listed on the article in the event of  
739 publication. Whoever is designated as a corresponding author on the title page of the manuscript file

740 will be listed as such upon publication. Include an email address for each corresponding author  
741 listed on the title page of the manuscript.

#### 742 *Consortia and group authorship*

743 If a manuscript is submitted on behalf of a consortium or group, include the consortium or group  
744 name in the author list, and provide the full list of consortium or group members in the  
745 Acknowledgments section. The consortium or group name should be listed in the manuscript file  
746 only, and not included in the online submission form. Please be aware that as of October 2016, the  
747 National Library of Medicine's (NLM) policy has changed and PubMed will only index individuals  
748 and the names of consortia or group authors listed in the author byline itself. Individual consortium  
749 or group author members need to be listed in the author byline in order to be indexed, and if  
750 included in the byline, must qualify for authorship according to our criteria.

751 - Read about the group authorship policy.

#### 752 *Author contributions*

753

754 Provide at minimum one contribution for each author in the submission system. Use the CRediT  
755 taxonomy to describe each contribution. Read the policy and the full list of roles.

756 Contributions will be published with the final article, and they should accurately reflect  
757 contributions to the work. The submitting author is responsible for completing this information at  
758 submission, and we expect that all authors will have reviewed, discussed, and agreed to their  
759 individual contributions ahead of this time.

760 PLOS ONE will contact all authors by email at submission to ensure that they are aware of the  
761 submission.

#### 762 *Cover letter*

763 Upload a cover letter as a separate file in the online system. The length limit is 1 page. The cover  
764 letter should include the following information:

- 765 - Summarize the study's contribution to the scientific literature
- 766 - Relate the study to previously published work
- 767 - Specify the type of article (for example, research article, systematic review, meta-analysis, clinical  
768 trial)
- 769 - Describe any prior interactions with PLOS regarding the submitted manuscript
- 770 - Suggest appropriate Academic Editors to handle your manuscript (see the full list of Academic  
771 Editors)
- 772 - List any opposed reviewers

773 **IMPORTANT:** Do not include requests to reduce or waive publication fees in the cover letter. This  
774 information will be entered separately in the online submission system.

775 Read about publication fee assistance.

776 *Title page*

777 The title, authors, and affiliations should all be included on a title page as the first page of the  
778 manuscript file.

779 Download our sample title, author list, and affiliations page (PDF)

780

781 *Abstract*

782 The Abstract comes after the title page in the manuscript file. The abstract text is also entered in a  
783 separate field in the submission system.

784 The Abstract should:

785 - Describe the main objective(s) of the study

786 - Explain how the study was done, including any model organisms used, without methodological  
787 detail

788 - Summarize the most important results and their significance

789 - Not exceed 300 words

790 Abstracts should not include:

791 - Citations

792 - Abbreviations, if possible

793 *Introduction*

794 The introduction should:

795 - Provide background that puts the manuscript into context and allows readers outside the field to  
796 understand the purpose and significance of the study

797 - Define the problem addressed and why it is important

798 - Include a brief review of the key literature

799 - Note any relevant controversies or disagreements in the field

800 - Conclude with a brief statement of the overall aim of the work and a comment about whether that  
801 aim was achieved

802 *Materials and Methods*

803 The Materials and Methods section should provide enough detail to allow suitably skilled  
804 investigators to fully replicate your study. Specific information and/or protocols for new methods  
805 should be included in detail. If materials, methods, and protocols are well established, authors may  
806 cite articles where those protocols are described in detail, but the submission should include  
807 sufficient information to be understood independent of these references.

808 Protocol documents for clinical trials, observational studies, and other non-laboratory investigations  
809 may be uploaded as supporting information. Read the supporting information guidelines for

810 formatting instructions. We recommend depositing laboratory protocols at protocols.io. Read  
811 detailed instructions for depositing and sharing your laboratory protocols.

#### 812 Human or animal subjects and/or tissue or field sampling

813 Methods sections describing research using human or animal subjects and/or tissue or field  
814 sampling must include required ethics statements. See the reporting guidelines for human research,  
815 clinical trials, animal research, and observational and field studies for more information.

#### 816 Data

817 PLOS journals require authors to make all data underlying the findings described in their  
818 manuscript fully available without restriction, with rare exception.

819 Large data sets, including raw data, may be deposited in an appropriate public repository. See our  
820 list of recommended repositories.

821 For smaller data sets and certain data types, authors may provide their data within supporting  
822 information files accompanying the manuscript. Authors should take care to maximize the  
823 accessibility and reusability of the data by selecting a file format from which data can be efficiently  
824 extracted (for example, spreadsheets or flat files should be provided rather than PDFs when  
825 providing tabulated data).

826 For more information on how best to provide data, read our policy on data availability. PLOS does  
827 not accept references to “data not shown.”

#### 828 Cell lines

829 Methods sections describing research using cell lines must state the origin of the cell lines used. See  
830 the reporting guidelines for cell line research for more information.

#### 831 Laboratory Protocols

832 To enhance the reproducibility of your results, we recommend and encourage you to deposit  
833 laboratory protocols in protocols.io, where protocols can be assigned their own persistent digital  
834 object identifiers (DOIs).

835 To include a link to a protocol in your article:

836 1. Describe your step-by-step protocol on protocols.io

837 2. Select Get DOI to issue your protocol a persistent digital object identifier (DOI)

838 3. Include the DOI link in the Methods section of your manuscript using the following format  
839 provided by protocols.io: [http://dx.doi.org/10.17504/protocols.io.\[PROTOCOL DOI\]](http://dx.doi.org/10.17504/protocols.io.[PROTOCOL DOI])

840 At this stage, your protocol is only visible to those with the link. This allows editors and reviewers  
841 to consult your protocol when evaluating the manuscript. You can make your protocols public at  
842 any time by selecting Publish on the protocols.io site. Any referenced protocol(s) will automatically  
843 be made public when your article is published.

#### 844 New taxon names

845 Methods sections of manuscripts adding new taxon names to the literature must follow the reporting  
846 guidelines below for a new zoological taxon, botanical taxon, or fungal taxon.

#### 847 *Results, Discussion, Conclusions*

848 These sections may all be separate, or may be combined to create a mixed Results/Discussion  
849 section (commonly labeled “Results and Discussion”) or a mixed Discussion/Conclusions section  
850 (commonly labeled “Discussion”). These sections may be further divided into subsections, each  
851 with a concise subheading, as appropriate. These sections have no word limit, but the language  
852 should be clear and concise.

853 Together, these sections should describe the results of the experiments, the interpretation of these  
854 results, and the conclusions that can be drawn.

855 Authors should explain how the results relate to the hypothesis presented as the basis of the study  
856 and provide a succinct explanation of the implications of the findings, particularly in relation to  
857 previous related studies and potential future directions for research.

858 PLOS ONE editorial decisions do not rely on perceived significance or impact, so authors should  
859 avoid overstating their conclusions. See the PLOS ONE Criteria for Publication for more  
860 information.

#### 861 *Acknowledgments*

862 Those who contributed to the work but do not meet our authorship criteria should be listed in the  
863 Acknowledgments with a description of the contribution.

864 Authors are responsible for ensuring that anyone named in the Acknowledgments agrees to be  
865 named.

866 - Do not include funding sources in the Acknowledgments or anywhere else in the manuscript  
867 file. Funding information should only be entered in the financial disclosure section of the  
868 submission system.

#### 869 *References*

870 Any and all available works can be cited in the reference list. Acceptable sources include:

871 - Published or accepted manuscripts

872 - Manuscripts on preprint servers, providing the manuscript has a citable DOI or arXiv URL. Read  
873 the Preprint Policy.

874 Do not cite the following sources in the reference list:

875 - Unavailable and unpublished work, including manuscripts that have been submitted but not yet  
876 accepted (e.g., “unpublished work,” “data not shown”). Instead, include those data as  
877 supplementary material or deposit the data in a publicly available database.

878 - Personal communications (these should be supported by a letter from the relevant authors but not  
879 included in the reference list)

880 References are listed at the end of the manuscript and numbered in the order that they appear in the  
 881 text. In the text, cite the reference number in square brackets (e.g., “We used the techniques  
 882 developed by our colleagues [19] to analyze the data”). PLOS uses the numbered citation (citation-  
 883 sequence) method and first six authors, et al.

884 Do not include citations in abstracts or author summaries.

885 Make sure the parts of the manuscript are in the correct order before ordering the citations.

886 *Formatting references*

887

888 - Because all references will be linked electronically as much as possible to the papers they  
 889 cite, proper formatting of the references is crucial.

890 PLOS uses the reference style outlined by the International Committee of Medical Journal Editors  
 891 (ICMJE) also referred to as the “Vancouver” style. Example formats are listed below. Additional  
 892 examples are in the ICMJE sample references.

893 A reference management tool, EndNote, offers a current style file that can assist you with the  
 894 formatting of your references. If you have problems with any reference management program,  
 895 please contact the source company's technical support.

896 Journal name abbreviations should be those found in the National Center for Biotechnology  
 897 Information (NCBI) databases.

Source	Format
Published articles	<p>Hou WR, Hou YL, Wu GF, Song Y, Su XL, Sun B, et al. cDNA, genomic sequence cloning and overexpression of ribosomal protein gene L9 (rpL9) of the giant panda (<i>Ailuropoda melanoleuca</i>). <i>Genet Mol Res</i>. 2011;10: 1576-1588.</p> <p>Devaraju P, Gulati R, Antony PT, Mithun CB, Negi VS. Susceptibility to SLE in South Indian Tamils may be influenced by genetic selection pressure on TLR2 and TLR9 genes. <i>Mol Immunol</i>. 2014 Nov 22. pii: S0161-5890(14)00313-7. doi: 10.1016/j.molimm.2014.11.005.</p> <p>Note: A DOI number for the full-text article is acceptable as an alternative to or in addition to traditional volume and page numbers. When providing a DOI, adhere to the format in the example above with both the label and full DOI included at the end of the reference (doi: 10.1016/j.molimm.2014.11.005). Do not provide a shortened DOI or the URL.</p>
Accepted,	Same as published articles, but substitute “Forthcoming” for page numbers



unpublished articles	or DOI.
Online articles	Huynen MMTE, Martens P, Hilderink HBM. The health impacts of globalisation: a conceptual framework. <i>Global Health</i> . 2005;1: 14. Available from: <a href="http://www.globalizationandhealth.com/content/1/1/14">http://www.globalizationandhealth.com/content/1/1/14</a>
Books	Bates B. <i>Bargaining for life: A social history of tuberculosis</i> . 1st ed. Philadelphia: University of Pennsylvania Press; 1992.
Book chapters	Hansen B. New York City epidemics and history for the public. In: Harden VA, Risse GB, editors. <i>AIDS and the historian</i> . Bethesda: National Institutes of Health; 1991. pp. 21-28.
Deposited articles (preprints, e-prints, or arXiv)	Krick T, Shub DA, Verstraete N, Ferreiro DU, Alonso LG, Shub M, et al. Amino acid metabolism conflicts with protein diversity; 1991. Preprint. Available from: arXiv:1403.3301v1. Cited 17 March 2014.
Published media (print or online newspapers and magazine articles)	Fountain H. For Already Vulnerable Penguins, Study Finds Climate Change Is Another Danger. <i>The New York Times</i> . 29 Jan 2014. Available from: <a href="http://www.nytimes.com/2014/01/30/science/earth/climate-change-taking-toll-on-penguins-study-finds.html">http://www.nytimes.com/2014/01/30/science/earth/climate-change-taking-toll-on-penguins-study-finds.html</a> Cited 17 March 2014.
New media (blogs, web sites, or other written works)	Allen L. Announcing PLOS Blogs. 2010 Sep 1 [cited 17 March 2014]. In: PLOS Blogs [Internet]. San Francisco: PLOS 2006 - . [about 2 screens]. Available from: <a href="http://blogs.plos.org/plos/2010/09/announcing-plos-blogs/">http://blogs.plos.org/plos/2010/09/announcing-plos-blogs/</a> .
Masters' theses or doctoral dissertations	Wells A. Exploring the development of the independent, electronic, scholarly journal. M.Sc. Thesis, The University of Sheffield. 1999. Available from: <a href="http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?2e09">http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?2e09</a>
Databases and repositories	Roberts SB. QPX Genome Browser Feature Tracks; 2013 [cited 2013 Oct 5]. Database: figshare [Internet]. Available from: <a href="http://figshare.com/articles/QPX_Genome_Browser_Feature_Tracks/701214">http://figshare.com/articles/QPX_Genome_Browser_Feature_Tracks/701214</a>

(Figshare, arXiv)	
Multimedia (videos, movies, or TV shows)	Hitchcock A, producer and director. Rear Window [Film]; 1954. Los Angeles: MGM.

898

899 *Supporting Information*

900 Authors can submit essential supporting files and multimedia files along with their manuscripts. All  
 901 supporting information will be subject to peer review. All file types can be submitted, but files must  
 902 be smaller than 10 MB in size.

903 Authors may use almost any description as the item name for a supporting information file as long  
 904 as it contains an “S” and number. For example, “S1 Appendix” and “S2 Appendix,” “S1 Table” and  
 905 “S2 Table,” and so forth.

906 Supporting information files are published exactly as provided, and are not copyedited.

907 *Supporting information captions*

908 List supporting information captions at the end of the manuscript file. Do not submit captions in a  
 909 separate file.

910 The file number and name are required in a caption, and we highly recommend including a one-line  
 911 title as well. You may also include a legend in your caption, but it is not required.

912 *Example caption*

913 S1 Text. Title is strongly recommended. Legend is optional.

914 *In-text citations*

915 We recommend that you cite supporting information in the manuscript text, but this is not a  
 916 requirement. If you cite supporting information in the text, citations do not need to be in numerical  
 917 order.

918

919

920 - Read the supporting information guidelines for more details about submitting supporting  
 921 information and multimedia files.

922 **Figures and Tables**923 *Figures*

924 Do not include figures in the main manuscript file. Each figure must be prepared and submitted as  
 925 an individual file.

926 Cite figures in ascending numeric order upon first appearance in the manuscript file.

927 - Read the guidelines for figures.

928 *Figure captions*

929 Figure captions must be inserted in the text of the manuscript, immediately following the paragraph  
930 in which the figure is first cited (read order). Do not include captions as part of the figure files  
931 themselves or submit them in a separate document.

932 At a minimum, include the following in your figure captions:

933 - A figure label with Arabic numerals, and “Figure” abbreviated to “Fig” (e.g. Fig 1, Fig 2, Fig 3,  
934 etc). Match the label of your figure with the name of the file uploaded at submission (e.g. a figure  
935 citation of “Fig 1” must refer to a figure file named “Fig1.tif”).

936 - A concise, descriptive title

937 The caption may also include a legend as needed.

938 - Read more about figure captions.

939 *Tables*

940 Cite tables in ascending numeric order upon first appearance in the manuscript file.

941 Place each table in your manuscript file directly after the paragraph in which it is first cited (read  
942 order). Do not submit your tables in separate files.

943 Tables require a label (e.g., “Table 1”) and brief descriptive title to be placed above the table. Place  
944 legends, footnotes, and other text below the table.

945

946 - Read the guidelines for tables.

947 *Data reporting*

948 All data and related metadata underlying the findings reported in a submitted manuscript should be  
949 deposited in an appropriate public repository, unless already provided as part of the submitted  
950 article.

951 - Read our policy on data availability.

952 Repositories may be either subject-specific (where these exist) and accept specific types of  
953 structured data, or generalist repositories that accept multiple data types. We recommend that  
954 authors select repositories appropriate to their field. Repositories may be subject-specific (e.g.,  
955 GenBank for sequences and PDB for structures), general, or institutional, as long as DOIs or  
956 accession numbers are provided and the data are at least as open as CC BY. Authors are encouraged  
957 to select repositories that meet accepted criteria as trustworthy digital repositories, such as criteria  
958 of the Centre for Research Libraries or Data Seal of Approval. Large, international databases are  
959 more likely to persist than small, local ones.

960 - See our list of recommended repositories.

961 To support data sharing and author compliance of the PLOS data policy, we have integrated our  
962 submission process with a select set of data repositories. The list is neither representative nor  
963 exhaustive of the suitable repositories available to authors. Current repository integration partners  
964 include Dryad and FlowRepository. Please contact [data@plos.org](mailto:data@plos.org) to make recommendations for  
965 further partnerships.

966 Instructions for PLOS submissions with data deposited in an integration partner repository:

- 967 - Deposit data in the integrated repository of choice.
- 968 - Once deposition is final and complete, the repository will provide you with a dataset DOI  
969 (provisional) and private URL for reviewers to gain access to the data.
- 970 - Enter the given data DOI into the full Data Availability Statement, which is requested in the  
971 Additional Information section of the PLOS submission form. Then provide the URL passcode in  
972 the Attach Files section.

973 If you have any questions, please email us.

974

#### 975 *Accession numbers*

976 All appropriate data sets, images, and information should be deposited in an appropriate public  
977 repository. See our list of recommended repositories.

978 Accession numbers (and version numbers, if appropriate) should be provided in the Data  
979 Availability Statement. Accession numbers or a citation to the DOI should also be provided when  
980 the data set is mentioned within the manuscript.

981 In some cases authors may not be able to obtain accession numbers of DOIs until the manuscript is  
982 accepted; in these cases, the authors must provide these numbers at acceptance. In all other cases,  
983 these numbers must be provided at submission.

#### 984 Identifiers

985 As much as possible, please provide accession numbers or identifiers for all entities such as genes,  
986 proteins, mutants, diseases, etc., for which there is an entry in a public database, for example:

- 987 - Ensembl
- 988 - Entrez Gene
- 989 - FlyBase
- 990 - InterPro
- 991 - Mouse Genome Database (MGD)
- 992 - Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM)
- 993 - PubChem

994 Identifiers should be provided in parentheses after the entity on first use.

#### 995 *Striking image*

996 You can choose to upload a “Striking Image” that we may use to represent your article online in  
997 places like the journal homepage or in search results.

998 The striking image must be derived from a figure or supporting information file from the  
999 submission, i.e., a cropped portion of an image or the entire image. Striking images should ideally  
1000 be high resolution, eye- catching, single panel images, and should ideally avoid containing added  
1001 details such as text, scale bars, and arrows.

1002 If no striking image is uploaded, we will designate a figure from the submission as the striking  
1003 image.

1004 - Striking images should not contain potentially identifying images of people. Read our policy on  
1005 identifying information.

1006 The PLOS licenses and copyright policy also applies to striking images.

### 1007 **Additional Information Requested at Submission**

#### 1008 *Funding Statement*

1009 This information should not be in your manuscript file; you will provide it via our submission  
1010 system.

1011 This information will be published with the final manuscript, if accepted, so please make sure that  
1012 this is accurate and as detailed as possible. You should not include this information in your  
1013 manuscript file, but it is important to gather it prior to submission, because your financial disclosure  
1014 statement cannot be changed after initial submission.

1015 Your statement should include relevant grant numbers and the URL of any funder's web site. Please  
1016 also state whether any individuals employed or contracted by the funders (other than the named  
1017 authors) play any role in: study design, data collection and analysis, decision to publish, or  
1018 preparation of the manuscript. If so, please name the individual and describe their role.

1019 - Read our policy on disclosure of funding sources.

#### 1020 *Competing Interests*

1021 This information should not be in your manuscript file; you will provide it via our submission  
1022 system.

1023 All potential competing interests must be declared in full. If the submission is related to any patents,  
1024 patent applications, or products in development or for market, these details, including patent  
1025 numbers and titles, must be disclosed in full.

1026

1027 - Read our policy on competing interests.

#### 1028 *Manuscripts disputing published work*

1029 For manuscripts disputing previously published work, it is PLOS ONE policy to invite a signed  
1030 review by the disputed author during the peer review process. This procedure is aimed at ensuring a  
1031 thorough, transparent, and productive review process.

1032 If the disputed author chooses to submit a review, it must be returned in a timely fashion and  
1033 contain a full declaration of all competing interests. The Academic Editor will consider any such  
1034 reviews in light of the competing interest.

1035 Authors submitting manuscripts disputing previous work should explain the relationship between  
1036 the manuscripts in their cover letter, and will be required to confirm that they accept the conditions  
1037 of this review policy before the manuscript is considered further.

#### 1038 *Related manuscripts*

1039 Upon submission, authors must confirm that the manuscript, or any related manuscript, is not  
1040 currently under consideration or accepted elsewhere. If related work has been submitted to PLOS  
1041 ONE or elsewhere, authors must include a copy with the submitted article. Reviewers will be asked  
1042 to comment on the overlap between related submissions.

1043 We strongly discourage the unnecessary division of related work into separate manuscripts, and we  
1044 will not consider manuscripts that are divided into “parts.” Each submission to PLOS ONE must be  
1045 written as an independent unit and should not rely on any work that has not already been accepted  
1046 for publication. If related manuscripts are submitted to PLOS ONE, the authors may be advised to  
1047 combine them into a single manuscript at the editor's discretion.

1048 PLOS does support authors who wish to share their work early and receive feedback before formal  
1049 peer review. Deposition of manuscripts with preprint servers does not impact consideration of the  
1050 manuscript at any PLOS journal.

1051 Authors choosing bioRxiv may now concurrently submit directly to select PLOS journals through  
1052 bioRxiv's direct transfer to journal service.

1053

1054

1055 - Read our policies on related manuscripts and preprint servers.