

RELATÓRIO DO PRODUTO Nº 3 DO CONTRATO
2015/ 000139 —BRA/ 11/ 001: CENÁRIOS FUTUROS DA
MUDANÇA NO CLIMA E SEUS IMPACTOS SOBRE A
BIODIVERSIDADE BRASILEIRA

Priscila Lemes de Azevedo Silva

Sumário

1. Introdução.....	5
2. Métodos.....	10
3. Resultados e Discussão	13
3.1. Anfíbios.....	16
3.2. Aves.....	21
3.3. Mamíferos.....	26
3.3. Borboletas.....	31
4. Conclusões e Recomendações.....	35
5. Referências Bibliográficas	37

Lista de Tabelas

Tabela 1: O TSS foi empregado para avaliar a acurácia dos modelos para cada uma das espécies de anfíbios, aves, mamíferos e borboletas frugívoras que ocorrem no Brasil. O TSS varia entre -1 e +1, onde os valores iguais a um (+1) são a perfeita predição do modelo, enquanto que valores menores ou iguais a zero (≤ 0) a predição não é melhor do que o acaso. 14

Tabela 2. Área total da distribuição do nicho climático das espécies de anfíbios e percentuais correspondente nos biomas brasileiros segundo os modelos de nicho climático (Françoso 2016). Os dados estão informados para o ano de 2000 e para 2050, baseado em modelos HadGEM2-ES em duas projeções de concentração de gases de efeito estufa (RCP4.5 e RCP8.5). As abreviações correspondem a Amazônia (Am), Caatinga (Ca), Cerrado (Ce), Mata Atlântica (MA), Pampa (Pam), Pantanal (Pan), áreas de transição climática (TC). A área total (AT) corresponde à distribuição geográfica potencial da espécie em toda a América do Sul. 17

Tabela 3. Área total da distribuição do nicho climático das espécies de aves e percentuais correspondentes nos biomas brasileiros segundo os modelos de nicho climático (Françoso 2016). Os dados estão informados para o ano de 2000 e para 2050, baseado em modelos HadGEM2-ES em duas projeções de concentração de gases de efeito estufa (RCP4.5 e RCP8.5). As abreviações correspondem a Amazônia (Am), Caatinga (Ca), Cerrado (Ce), Mata Atlântica (MA), Pampa (Pam), Pantanal (Pan), áreas

Lista de Figuras

Figura 1. Número de artigos sobre Mudanças Climáticas (N = 56). Publicações de 2003 a 2015 (Lemes 2016a).	8
Figura 2. Distribuição dos nichos climáticos dos biomas brasileiros (Françoso 2016b).	13
Figura 3. Distribuição do nicho climático das espécies de anfíbios que ocorrem no Brasil.	18
Figura 4. Distribuição do nicho climático de espécies de aves que ocorrem no Brasil.	23
Figura 5. Distribuição do nicho climático de espécies de mamíferos que ocorrem no Brasil.	27
Figura 6. Distribuição do nicho climático de espécies de borboletas frugívoras que ocorrem no Brasil.	31

1. Introdução

A expansão da agricultura, a sobre-exploração dos recursos naturais e a introdução de espécies invasoras são consideradas as principais ameaças à biodiversidade e, atualmente, são responsáveis pela extinção de muitas espécies (Brook et al. 2008). No entanto, pesquisas recentes demonstram que o aquecimento global será uma ameaça ainda mais severa para a biodiversidade (IPCC 2007; IPCC 2013). Os modelos preditivos de distribuição de espécies são uma importante ferramenta para os estudos de impacto das mudanças climáticas sobre a biodiversidade (Pacifi et al. 2015). Tais modelos mostram como o aumento da temperatura, as mudanças na precipitação, além do aumento da frequência de eventos extremos devem afetar a distribuição das espécies em um futuro próximo (Garcia et al. 2014) e potencialmente deverá agir de forma sinérgica com outras

recente meta-análise avaliou a vulnerabilidade das espécies, principalmente as alterações quanto ao tamanho da distribuição geográfica (Pacifi et al. 2015), considerando que a vulnerabilidade ou “a predisposição da espécie ser afetada pelas mudanças do clima” deve considerar a exposição, a sensibilidade e a capacidade adaptativa da espécie diante de cenários futuros (IPCC 2013). Na África, Ásia e Europa, os modelos correlativos são mais utilizados para avaliar a vulnerabilidade das espécies às mudanças climáticas em curso, principalmente para aves, mamíferos e plantas (Pacifi et al. 2015).

No Brasil, as mudanças climáticas são as principais ameaças para, pelo menos, 40 espécies de diferentes grupos taxonômicos já avaliadas pela IUCN (2016) e, infelizmente, há poucas informações sobre a história natural, o que dificulta a previsão de resposta destas e de outras espécies da biodiversidade diante de cenários futuros

2015) que combinam registros de ocorrência das espécies e variáveis ambientais, como temperatura e precipitação. Os modelos são aplicados dentro de uma abordagem de envelope climático e avaliados se o nicho fundamental ocupado por uma espécie continuará, ou não, a existir na distribuição atual (Peterson et al. 2011). Tais modelos de distribuição têm indicado severas mudanças para diferentes grupos taxonômicos (Loyola et al. 2012; Ferro et al. 2014), com perda de adequabilidade climática e possíveis conflitos de conservação (Diniz-Filho et al. 2009). Souza et al. (2011) estimaram uma redução de até 45% da distribuição geográfica para aves endêmicas e ameaçadas da Mata Atlântica e, espécies ameaçadas como *Stymphalornis acutirostris* (bicudinho-do-brejo) e *Phylloscartes kronei* (maria-da-restinga), tornar-se-ão ainda mais ameaçadas diante da, também, intensa transformação de habitats.

Nem todas as espécies, porém, responderão negativamente a tais mudanças

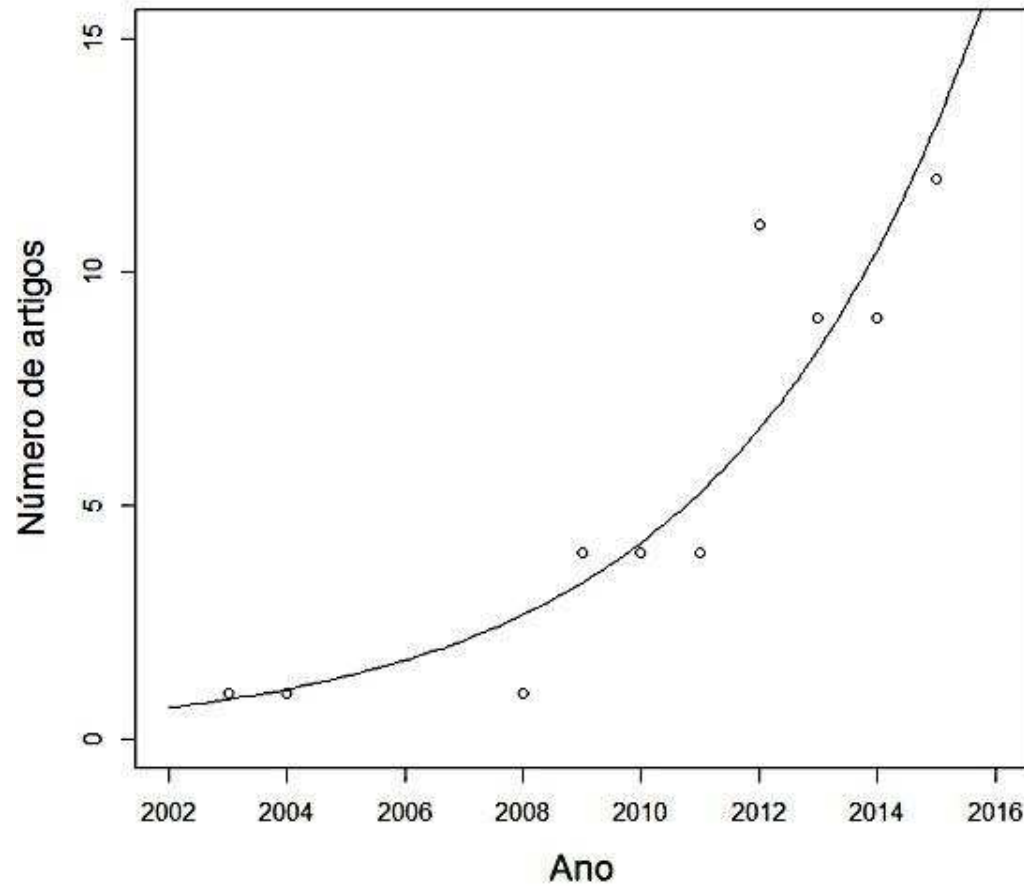


Figura 1. Número de artigos sobre Mudanças Climáticas (N = 56). Publicações de 2003 a 2015 (Lemes2016a).

A distribuição dos biomas também poderá ser alterada com as mudanças

frugívoras. Os grupos taxonômicos abordados no presente estudo foram selecionados são indicadores utilizados no módulo de monitoramento básico pelos programas de monitoramento da biodiversidade em Unidades de Conservação (UCs) pelo ICMBio (Pereira et al. 2013). Os programas de monitoramento avaliam o estado da biodiversidade ao longo do tempo e, quando bem estruturados e articulados, passam a ter importância estratégica para a gestão de UCs. Diante da diversidade de ecossistemas brasileiros, se faz necessária a seleção de poucos indicadores biológicos, representantes da fauna e da flora, que são importantes para o funcionamento dos ecossistemas e que apresentam potencial de discriminar níveis de impactos ambientais e cujas respostas representem os efeitos sobre outros grupos da biodiversidade.

Essa seleção, já realizada pelo ICMBio, é o resultado de oficinas envolvendo representantes da comunidade científica e de comunitários locais e uma criteriosa

As atividades desenvolvidas no presente estudo se insere no âmbito do projeto BRA/11/001. O BRA/11/001 é um projeto da Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), que tem como objetivo cooperar com os compromissos nacionais de implementar os dispositivos da Convenção sobre a Diversidade Biológica - CDB, da Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional (Convenção de Ramsar), da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – UNCCD e do Programa Antártico Brasileiro – PROANTAR, bem como promover a sinergia entre a CDB, a UNCCD e a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática – UNFCCC. Sendo assim, o projeto BRA/11/001, por meio do resultado deste produto, contribui através do diagnóstico do impacto da mudança do clima sobre a biodiversidade brasileira, de maneira a amparar a elaboração de políticas públicas de conservação da biodiversidade e adaptação às mudanças do

que a espécie exibe uma capacidade de dispersão ilimitada e ausência de interações biológicas (Soberón 2007).

O algoritmo usado aqui foi o de máxima entropia (MaxEnt, Phillips et al. 2006) usando o pacote “biomod2” (Thuiller et al. 2009) no ambiente R (R Core Team, 2015).

O MaxEnt usa dados de presença das espécies e variáveis ambientais nos locais de ocorrência para calcular a adequabilidade climáticas dos locais e a probabilidade de ocorrência da espécie. No presente estudo, os dados dos pontos de ocorrência para cada uma das espécies foram extraídos do Portal da Biodiversidade (<https://portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br/portal/>) e do Global Biodiversity Information Facility (<http://www.gbif.org/>). Geralmente, os dados de ocorrência são divididos em dois subconjuntos - treino e teste (Fielding & Bell 1997). Os modelos são calibrados com os dados de treino e os dados de teste indicam se as predições do

sazonalidade de temperatura, pluviosidade anual, sazonalidade da precipitação. Essas quatro variáveis foram selecionadas segundo padrões gerais de riqueza de espécies (Buckley & Jetz 2007) e, previamente, selecionadas como variáveis mais importantes para explicar a distribuição de biomas que influenciam a macro-distribuição de espécies da biodiversidade brasileira (Françoso 2016a). Para projetar as áreas que serão climaticamente adequadas para a ocorrência das espécies no futuro foram utilizados dados do modelo de circulação atmosférica HadGEM2 (Martin et al. 2011) para dois cenários de concentração de gases estufa para o ano de 2050, o 4.5 e o 8.5 (business as usual), apresentados pelo último relatório do IPCC (2014). Os modelos de nicho climático das espécies foram projetados para o clima atual, para o clima de 2050 para o cenário RCP 4.5 e para o clima de 2050 no cenário RCP 8.5. Mapas consenso para cada um dos três cenários foram obtidos a partir da combinação das projeções

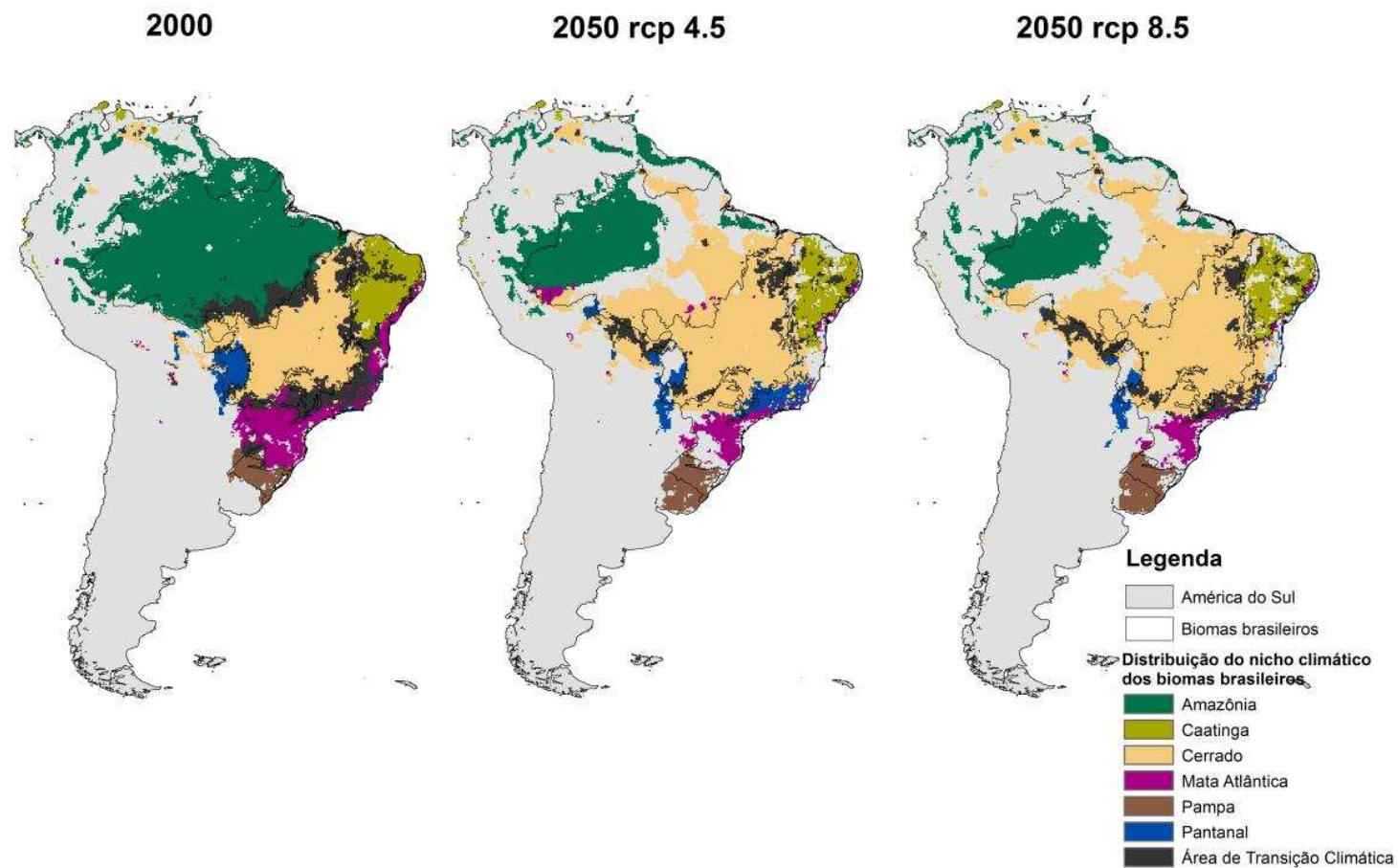


Figura 2. Distribuição dos nichos climáticos dos biomas brasileiros (Françoso 2016b).

todas as espécies, foram superiores a 0,7, ou seja, pelo menos 70% das presenças foram corretamente identificados pelo modelo (Tabela 1). Os resultados foram separados e discutidos para cada um dos grupos taxonômicos deste estudo.

Tabela 1: O TSS foi empregado para avaliar a acurácia dos modelos correlativos de distribuição para cada uma das espécies de anfíbios, aves, mamíferos e borboletas frugívoras que ocorrem no Brasil. O TSS varia entre -1 e +1, onde os valores iguais a um (+1) são a perfeita predição do modelo, enquanto que valores menores ou iguais a zero (≤ 0) a predição não é melhor do que o acaso.

Grupo taxonômico	Espécies	TSS
Anfíbios	<i>Barycholos ternetzi</i>	0,78
	<i>Dermatonotus muelleri</i>	0,77
	<i>Hypsiboas albomarginatus</i>	0,76
	<i>Phyllomedusa bicolor</i>	0,71
	<i>Rhinella ornata</i>	0,89
	<i>Amazona rhodocorytha</i>	0,70

Smyrna blomfildia	0,88
Yphtimoides celmis	0,63
Zaretis itys	0,76

3.1. Anfíbios

Os anfíbios constituem o grupo taxonômico com maior proporção de espécies ameaçadas de extinção, de todas as 6.525 espécies já avaliadas pela IUCN (2016), 30% estão sob alguma ameaça. As principais causas de ameaça são a destruição de habitats, a poluição, as espécies invasoras e, mais recentemente, as mudanças climáticas têm representado um fator importante neste processo (Foden et al. 2013; Pacifici et al. 2015). Os anfíbios possuem características que os tornam mais sensíveis às alterações no ambiente já que sua fisiologia e comportamento podem ser alterados pela temperatura (Navas et al. 2013), mas também precisam de água para reprodução ou, pelo menos, de microambientes mais úmidos (Haddad et al. 2013). Isso significa que as mudanças na precipitação e na disponibilidade de água devem reduzir a biodiversidade do grupo.

Segundo os modelos de nicho, no futuro a espécie deverá experimentar um aumento discreto na sua distribuição (Figura 3A), e as novas áreas climaticamente adequadas concentram-se nos limites do Cerrado, isso porque o bioma também deverá expandir climaticamente os seus limites (Figura 2; França 2016b), além das novas áreas na região da Amazônia das Guianas.

A rãzinha-come-cupim (*Dermatonotus muelleri*) é uma espécie endêmica da América do Sul, e no Brasil, pode ser encontrada na Caatinga e no Cerrado. A espécie possui comportamento fossorial a fim de evitar a dissecação em meses mais quentes e, durante as estações chuvosas, emerge para alimentação e reprodução (Nomura et al. 2009; Nomura & Rossa-Feres 2011). Os modelos preditivos de clima atual indicam que existem áreas climaticamente favoráveis para a ocorrência da espécie na Mata Atlântica, no Cerrado e no Pantanal (Tabela 2) e, considerando as projeções de clima

climáticas, a espécie poderá experimentar uma redução na distribuição geográfica na Amazônia entre 61,9-66,5% deslocando-se para o sul em áreas climaticamente favoráveis no Cerrado (Tabela 2; Figura 3D), para os diferentes cenários de concentração de gás carbônico atmosférico (RCP 4.5 e RCP 8.5).

O sapo-cururuzinho, *Rhinella ornata*, é um bufonídeo que ocorre na Mata Atlântica, principalmente, associado a ambientes abertos próximos de mata (Forti 2009) nas regiões do sul do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e norte do Paraná (Baldissera et al. 2004). A provável redução dos limites do nicho climático da Mata Atlântica deverá ocorrer especialmente nessa região (Françoso 2016b). Também é provável que a espécie aumente sua distribuição mais a noroeste em áreas de transição climática com o Cerrado. Dentre as espécies analisadas, nenhuma está na Lista Nacional de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (Portaria MMA

	2050 RCP 8.5	0,4	1,3	20,7	4,0	5,2	2,6	4,9	61,0	15,40*10 ⁴
Phyllomedusa bicolor	2000	56,5	0,1	2,1	0,6	0	0	3,8	36,7	13,51*10 ⁴
	2050 RCP 4.5	4,9	1,0	26,5	2,7	0	2,9	5,1	56,9	5,15*10 ⁴
	2050 RCP 8.5	0,5	1,9	28,3	1,1	0	2,9	6,4	58,9	4,52*10 ⁴
Rhinella ornata	2000	8,8	0	2,4	17,9	1,0	3,1	10,9	55,9	7,37*10 ⁴
	2050 RCP 4.5	11,8	0	7,7	8,4	2,8	7,4	1,0	60,9	8,09*10 ⁴
	2050 RCP 8.5	9,6	0	8,9	7,3	3,0	2,1	5,3	63,8	7,49*10 ⁴

2000

2050 rcp 4.5

2050 rcp 8.5

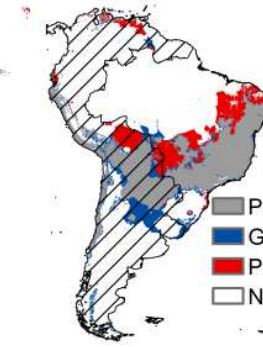
Sobreposição

A) Rãzinha-de-folhiço - *Barycholos ternetzi*



■ Presente e futuro
■ Ganho no futuro
■ Perda no futuro
□ Não ocorre

B) Rãzinha-come-cupim - *Dermatonotus muelleri*



■ Presente e futuro
■ Ganho no futuro
■ Perda no futuro
□ Não ocorre

C) Perereca-verde - *Hypsiboas albomarginatus*



■ Presente e futuro
■ Ganha no futuro
■ Perde no futuro
□ Não ocorre

3.2. Aves

Atualmente, 10% de todas as aves estão avaliadas como ameaçadas pelas mudanças climáticas (IUCN 2016). Segundo a Lista Nacional de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (Portaria MMA nº 444/2014 - Fauna Ameaçada), aproximadamente, 12% das espécies de aves brasileiras já avaliadas estão sob algum nível de ameaça de extinção. Os modelos preditivos indicam que em cenários futuros de clima haverá um aumento do risco de extinção para o grupo taxonômico (Jetz et al. 2007). Nesse contexto, a vulnerabilidade das aves às mudanças climáticas tem sido cada vez mais estudada (Foden et al. 2013) e múltiplos fatores têm sido associados ao aumento do risco de extinção que incluem desde a destruição de habitats naturais e o tamanho da distribuição geográfica (Harris & Pimm 2008; Machado & Loyola 2013). Além disso, características da biologia das espécies podem ser determinantes à

entre Cerrado e Pantanal com áreas climaticamente adequadas em transição climática (9,5% - Tabela 3). Segundo os modelos correlativos, em ambos cenários de clima no futuro (RCP 4.5 e RCP 8.5), a distribuição será reduzida na Mata Atlântica, mas expandirá nas áreas de Cerrado.

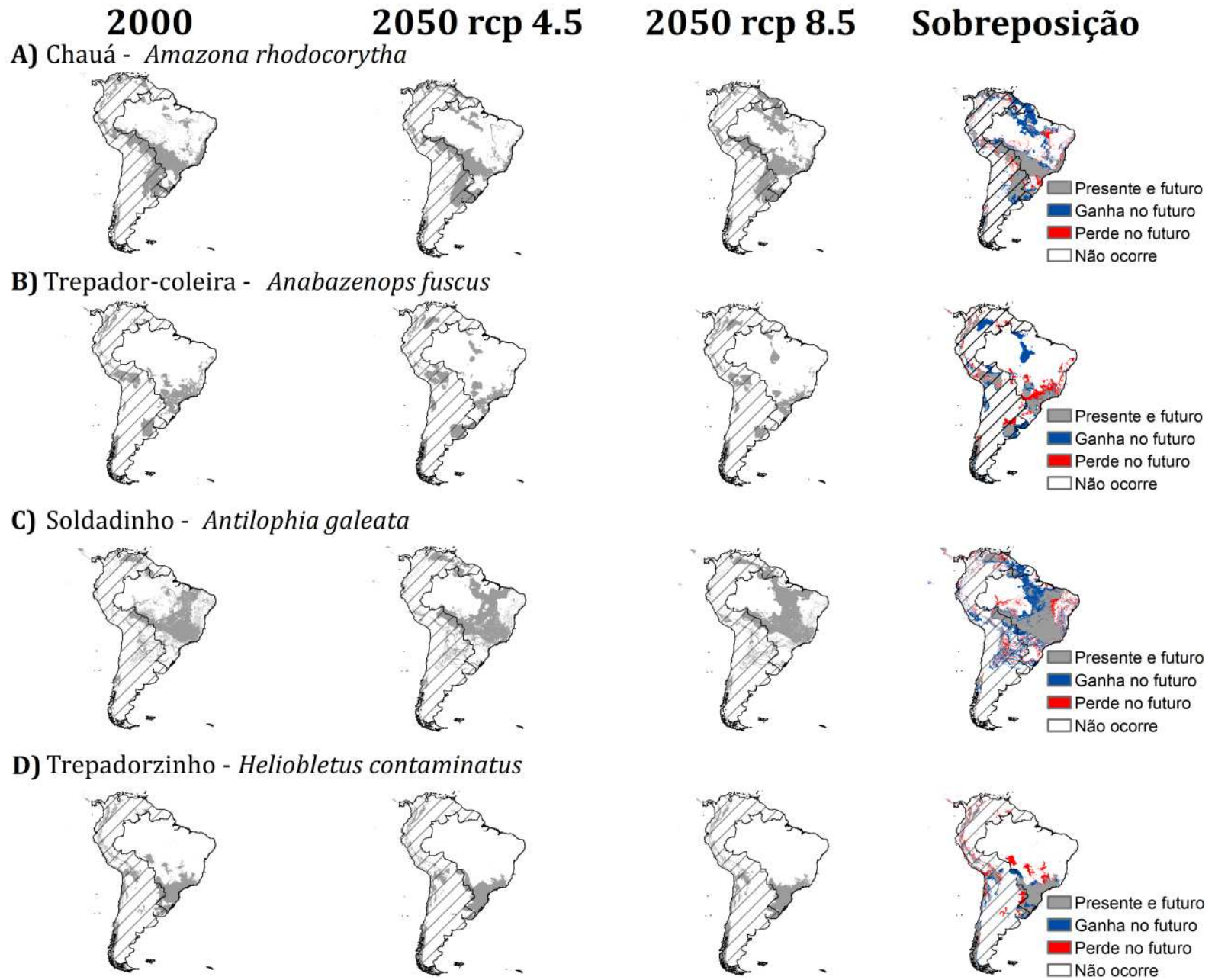
O trepador-coleira (*Anabazenops fuscus*) é um passeriforme comum em sub-bosque de florestas úmidas, capoeiras maduras e bordas de floresta (Rother et al. 2013). A distribuição conhecida da espécie estende-se do extremo sul da Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (BirdLife international 2012a). No entanto, considerando a amplitude do nicho climático da espécie, poderá ocorrer em áreas mais frias da Bolívia e também da Argentina. Em cenários futuros, a espécie deverá ter clima adequado para ocorrência fora dos biomas hoje delimitados (Tabela 3).

Os habitats naturais do trepadorzinho, *Heliobletus contaminatus*, são as florestas subtropicais, tanto em altas como em baixas altitudes (Sick 2001). Tem ocorrência conhecida na porção sul da Mata Atlântica e nos limites do bioma com o Cerrado (BirdLife international 2012b). Os diferentes cenários de clima futuro (RCP 4.5 e RCP 8.5) indicam que a espécie poderá experimentar um deslocamento mais ao sul e as áreas fora dos biomas já delimitados deverão ser mais importantes para a conservação da espécie (Figura 4D). O macuquinho-da-várzea (*Scytalopus iraiensis*) habita várzea de rios, onde a vegetação é alta e formam-se densas e fechadas tramas (BirdLife international 2013b). Tem distribuição conhecida, principalmente, nos Pampas e, possivelmente, ocorre também na porção mais fria ao sul da Mata Atlântica (Figura 4E). Com as mudanças climáticas em curso, a espécie poderá diminuir as áreas adequadas na Mata Atlântica e com a maior parte da distribuição fora dos biomas já

distribuição geográfica do uirapuruzinho seja reduzida entre 12-22%, e que aumente fora dos biomas já conhecidos (Tabela 3).

Tabela 3. Área total da distribuição do nicho climático das espécies de aves e percentuais correspondentes aos modelos de nicho climático dos biomas brasileiros (Françoso 2016). Os dados estão informados para o ano de 2000 e para 2050, baseado em modelos HadGEM2-ES em duas projeções de concentração de gases de efeito estufa (RCP4.5 e RCP8.5). As abreviações correspondem a Amazônia (Am), Caatinga (Ca), Cerrado (Ce), Mata Atlântica (MA), Pampa (Pam), Pantanal (Pan), áreas de transição climática (TC). A área total (AT) corresponde à distribuição geográfica da espécie em toda a América do Sul.

Espécie	Modelo	Am (%)	Ca (%)	Ce (%)	MA (%)	Pam (%)	Pant (%)	TC (%)	Fora dos biomas (%)	AT (km ²)
Amazona rhodocorytha	2000	9,5	0,8	13,5	11,2	2,8	5,1	9,5	47,5	11,4*10 ⁴
	2050 RCP 4.5	5,0	0,8	22,6	3,5	5,8	6,8	5,2	50,4	11,0*10 ⁴
	2050 RCP 8.5	2,5	0,4	32,0	1,7	5,0	3,3	7,3	47,7	12,9*10 ⁴
Anabazenops fuscus	2000	0,2	1,4	11,2	16,8	0,6	0,3	13,6	55,9	7,3*10 ⁴
	2050 RCP 4.5	0	0,3	13,8	8,5	2,6	5,8	1,1	67,9	6,9*10 ⁴
	2050 RCP 8.5	0	0,4	9,6	8,0	0,2	0,3	6,9	74,6	5,8*10 ⁴
Antilophia galeata	2000	14,8	3,7	33,7	4,5	0,6	2,5	16,3	24,0	11,0*10 ⁴
	2050 RCP 4.5	2,4	1,3	52,4	1,3	0,8	6,4	6,6	28,6	11,8*10 ⁴
	2050 RCP 8.5	1,1	1,1	60,8	0,8	0,8	1,3	7,6	26,5	12,2*10 ⁴



3.3 Mamíferos

O Brasil abriga a maior diversidade de mamíferos, com mais de 700 espécies (Paglia et al. 2012) e nos últimos anos, novas espécies têm sido descobertas (Pontes et al. 2013). Atualmente, 22% de todos os mamíferos estão sob algum nível de ameaça (IUCN 2016), sobretudo, devido às suas características biológicas, tais como grandes tamanhos de corpo e requisitos de área, baixas densidades e taxas de crescimento populacional lento, tornando-os mais vulneráveis à perda de habitat e fragmentação (Cardillo et al. 2005). Estudos recentes têm mostrado que as mudanças climáticas devem aumentar o risco de extinção (Loyola et al. 2012; Faleiro et al. 2013), com a redução de áreas de clima adequado para ocorrência das espécies. O tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e o tatu-canastra (*Priodontes maximus*), também poderão experimentar uma redução no tamanho da distribuição geográfica (Zimbres

importante para ocorrência da espécie, sobretudo, no Cerrado e na Mata Atlântica (Figura 5A). Em cenários futuros, a distribuição geográfica na Mata Atlântica, possivelmente, experimentará uma redução de até 60% (RCP 8.5), enquanto que em áreas de transição deverá encolher em até 88% no RCP 4.5 (Tabela 4).

O mocó (*Kerodon rupestris*) é uma espécie endêmica da Caatinga e pode ser encontrado em áreas rochosas com vegetação arbustiva (Catzeflis et al. 2008). No cenário RCP 4.5 de clima futuro, a espécie poderá ter a distribuição geográfica reduzida em, pelo menos, 9%, aumentando a distribuição em áreas de transição climática (Figura 5B). As áreas de ecótono climático podem ser importantes para a conservação, principalmente, devido à complexidade de paisagens que abrange uma grande diversidade de organismos (Françoso et al. 2016b). Nos cenários climáticos futuros, as espécies de Caatinga podem expandir a distribuição geográfica em áreas

cheiro (*Saimiri sciureus*) tem como habitats naturais florestas inundadas, ripárias, secundárias, restingas ou manguezais na Amazônia setentrional. Em cenários futuros de clima, a espécie poderá ocorrer em áreas predominantemente de Cerrado, com redução das áreas climaticamente adequadas na Amazônia e, possivelmente, deverá expandir sua distribuição fora dos biomas já conhecidos (Tabela 4). Por outro lado, a anta brasileira (*Tapirus terrestris*), deverá expandir sua distribuição em áreas de transição climática (Tabela 4). Além disso, também ocorre desde o sul da Venezuela até o norte da Argentina, habitando o Chaco paraguaio e vários biomas brasileiros (Figura 5). Na Caatinga, a espécie está regionalmente extinta e não existem registros recentes da espécie no interior do bioma. Hoje, a espécie está ameaçada de extinção (Naveda et al. 2008), sobretudo, devido à caça e a conversão de habitats naturais. Dentre as espécies que foram analisadas, duas estão como vulneráveis à extinção: a

Tabela 4. Área total da distribuição do nicho climático das espécies de mamíferos e percentuais correspondentes nos biomas brasileiros segundo os modelos de nicho climático (Françoso 2016). Os dados estão informados para o ano de 2000 e para 2050, baseado em modelos HadGEM2-ES em duas projeções de concentração de gases de efeito estufa (RCP4.5 e RCP8.5). As abreviações correspondem a Amazônia (Am), Caatinga (Ca), Cerrado (Ce), Mata Atlântica (MA), Pampa (Pam), Pantanal (Pan), áreas de transição climática (TC). A área total (AT) corresponde à distribuição geográfica potencial da espécie em toda a América do Sul.

Espécie	Modelo	Am (%)	Ca (%)	Ce (%)	MA (%)	Pam (%)	Pant (%)	TC (%)	Fora dos biomas (%)	AT (km ²)
Didelphis aurita	2000	1,7	1,9	8,9	20,5	4,2	3,0	13,0	46,8	7,11*10 ⁴
	2050 RCP 4.5	1,6	1,2	9,5	10,2	11,0	6,8	1,6	58,1	6,9*10 ⁴
	2050 RCP 8.5	0,2	0,7	12,2	8,4	11,3	1,6	7,2	58,3	6,8*10 ⁴
Kerodon rupestris	2000	4,0	12,1	19,1	1,8	0	1,6	10,0	51,2	13,1*10 ⁴
	2050 RCP 4.5	0,2	10,8	14,0	0,4	0	0,4	5,8	68,9	11,9*10 ⁴
	2050 RCP 8.5	0,2	8,6	23,2	0,4	0	0,5	5,4	61,7	13,9*10 ⁴
Lycalopex gymnocercus	2000	0	0	0	7,8	6,0	0,4	1,3	84,5	9,4*10 ⁴
	2050 RCP 4.5	0	0	0	4,0	8,9	2,0	0	85,1	8,7*10 ⁴
	2050 RCP 8.5	0	0	0	2,1	8,7	1,8	0	87,3	9,1*10 ⁴
Saimiri sciurens	2000	57,2	0,1	4,8	0,6	0	0,1	4,6	32,6	18,1*10 ⁴
	2050 RCP 4.5	24,4	0,1	25,9	1,5	0,2	0,7	1,4	45,7	20,3*10 ⁴
	2050 RCP 8.5	18,7	0	21,0	0,8	0,1	0,5	1,0	57,9	17,7*10 ⁴

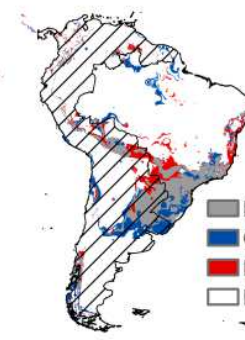
2000

2050 rcp 4.5

2050 rcp 8.5

Sobreposição

A) Gambá-de-orelha-preta - *Didelphis aurita*



■ Presente e futuro
■ Ganha no futuro
■ Perde no futuro
□ Não ocorre

B) Mocó - *Kerodon rupestris*



■ Presente e futuro
■ Ganha no futuro
■ Perde no futuro
□ Não ocorre

C) Graxaim-do-campo - *Lycalopex gymnocercus*



■ Presente e futuro
■ Ganha no futuro
■ Perde no futuro
□ Não ocorre

3.4. Borboletas

Borboletas compreendem cinco famílias dentro da ordem Lepidoptera (Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae e Hesperiiidae) e, no Brasil, há mais de 3.250 espécies (Freitas & Marini-Filho 2011). Vários estudos têm considerado as borboletas frugívoras como boas indicadoras de mudanças ambientais (Bonebrake et al. 2010; Soga et al. 2015), principalmente, devido a alguns aspectos da biologia do grupo. Ciclos complexos e curtos, com desenvolvimento em poucas semanas (Santos et al. 2016); diferentes estressores para as fases de lagarta e adulto e; a facilidade de amostragem e identificação também são algumas características importantes para o estudo das borboletas frugívoras (Uehara-Prado & Ribeiro 2012).

As borboletas frugívoras são um dos indicadores que compõem o

invertebrados mais úteis para diagnosticar os efeitos das mudanças climáticas (Menéndez et al. 2007; Devictor et al. 2012).

No Brasil, *Junonia evarete* tem ampla ocorrência na Amazônia, Mata Atlântica e no Cerrado, onde são encontradas, principalmente, em áreas de pastagem (Paseto et al. 2014). No clima futuro, a espécie deverá ter uma contração da distribuição em até 30% (Tabela 5), com deslocamento para a porção sul e perda de áreas climaticamente adequadas no Cerrado e Amazônia (Figura 6A). *Moneuptychia soter* é uma espécie conhecida para a Mata Atlântica e áreas de transição com o Pampa (Pedrotti et al. 2011). Os modelos de nicho climático indicam que pode haver áreas climaticamente adequadas na Amazônia devido a amplitude do nicho climático da espécie. No futuro, a espécie deverá ter uma redução da distribuição entre 20,9-23,5% (Figura 6B), em áreas de limite com a Mata Atlântica e Amazônia.

A borboleta *Ypthimoides celmis* tem ocorrência conhecida na Mata Atlântica e no Pampa, podendo ocorrer em fragmentos de mata circundados por lavouras (Giovenardi et al. 2008). Os modelos de nicho indicam que a espécie deve ter áreas adequadas também na Amazônia. Em 2050, a borboleta *Ypthimoides celmis* deverá expandir a sua distribuição geográfica na Amazônia e no Pampa (Figura 6E). *Zaretis itys* ocorre na Amazônia e deverá expandir a distribuição na Amazônia e nos biomas limítrofes (Tabela 5). Dentre as espécies analisadas, nenhuma está na Lista Nacional de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (Portaria MMA nº 444/2014 - Fauna Ameaçada).

Tabela 5. Área total da distribuição do nicho climático das espécies de borboletas frugívoras e percentuais correspondentes nos biomas brasileiros segundo os modelos de nicho climático (Françoso 2016). Os dados estão informados para o ano de 2000 e para 2050, baseado em modelos HadGEM2-ES em duas projeções de concentração de gases de efeito estufa (RCP4.5 e RCP8.5).

Espécie	Modelo	Am (%)	Ca (%)	Ce (%)	MA (%)	Pam (%)	Pant (%)	TC (%)	Fora dos biomas (%)	AT (km)
---------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	----------	--------	---------------------	---------

2050 RCP 8.5

5,2

0

0

1,4

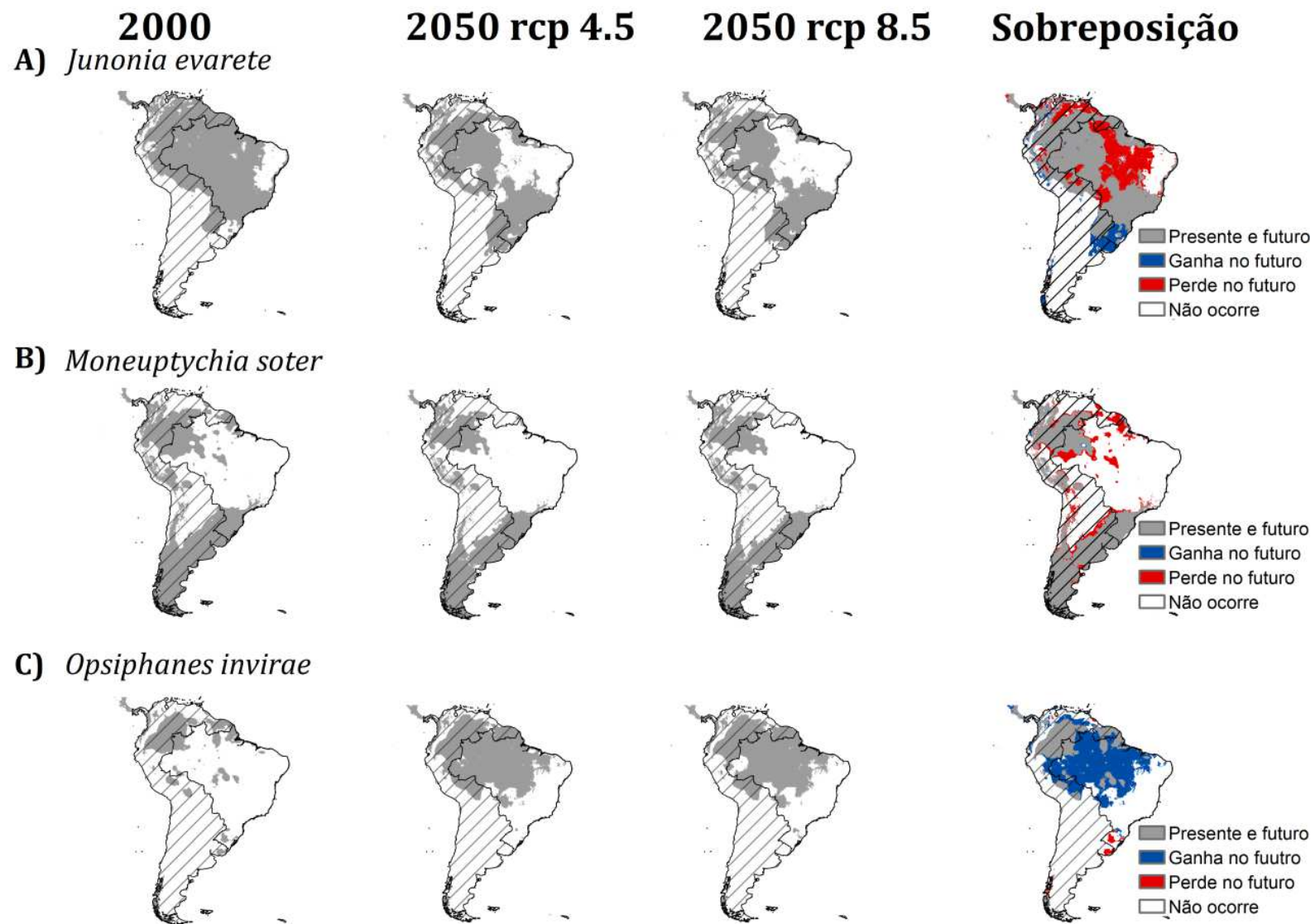
0,8

0

0

92,6

$3,3 \times 10^4$



4. Conclusões e Recomendações

As respostas das espécies às mudanças climáticas, geralmente, incluem as mudanças da distribuição geográfica para locais climaticamente mais adequados (Bellard et al. 2012). Apesar das várias limitações dos modelos de nicho climático, as mudanças climáticas deverão impactar a distribuição das espécies de diferentes maneiras. Porém, é necessário avaliar a modelagem de nicho climático com algumas ressalvas. Primeiro, os modelos são estáticos, ou seja, incorporam apenas as prováveis mudanças do clima e, outros fatores igualmente importantes para delimitação do nicho das espécies, como capacidade de dispersão, barreiras geográficas e interações das espécies não foram incluídas. Segundo, existem incertezas no que tange a obtenção dos dados, a escolha do modelo climático (HadGEM2) ou do algoritmo de modelagem (MaxEnt) a ser empregado, além da escolha do limiar de decisão e o

áreas adequadas e potencial expansão na distribuição. Esse é o caso da espécie de borboleta *Opsiphanes invirae*, que deve ter sua distribuição aumentada no futuro, caso as previsões do clima futuro se confirmem e, potencialmente, representará uma ameaça às atividades agrícolas.

Com base nos resultados, enfatiza-se a necessidade de (1) monitoramento das populações de espécies endêmicas, como *Phyllomedusa bicolor* que deve reduzir sua área de ocorrência nos cenários futuros; (2) realização de pesquisas de campo, especialmente voltada para espécies conhecidas em alguns locais, para aumentar os registros de ocorrência e, conseqüentemente, melhorar os modelos de distribuição; (3) inclusão dos efeitos da mudança climática sobre a distribuição das espécies para a identificação de locais que complementem a atual rede de áreas protegidas, como já foi proposto para diferentes grupos (Faleiro et al. 2013; Lemes & Loyola 2013). O

prioritárias e planejamento de ações visando conservar a biodiversidade frente às alterações climáticas. Porém, além de criar novas áreas protegidas, também é necessário que se avalie se a rede atual de unidades de conservação no Brasil irão conservar de maneira eficiente as espécies diante das mudanças climáticas. Para isso, os Programas de Monitoramento de espécies em UCs se faz extremamente necessário para avaliar se a rede atual de áreas protegidas do Brasil está sendo eficiente em reduzir os impactos das mudanças climáticas na biodiversidade brasileira.

5. Referências Bibliográficas

ALLOUCHE O. et al. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43: 1223-1232, 2006.

ANADÓN J.D. Climate change will increase savannas at the expense of forests and treeless vegetation in tropical and subtropical Americas. *Journal of Ecology* 102: 1363-1373, 2014.

ADAMSON D. & STEWART C. E. (2011) The impact of climate change on the distribution of species in the tropics. *Journal of Applied Ecology* 48: 222-227.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. *Amazona rhodocorytha*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T22686288A48049107. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T22686288A48049107.en>. Downloaded on 22 August 2016, 2013a

BIRDLIFE INTERNATIONAL. *Scytalopus iraiensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T22728464A50440226. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T22728464A50440226.en>. Downloaded on 22 August 2016, 2013b.

BONEBRAKE T.C. et al. More than just indicators: a review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation*, 143: 1831-1841, 2010.

BROOK B.W. et al. Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology & Evolution* 23: 453-460, 2008.

BUCKLEY L.B. & JETZ W. Environmental and historical constraints on global patterns of amphibian richness. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 274: 1167-1173, 2007.

CARDILLO M et al. Multiple causes of high extinction risk in large mammal species. *Science* 309: 1239-1241, 2005.

CATZEFLISF. et al. *Kerodon rupestris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T10988A3236825. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T10988A3236825.en>. Downloaded on 12 August 2016. 2008.

COLOMBO, A.F. & JOLY, C.A. Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. *Brazilian Journal of Biology* 70: 697-708, 2010.

FRANÇOSO R. Parâmetros de clima mais relevantes para análises de impactos da mudança do clima sobre a biodiversidade. Projeto BRA/11/001. Apoio para a revisão das respostas da biodiversidade aos impactos das mudanças climáticas e da fragmentação da vegetação nativa. 2016a.

FRANÇOSO R. Mapas da distribuição espacial futura de nichos climáticos dos biomas brasileiros. Projeto BRA/11/001. Apoio para a revisão das respostas da biodiversidade aos impactos das mudanças climáticas e da fragmentação da vegetação nativa. 2016b

FREITAS A.V.L. & Marini-Filho O.J. Plano de ação nacional para conservação dos lepidópteros ameaçados de extinção. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília 122pp, 2011.

GARCIA R.A. et al. Multiple dimensions of climate change and their implications for biodiversity. *Science* 344: 1247579, 2014.

GIANINNI T.C. et al. Identifying the areas to preserve passion fruit pollination service in Brazilian Tropical Savannas under climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 171: 39-46, 2013.

GIANINNI T.C. et al. Pollination services at risk: bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil. *Ecological Modelling* 244: 127-131, 2012.

GIOVENARDI R. et al. Diversidade de Lepidoptera (Papilionoidea e Hesperioidea) em dois fragmentos de floresta no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 52: 599-605, 2008.

HADDAD, C.F.B. et al. Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia. Anolis Books, 2013.

LEMES P. Respostas da biodiversidade aos impactos da fragmentação da vegetação nativa. Projeto BRA/11/001. Apoio para a revisão das respostas da biodiversidade aos impactos das mudanças climáticas e da fragmentação da vegetação nativa. 2016b.

LOYOLA R.D. et al. Severe loss of suitable climatic conditions for marsupial species in Brazil: challenges and opportunities for conservation. PLoS ONE: e46257, 2012.

LUCHERINI M. *Lycalopex gymnocercus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T6928A85371194. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T6928A85371194.en>. Downloaded on 22 August 2016, 2016

MACHADO N. et al. Modeling extinction risk for seabirds in Brazil. *Natureza & Conservação* 11: 48-53, 2013.

MARINI M.A. et al. Predicted Climate-Driven Bird Distribution Changes and Forecasted Conservation Conflicts in a Neotropical Savanna. *Conservation Biology* 23: 1558-1567, 2009a.

MARINI M.A. et al. Major current and future gaps of Brazilian reserves to protect Neotropical savanna birds. *Biological Conservation* 142: 3039-3050, 2009b.

MARTIN G.M. et al. 2011. The HadGEM2 family of Met Office Unified Model climate configurations. *Geoscientific Model Development*. 4:723–757.

MENÉNDEZ R. et al. Direct and indirect effects of climate and habitat factors on butterfly diversity. *Ecology*, 88: 605-611, 2007.

MIKICH S.B. & BERNILSR.S Livro vermelho da fauna ameaçada no Estado do Paraná. <http://www.pr.gov>.

PONTES A.R.M et al. A new species of porcupine, genus *Coendou* (Rodentia: Erethizontidae) from the Atlantic forest of northeastern Brazil. *Zootaxa* 3636: 421-438, 2013.

POUNDS J.A. et al. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398: 611-615, 1999.

QUEIROLO D. et al. Avaliação do risco de extinção do Graxaim-do-campo *Lycalopex gymnocercus* (G. Fischer, 1814) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira* 3: 172-178, 2013.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>, 2015.

RIBEIRO R.C. et al. Primeira ocorrência de *Alcaeorrhynchus grandis* (Dallas)(Hemiptera: Pentatomidae) predando lagartas desfolhadoras do dendezeiro no Estado do Pará. *Neotropical Entomology* 39: 131-132, 2010.

ROTHER A et al. Avian assemblages in bamboo and non-bamboo habitats in a tropical rainforest. *Emu* 113:52-61.

SALAZAR L.F. et al. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters* 34, 2007.

SANTOS J.P. et al. Monitoramento de Borboletas: o Papel de um Indicador Biológico na Gestão de Unidades de Conservação. *Biodiversidade Brasileira* 1: 87-99, 2016.

ŞEKERÇIOĞLU, Ç.H. et al. The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation* 148: 1-18, 2012.

UEHARA-PRADO M. et al. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: a first approach in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, 142: 1220-1228, 2009.

URIARTE M. et al. Disentangling the drivers of reduced long-distance seed dispersal by birds in an experimentally fragmented landscape. *Ecology* 92: 924-937, 2011

WAHLBERG N. et al. Nymphalid butterflies diversify following near demise at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*: rspb20091303, 2009.

WARREN, M.S et al. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature*, 414: 65-69, 2001.

ZIMBRES B.Q.C. et al. Range shifts under climate change and the role of protected areas for armadillos and anteaters. *Biological Conservation* 152: 53-61, 2012.