

ERIKSON BRUNO LOSEIRO FERREIRA

O EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DO DESMATAMENTO  
NAS POPULAÇÕES DE *PENELOPE PILEATA* (AVE-CRACIDAE)

BELÉM -PA

2021

ERIKSON BRUNO LOSEIRO FERREIRA

O EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DO DESMATAMENTO  
NAS POPULAÇÕES DE *PENELOPE PILEATA* (AVE-CRACIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas, Modalidade Biologia da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

---

Orientador: Prof. Dr. Marcos Pérsio Dantas Santos  
Universidade Federal do Pará, UFPA

---

Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Gabriela Silva Ribeiro Gonçalves  
Universidade Federal do Pará, UFPA

BELÉM - PA

2021

ERIKSON BRUNO LOSEIRO FERREIRA

O EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DO DESMATAMENTO  
NAS POPULAÇÕES DE *PENELOPE PILEATA* (AVE-CRACIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Colegiado do Curso de Licenciatura Plena em  
Ciências Biológicas, Modalidade Biologia da  
Universidade Federal do Pará, como requisito  
parcial para obtenção do grau de Licenciado em  
Ciências Biológicas.

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Marcos Pérsio Dantas Santos  
Instituto de Ciências Biológicas – UFPA

Coorientadora: \_\_\_\_\_

Dr<sup>a</sup>. Gabriela Silva Ribeiro Gonçalves  
Instituto de Ciências Biológicas – UFPA

Avaliador: \_\_\_\_\_

Dr<sup>a</sup>. Marcela Guimarães Moreira Lima  
Instituto de Ciências Biológicas – UFPA

Avaliador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Raphael Ligeiro Barroso Santos  
Instituto de Ciências Biológicas – UFPA

BELÉM - PA

2021

*Diante da vastidão do tempo e da imensidão  
do universo, é um imenso prazer para mim  
dividir um planeta e uma época com você.*  
Carl Sagan

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos de participaram da minha acadêmica, que me ajudaram e contribuíram para minha formação. Ao meu orientador Dr. Marcos Pérsio pelo ensino, conhecimento compartilhado e pela oportunidade de participação do projeto que proporcionou o desenvolvimento desde trabalho. Agradeço a minha ótima Coorientadora Dra. Gabriela Gonçalves, pelas instruções, dicas, paciência e fundamental elaboração deste estudo.

A minha família pelo apoio e conforto sempre que precisei. A minha namorada Maria Luiza pelo companheirismo e incentivo. A todos os meus amigos que participaram e companhia na minha formação e pelo aprendizado que criamos juntos.

A Universidade Federal do Pará pela estrutura e experiência e de importância fundamental para o meu crescimento profissional, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq/ pelos incentivos e projetos.

## SUMÁRIO

<b>EPÍGRAFE.....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>ii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivos Geral.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>4</b>
<b>3 APRESENTAÇÃO DO ARTIGO.....</b>	<b>8</b>
<b>4 RESUMO.....</b>	<b>9</b>
<b>5 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>6 METODOLOGIA.....</b>	<b>12</b>
6.1 Táxon alvo.....	12
6.2 Obtenção dos dados de ocorrência.....	13
6.3 Variáveis Ambientais.....	14
6.4 Modelagem e Avaliação do Modelo.....	14
6.5 Sobreposição do modelo de distribuição de <i>P. pileata</i> e modelos de desmatamento.....	16
6.6 Análise de Dados.....	16

<b>7</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>23</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>32</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>33</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A Região Amazônica possui 40% da floresta tropical remanescente do mundo, contudo, apesar de abrigar uma imensa biodiversidade, a região tem sofrido direta e indiretamente com as ações humanas, quem vem explorando e destruindo seus recursos, afetando negativamente seus serviços ecológicos e ameaçando as espécies (Curtis *et al.*, 2018; Bullock *et al.*, 2020). As consequências diretas das ações humanas na região, ocorrem em função do desmatamento, agropecuária, soja e mineração (Boucher *et al.*, 2011; Sonter *et al.*, 2017; Trancoso, 2021). Outras alterações que prejudicam a região e são igualmente perigosas são as mudanças climáticas, essas mais difíceis de serem medidas e avaliadas, mas que já podem ser percebidas, principalmente para espécies mais vulneráveis a elas (Foden *et al.*, 2013; Pacifici *et al.*, 2015; Esquivel-Muelbert *et al.*, 2019).

As atividades humanas como o desmatamento e a emissão de gases de efeito estufa, estão contribuindo com o aquecimento do planeta e afetando todo o sistema climático (Pearson *et al.*, 2017; Mikhaylov *et al.*, 2020). De acordo com o relatório do IPCC (2021), a Terra aquecerá pelo menos 1,5°C até o ano de 2030, proporcionando um planeta alterado com forte desequilíbrio ecológico. Essas intervenções humanas criam mudanças nos padrões de distribuição das espécies, fragilizando e reduzindo populações de animais mais vulneráveis a essas alterações, o que pode ser ainda mais crítico, para espécies com distribuições restritas e ameaçadas de extinção (Møller *et al.*, 2008; Velásquez-Tibatá *et al.*, 2013; Foden *et al.*, 2013).

Alguns autores estimam que os impactos das mudanças climáticas tendem a aumentar nas próximas décadas e combinados podem desencadear uma perda de 38% das espécies em uma escala global (Newbold, 2018; Newbold *et al.*, 2019). As espécies tropicais, em especial as amazônicas, são mais vulneráveis às mudanças climáticas e ao desmatamento, uma vez que estas espécies já vivem próximas de seus limites de tolerância térmica e fisiológica (Colwell *et al.*, 2008; Dillon *et al.*, 2010; Huey *et al.*, 2012; Khaliq *et al.*, 2014; Ribeiro *et al.*, 2016). Esta maior vulnerabilidade se deve ao fato destas espécies possuírem alta sensibilidade, baixa capacidade de adaptação (Foden *et al.*, 2013) nichos climáticos mais estreitos, menor capacidade de dispersão (Moore *et al.*, 2008) além de baixa tolerância a variações climáticas (Pacifici *et al.*, 2017), aumentando assim o risco de extinção de muitos grupos da fauna e flora nativa (Miles *et al.*, 2004; Colwell *et al.*, 2008; Coe *et al.*, 2013; Ribeiro *et al.*, 2016). Para a Amazônia o

número de espécies ameaçadas de extinção pode triplicar devido a combinação desses impactos (Bird *et al.*, 2012; Pearce-Higgins *et al.*, 2015).

Devido a isso, vários estudos vêm relacionando as mudanças climáticas com a extinção de espécies (Kannan, 2009; Bellard, 2012). Nos últimos séculos, as consequências das ações humanas estão desencadeando uma onda de extinção generalizada, provocando o declínio de populações locais que já se compara com as extinções em massa que ocorreram no passado da Terra (Barnosky, 2011; Michalski & Peres, 2017). Esse risco de extinção global causado pelas mudanças climáticas irá acelerar na medida que as temperaturas globais aumentam, contribuindo ainda mais para o desaparecimento das espécies (Nourani, 2017). A extinção de espécies de uma maneira geral interfere em muitos processos, como a regeneração florestal, uma vez que muitas espécies atuam como dispersoras de sementes, influenciando no recrutamento de novas plântulas (Wright, 2003).

Diante desse contexto, a região tropical hospeda a maior biodiversidade terrestre, e atualmente apresentam muitas espécies vulneráveis (Brodie *et al.*, 2012). No entanto, nessa região existe uma escassez de trabalho avaliando o efeito das mudanças climáticas e do desmatamento nas espécies (Şekercioğlu *et al.*, 2012; Foden *et al.*, 2013), mesmo para grupos de animais como os das aves, um dos mais conhecidos e estudados. O Brasil apresenta 1971 espécies de aves sendo 293 de endêmicas, muitas já ameaçadas de extinção (Pacheco *et al.*, 2021; BirdLife International, 2021). Frente aos avanços das ações antrópicas na natureza e dos impactos que tem causado principalmente na região amazônica, se fazem necessários estudos que procurem descobrir como essas alterações estão afetando os padrões de distribuição das espécies e criar medidas efetivas de conservação para mitigarmos tais efeitos.

Não é simples descobrir como essas alterações estão afetando as espécies, visto que as respostas biológicas são peculiares e dependem de diversos atributos particulares de cada espécie, como diversidade genética, capacidade de migração, disponibilidade de habita, entre outros (La sorte, 2012). Várias pesquisas têm procurado formas de avaliar como esses efeitos podem afetar a vulnerabilidade dos ecossistemas, o nicho ecológico e a distribuição dos organismos no espaço e no tempo (Anjos, 2018; Peterson & Soberón, 2012; Peterson, 2003). Uma das abordagens utilizadas é a Modelagem de Nicho Ecológico (MNE). Os MNEs correlacionam informações sobre as características ambientais que definem o nicho ecológico atual de uma espécie com as suas ocorrências

conhecidas (Peterson *et al.*, 2012; Guisan *et al.*, 2013), sendo possível assim delimitar um espaço climático multivariado, a partir do qual é possível prever as preferências e tolerâncias climáticas da espécie-foco e estimar suas distribuições potenciais (Thuiller *et al.*, 2005; Gallagher *et al.*, 2013).

Nessa perspectiva, este trabalho, utilizou a modelagem de nicho ecológico para investigar como as mudanças climáticas e o desmatamento afetariam a espécie de ave da família Cracidae, *Penelope pileata* (Wagler, 1830), de nome popular Jacupiranga. Essa espécie florestal é endêmica da Amazônia Brasileira e tem sofrido redução populacional e hoje se encontra ameaçada de extinção. Entre outros riscos à sua existência também estão a caça para consumo, e a perda de área de habitat pela intensa destruição florestal, atividades econômicas e de expansão urbana (Brooks & Strahl, 2000; Aldrich *et al.*, 2012; Kattan *et al.*, 2016). Este trabalho apresentou a modelagem de nicho de uma espécie com distribuição restrita, uma vez que já foi observado que são bons objetos de estudos para uso de modelos bioclimáticos, podendo ter toda sua área de distribuição de ocorrência inseridos nos modelos, gerando assim resultados mais precisos (Guisan & Thuiller, 2005; Thuiller *et al.*, 2005). Estudos com essa abordagem contribuem para a construção de conhecimento a respeito da ecologia da espécie e na previsão da distribuição de espécies vulneráveis, e podem auxiliar nas medidas de proteção e no desenvolvimento de projetos de conservação que incluam sua área de ocorrência.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem o objetivo de avaliar como as mudanças climáticas e o desmatamento projetados para o ano de 2050 irão afetar a distribuição da espécie de ave *Penelope pileata*.

### **2.2 Objetivos específicos:**

- Modelar a distribuição potencial de *P. pileata* para o presente e para o futuro (2050);
- Avaliar como as mudanças climáticas projetadas para o futuro afetarão a distribuição de *P. pileata*;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, L. J., & DE TOLEDO, P. M. Measuring resilience and assessing vulnerability of terrestrial ecosystems to climate change in South America. **PloS one**, **13(3)**, e0194654. 2018.
- BARNOSKY, A. D., MATZKE, N., TOMIYA, S., WOGAN, G. O., SWARTZ, B., QUENTAL, T. B., ... & FERRER, E. A. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?. **Nature**, **471(7336)**, 51-57. 2011.
- BELLARD, C., BERTELSMEIER, C., LEADLEY, P., THUILLER, W., & COURCHAMP, F. Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecology letters**, **15(4)**, 365-377. 2012.
- BIRD, J. P., BUCHANAN, G. M., LEES, A. C., CLAY, R. P., DEVELEY, P. F., YÉPEZ, I., & BUTCHART, S. H. Integrating spatially explicit habitat projections into extinction risk assessments: a reassessment of Amazonian avifauna incorporating projected deforestation. **Diversity and Distributions**, **18(3)**, 273-281. 2012.
- BOUCHER, D., ELIAS, P., LININGER, K., MAY-TOBIN, C., ROQUEMORE, S., & SAXON, E. Cattle and pasture. *The Root of the Problem: What's driving tropical deforestation today*. 2011.
- BRODIE, J., POST, E., & LAURANCE, W. F. Climate change and tropical biodiversity: a new focus. **Trends in ecology & evolution**, **27(3)**, 145-150. 2012.
- BROOKS, D. M., & STRAHL, S. D. **Curassows, guans and chachalacas: status survey and conservation action plan for cracids 2000-2004**. Gland, Switzerland and Cambridge UK: IUCN. 2000.
- BULLOCK, E. L., WOODCOCK, C. E., SOUZA JR, C., & OLOFSSON, P. Satellite-based estimates reveal widespread forest degradation in the Amazon. **Global Change Biology**, **26(5)**, 2956-2969. 2020.
- COE, M. T., MARTHEWS, T. R., COSTA, M. H., GALBRAITH, D. R., GREENGLASS, N. L., IMBUZEIRO, H. M., ... & WANG, J. Deforestation and climate feedbacks threaten the ecological integrity of south-southeastern Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, **368(1619)**, 20120155. 2013.
- COLWELL, R. K., BREHM, G., CARDELÚS, C. L., GILMAN, A. C., & LONGINO, J. T. Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. **Science**, **322(5899)**, 258-261. 2008.
- CURTIS, P. G., SLAY, C. M., HARRIS, N. L., TYUKAVINA, A., & HANSEN, M. C. Classifying drivers of global forest loss. **Science**, **361(6407)**, 1108-1111. 2018.
- DILLON, M. E., WANG, G., & HUEY, R. B. Global metabolic impacts of recent climate warming. **Nature**, **467(7316)**, 704-706. 2010.

- ESQUIVEL-MUELBERT, A., BAKER, T. R., DEXTER, K. G., LEWIS, S. L., BRIENEN, R. J., FELDPAUSCH, T. R., ... & PHILLIPS, O. L. Compositional response of Amazon forests to climate change. **Global change biology**, **25(1)**, 39-56. 2019.
- FODEN, W. B., BUTCHART, S. H. M., STUART, S. N., VIÉ, J.-C., AKÇAKAYA, H. R., ANGULO, A., ... MACE, G. M. Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. **PLoS ONE**, **8(6)**, e65427. 2013.
- GALLAGHER, R. V., HUGHES, L., & LEISHMAN, M. R. Species loss and gain in communities under future climate change: consequences for functional diversity. **Ecography**, **36(5)**, 531-540. 2013.
- GUISAN, A., TINGLEY, R., BAUMGARTNER, J. B., NAUJOKAITIS-LEWIS, I., SUTCLIFFE, P. R., TULLOCH, A. I., ... & BUCKLEY, Y. M. Predicting species distributions for conservation decisions. **Ecology letters**, **16(12)**, 1424-1435. 2013.
- GUISAN, A., & THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology letters**, **8(9)**, 993-1009. 2005.
- HUEY, R. B., KEARNEY, M. R., KROCKENBERGER, A., HOLTUM, J. A., JESS, M., & WILLIAMS, S. E. Predicting organismal vulnerability to climate warming: roles of behaviour, physiology and adaptation. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, **367(1596)**, 1665-1679. 2012.
- KHALIQ, I., HOF, C., PRINZINGER, R., BÖHNING-GAESE, K., & PFENNINGER, M. Global variation in thermal tolerances and vulnerability of endotherms to climate change. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, **281(1789)**, 20141097. 2014.
- KANNAN, R., & JAMES, D. A. Effects of climate change on global biodiversity: a review of key literature. **Tropical Ecology**, **50(1)**, 31. 2009.
- KATTAN, G. H., MUÑOZ, M. C., & KIKUCHI, D. W. Population densities of curassows, guans, and chachalacas (Cuculidae): Effects of body size, habitat, season, and hunting. **The Condor: Ornithological Applications**, **118(1)**, 24-32. 2016.
- LA SORTE, F. A., & JETZ, W. Tracking of climatic niche boundaries under recent climate change. **Journal of Animal Ecology**, **81(4)**, 914-925. 2012.
- MICHALSKI, F., & PERES, C. A. Gamebird responses to anthropogenic forest fragmentation and degradation in a southern Amazonian landscape. **PeerJ**, **5**, e3442. 2017.
- MIKHAYLOV, A., MOISEEV, N., ALESHIN, K., & BURKHARDT, T. Global climate change and greenhouse effect. **Entrepreneurship and Sustainability Issues**, **7(4)**, 2897. 2020.

MILES, L., GRAINGER, A., & PHILLIPS, O. The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia. **Global Ecology and Biogeography**, **13(6)**, 553-565. 2004.

MØLLER, A. P., RUBOLINI, D., & LEHIKONEN, E. Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, **105(42)**, 16195-16200. 2008.

MOORE, R. P., ROBINSON, W. D., LOVETTE, I. J., & ROBINSON, T. R. Experimental evidence for extreme dispersal limitation in tropical forest birds. **Ecology letters**, **11(9)**, 960-968. 2008.

NEWBOLD, T. Future effects of climate and land-use change on terrestrial vertebrate community diversity under different scenarios. **Proceedings of the Royal Society B**, **285(1881)**, 20180792. 2018.

NEWBOLD, T., ADAMS, G. L., ALBALADEJO ROBLES, G., BOAKES, E. H., BRAGA FERREIRA, G., CHAPMAN, A. S., ... & WILLIAMS, J. J. Climate and land-use change homogenise terrestrial biodiversity, with consequences for ecosystem functioning and human well-being. **Emerging Topics in Life Sciences**, **3(2)**, 207-219. 2019.

NOURANI, E., YAMAGUCHI, N. M., & HIGUCHI, H. Climate change alters the optimal wind-dependent flight routes of an avian migrant. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, **284(1854)**. 2017.

PACHECO, J. F., SILVEIRA, L. F., ALEIXO, A., AGNE, C. E., BENCKE, G. A., BRAVO, G. A., ... & DE Q PIACENTINI, V. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee—second edition. **Ornithology Research**, **29(2)**, 94-105. 2021.

PACIFICI, M., FODEN, W. B., VISCONTI, P., WATSON, J. E., BUTCHART, S. H., KOVACS, K. M., ... & RONDININI, C. Assessing species vulnerability to climate change. **Nature climate change**, **5(3)**, 215-224. 2015.

PACIFICI, M., VISCONTI, P., BUTCHART, S. H., WATSON, J. E., CASSOLA, F. M., & RONDININI, C. Species' traits influenced their response to recent climate change. **Nature Climate Change**, **7(3)**, 205-208. 2017.

PEARCE-HIGGINS, J. W., EGLINGTON, S. M., MARTAY, B., & CHAMBERLAIN, D. E. Drivers of climate change impacts on bird communities. **Journal of Animal Ecology**, **84(4)**, 943-954. 2015.

PEARSON, T. R., BROWN, S., MURRAY, L., & SIDMAN, G. Greenhouse gas emissions from tropical forest degradation: an underestimated source. **Carbon balance and management**, **12(1)**, 1-11. 2017.

PETERSON, A. T. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. **The quarterly review of biology**, **78(4)**, 419-433. 2003.

PETERSON, A. T., & SOBERÓN, J. Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. **Natureza & Conservação**, **10(2)**, 102-107. 2012.

RIBEIRO, B. R., SALES, L. P., DE MARCO JR, P., & LOYOLA, R. Assessing mammal exposure to climate change in the Brazilian Amazon. **PloS one**, **11(11)**, e0165073. 2016.

ŞEKERCIOĞLU, Ç. H., PRIMACK, R. B., & WORMWORTH, J. The effects of climate change on tropical birds. **Biological conservation**, **148(1)**, 1-18. 2012.

SONTER, L. J., HERRERA, D., BARRETT, D. J., GALFORD, G. L., MORAN, C. J., & SOARES-FILHO, B. S. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. **Nature communications**, **8(1)**, 1-7. 2017.

THUILLER, W., LAVOREL, S., & ARAÚJO, M. B. Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. **Global ecology and biogeography**, **14(4)**, 347-357. 2005.

TRANCOSO, R.

Changing Amazon deforestation patterns: urgent need to restore command and control policies and market interventions. **Environmental Research Letters**, **16(4)**, 041004. 2021.

VELÁSQUEZ-TIBATÁ, J., SALAMAN, P., & GRAHAM, C. H. Effects of climate change on species distribution, community structure, and conservation of birds in protected areas in Colombia. **Regional Environmental Change**, **13(2)**, 235-248. 2013.

WRIGHT, S. J. The myriad consequences of hunting for vertebrates and plants in tropical forests. **Perspectives in plant ecology, Evolution and systematics**, **6(1-2)**, 73-86. 2003.

### **3. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO ARTIGO**

#### **O EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DO DESMATAMENTO NAS POPULAÇÕES DE *PENELOPE PILEATA* (AVE-CRACIDAE)**

Autores: Erikson Bruno Loseiro Ferreira, Gabriela Silva Ribeiro Gonçalves, Marcos Pécio Dantas Santos

*Status:* A ser submetido na revista Ornithology Research.

## O EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DO DESMATAMENTO NAS POPULAÇÕES DE *PENELOPE PILEATA* (AVE-CRACIDAE)

**Erikson Bruno Loseiro Ferreira<sup>1</sup> Gabriela Silva Ribeiro Gonçalves<sup>1</sup> Marcos Pérsio Dantas Santos<sup>1</sup>**

1. Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Biogeografia da Conservação e Macroecologia -BIOMACRO – Av. Augusto Correia, nº 1, Guamá – Belém – PA CEP 66075-110

Autor para correspondência: Erikson Bruno Loseiro Ferreira, e-mail: [eriksonferreira1@gmail.com](mailto:eriksonferreira1@gmail.com)

### 4. RESUMO

Com o aumento da exploração da natureza pelo homem, diversas atividades têm causado impactos no meio ambiente, proporcionando consequências negativas cada vez mais evidentes para a biodiversidade. Alguns desses efeitos são as mudanças climáticas e o desmatamento, que afetam o nicho e a distribuição das espécies. A Amazônia possui várias espécies vulneráveis a esses efeitos. Neste sentido, este trabalho utilizou a espécie de ave *Penelope pileata*, um cracídeo de distribuição restrita na Amazônia brasileira e ameaçado de extinção e estimou sua distribuição potencial em cenários de mudanças climáticas e desmatamento esperados para o futuro. Com dados de ocorrência e variáveis bioclimáticas, foram criados modelos de nicho ecológico para a espécie com dois cenários futuros, um otimista e outro pessimista, para avaliar ganho ou perda de áreas para a espécie. Nesses dois cenários foram utilizadas 5 abordagens de alcance de dispersão. Em ambos os cenários a espécie apresentou perda de área significativa, mesmo considerando sua dispersão ilimitada. Para assegurar a conservação da *P. pileata*, são necessárias medidas que promovam a manutenção e fiscalização de áreas de proteção ambiental que estão inseridas no seu nicho atual e futuro, focando na preservação de remanescentes florestais adequados a sua existência e a conexão entre eles através de corredores ecológicos.

Palavras chaves: Mudança climática, Modelagem de nicho, *Penelope pileata*, desmatamento.

## INTRODUÇÃO

Com o aumento da exploração da natureza pelo homem, diversas atividades têm causado impactos ao meio ambiente, como o desmatamento para exploração madeireira e implementação de atividades como a pecuária e a agricultura (Laurence *et al.*, 2014; Fearnside, 2017; Bonilla-Bedoya *et al.*, 2018), a abertura de estradas e crescimento de cidades (Nepstad *et al.*, 2001; Jusys, 2016) e sobretudo, as mudanças climáticas causadas pelo aumento das emissões de CO<sub>2</sub> para atmosfera (Grimm *et al.*, 2013; Scholes, 2016). Com isso as consequências dessas ações para o planeta têm se intensificado nos últimos anos e acabam interferindo negativamente no cenário ambiental global, ocasionando o aumento da temperatura média da terra e levando ao derretimento das geleiras, alterações no regime de chuvas entre outros impactos potencialmente nocivos a biodiversidade (Henson *et al.*, 2017; Schädler *et al.*, 2019; Tabari, 2020).

Nessa perspectiva, vários estudos estimaram o alcance do impacto dessas atividades para a biodiversidade (Thomas *et al.*, 2004; Pires *al et.*, 2018). Os resultados destacam que as mudanças climáticas já estão afetando as interações bióticas e a provisão de serviços ecossistêmicos, e que isso prosseguirá nas próximas décadas (Mooney *et al.*, 2009; Montoya & Raffaelli, 2010). Também estão comprometendo a história de vida dos organismos, afetando o tamanho dos animais impactando em suas funções, desempenho e na permanência da espécie (Sheridam & Bickford, 2011; Domenici & Seebacher, 2020). Isso pode modificar a distribuição das espécies, perturbar a rede trófica levando a mudanças funcionais no ecossistema (Bellard *et al.*, 2012).

Para o cenário da Amazônia não é diferente, tendo em vista que os efeitos das mudanças climáticas já se fazem presentes (Brando *et al.*, 2014; Nobre *et al.*, 2016; Greenwood *et al.*, 2017). Alguns estudos já projetam para a região a redução da precipitação média nas próximas décadas (Marengo *et al.*, 2018; Leite-Filho *et al.*, 2021), podendo causar a perda ou redução das áreas úmidas e florestais, com maior intensidade das secas e maior vulnerabilidade a incêndios (Malhi *et al.*, 2009), comprometendo a adaptabilidade, composição e distribuição das espécies (Barros & Albernaz, 2014). Além das mudanças climáticas o desmatamento é outro agravante. Somados, esses dois efeitos podem levar a uma redução de até 65% de área de ocupação de espécies de árvores amazônicas nas próximas décadas levando ao recuo da floresta (Malhi *et al.*, 2009; Gomes *et al.*, 2019). Isso se torna ainda mais preocupante frente aos fortes avanços do

desmatamento nos últimos anos na Amazônia Brasileira (Escobar, 2020; Junior *et al.*, 2021; Trancoso, 2021).

Dentre os organismos mais sensíveis aos impactos decorrentes das mudanças climáticas estão as aves, principalmente as espécies endêmicas ou com distribuição geográfica reduzida (Coetzee *et al.*, 2009; Hoffmann *et al.*, 2020). Dentre essas, a família Cracidae (Galliformes), a qual possui distribuição exclusiva na região neotropical, é uma das famílias de aves mais ameaçadas das Américas (Bertsch *et al.*, 2006). No Brasil são registradas 26 espécies, das quais nove são endêmicas do país (Pacheco *et al.*, 2021). Desse total 10 espécies já se encontram listadas como ameaçadas de extinção (BirdLife International, 2021) e já estão desaparecendo em algumas regiões (IBAMA, 2004; Brooks *et al.*, 2006; Leite *et al.*, 2018). Este grupo de aves pode responder de maneira muito particular a alterações no seu habitat, por serem vulneráveis a perturbações humanas como a caça (Kattan *et al.*, 2016). A qualidade do habitat e os níveis de perturbação em fragmentos florestais afetam diretamente na sobrevivência e permanência dessas aves principalmente em tamanhos populacionais pequenos (Michalski & Peres, 2017). Por esses motivos são excelentes indicadores biológicos e, portanto, são importantes para se conhecer os seus padrões espaciais e temporais de uso do habitat e os seus padrões de distribuição juntamente com os processos que o influenciam, dada a importância do desenvolvimento de planos de conservação para sua existência (Brooks *et al.*, 2006; Kattan *et al.*, 2015).

A espécie *Penelope pileata* (Wagler, 1830), de nome comum Jacupiranga, pertence à família Cracidae, possui hábitos florestais e são normalmente encontradas em florestas de terra-firme (Sick, 1997; Silveira *et al.*, 2008). Assim como outras aves desta família, se alimentam de uma grande variedade de frutas, folhagens, e em menor quantidade insetos e pequenos vertebrados (Muñoz & Kattan, 2007). A espécie é possui distribuição restrita à Amazônia Brasileira (Brooks & Strahl, 2000) e atualmente é classificada como vulnerável ao risco de extinção (ICMBio, 2018; Birdlife international, 2021). É uma ave com alta prioridade para conservação, pois sua área de ocorrência natural está em uma das regiões mais afetadas pelas mudanças no uso da terra, com altas taxas de desmatamento, conhecida como arco do desmatamento (Brooks & Strahl, 2000; Aldrich *et al.*, 2012; Carvalho *et al.*, 2020). Para espécies endêmicas como *P. pileata*, o risco de extinção é ainda maior, em cenários de mudança climáticas com aumento na temperatura, pressão de caça e desmatamento, o que torna ainda mais agravante o cenário para a permanência desta espécie (Urbam, 2015).

Dentro deste contexto, uma importante ferramenta que vem sendo muito utilizada em estudos de ecologia, biogeografia e no planejamento da conservação da biodiversidade é a Modelagem de Nicho Ecológico (MNE) (Guisan *et al.*, 2013). Seu princípio geral é obter um mapa de adequabilidade climática, baseado nos dados de ocorrência conhecidos das espécies, relacionando-os às variáveis ambientais destes locais (Fitzpatrick *et al.*, 2007; Peterson *et al.*, 2012; Guisan *et al.*, 2013). Neste sentido, este trabalho tem por objetivos avaliar os efeitos das mudanças climáticas e do desmatamento projetados para o ano de 2050 na distribuição de *P. pileata*.

## **METODOLOGIA**

### **Táxon Alvo:**

A família Cracidae é formada por espécies de aves florestais de grande porte (mutuns, jacutingas, jacus, aracuans), e representa uma das famílias mais ameaçadas de extinção da região Neotropical (Brooks, 2006). A espécie *Penelope pileata* (Wagler, 1830) é uma ave de médio porte podendo chegar até 82,5 cm e pesar até 1,6 kg. Conhecida popularmente como Jacupiranga, *P. pileata* é uma espécie considerada endêmico da Amazônia Brasileira com distribuição limitada ao baixo rio Madeira e Xingu nos estados do Amazonas e sobretudo no Pará com limites a oeste dos estados de Tocantins e Maranhão, dentro dos limites dos centros de endemismo Belém, Xingu, Tapajós e Rondônia (Figura 1). Possui hábitos florestais e normalmente é encontrada em florestas de terra-firme, ficando nas copas, estratos médios e até mesmo no solo, se alimenta de pequenos animais e frutos, sendo um importante dispersora de sementes (Sick, 1997; Silveira, 2008). O Jacupiranga, assim como outras espécies do gênero como *Penelope jacucaca* (Spix, 1825), e *Penelope ochrogaster* (Pelzeln, 1870), estão entre as várias espécies de cracídeos que vem sofrendo com a destruição do habitat e têm suas populações diminuindo.

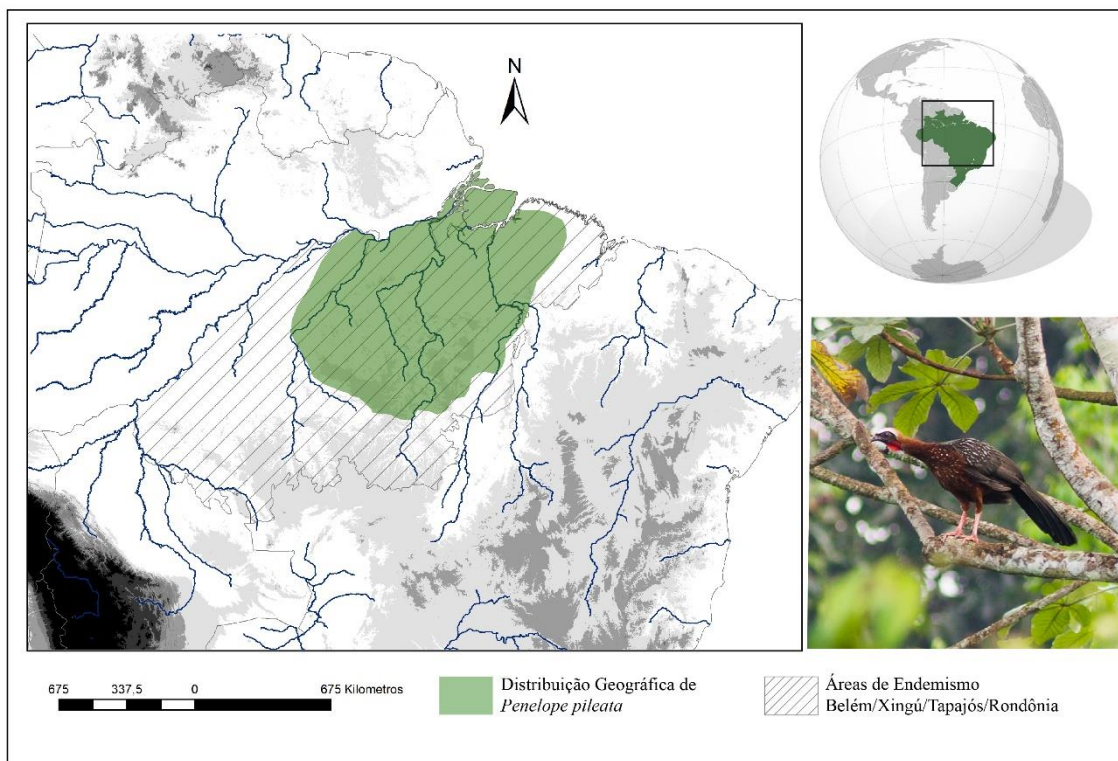


Figura 1. Mapa da área de estudo mostrando a distribuição geográfica de *Penelope pileata* (Wagler, 1830). No canto inferior direito foto da espécie. No canto superior direito visão ampla da localização da área de estudo em relação ao Brasil (verde escuro) e ao mundo. No lado esquerdo a distribuição da espécie (verde claro) dentro da área hachurada que mostra os limites das áreas de endemismo Belém/Xingú/Tapajós/Rondônia. Shapefiles adaptados de BirdLife International. Foto cedida por: Pablo Vieira Cerqueira.

### Obtenção e limpeza dos dados de ocorrência:

Os dados de ocorrência foram obtidos a partir de diferentes fontes: *eBird* (<https://ebird.org/home>), *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF; <https://www.gbif.org/>), *Vertnet* (<http://vertnet.org/>), *SpeciesLink* (<http://www.splink.org.br/>), *Xeno-canto* (<https://www.xeno-canto.org/>) e da coleção ornitológica do Museu Paraense Emílio Goeldi. Para reduzir a autocorrelação espacial dos dados de ocorrência e o possível efeitos do viés usamos a técnica de *cellsize*, utilizando o pacote *spThin* (Aiello-Lammens et al., 2015), selecionando aleatoriamente uma ocorrência em cada célula, dentro de uma grade que tem o dobro do tamanho original da resolução das variáveis ambientais (Velazco *et al.*, 2020; Andrade *et al.*, 2020).

### **Variáveis Ambientais:**

Para gerarmos os modelos, foram usadas as variáveis climáticas obtidas da plataforma *WorldClim* versão 1.4 (<http://www.worldclim.org>), sendo selecionadas todas as 19 variáveis bioclimáticas disponíveis com uma resolução de 2.5 minutos (~5 km) para os limites das áreas de endemismo Belém/Xingú/Tapajós/Rondônia. Para os cenários futuros utilizamos as mesmas 19 variáveis bioclimáticas simuladas a partir de modelos de circulação geral (*Atmosphere-Ocean General Circulation -AOGCMs*) disponíveis para o ano de 2050. Para que pudéssemos maximizar as incertezas entre os modelos climáticos, foi realizada uma análise de agrupamento (Cluster) onde selecionamos um AOGCM de cada grupo seguindo o que foi proposto por Varela *et al.* (2015). Assim, selecionamos cinco AOGCMs: CCSM4 (CC), HadGEM2-AO (HD), IPSL-CM5A-LR (IP), MIROC-ESM (#) (MR), MRI-CGCM3 (MG). Também selecionamos dois cenários de vias de concentração representativas (*Representative Concentration Pathways - RCP*): o RCP 4.5 como o cenário com restrições de emissões gasosas (cenário otimista) e o RCP 8.5 como o cenário sem restrições de emissões gasosas (cenário pessimista). Para evitar multicolinearidade e reduzir as dimensões das variáveis bioclimáticas, fizemos uma análise de componentes principais (*Principal Component Analysis - PCA*) (Gotelli *et al.*, 2016; De Marco e Nóbrega 2018), onde foram selecionados como preditores das funções de resposta os eixos que explicam pelo menos 95% da variação original das variáveis climáticas, sendo selecionados os 6 primeiros eixos. Para mantermos a dimensionalidade dos dados climáticos ao longo dos cenários temporais (presente e futuro) os coeficientes obtidos da PCA com os dados climáticos do presente foram usados para trabalhar os escores dos dados no futuro selecionados (Sillero & Barbosa., 2020).

### **Modelagem e Avaliação do Modelo:**

A calibração dos modelos foi feita com o método de aleatorização única (*single random - RND*) o qual seleciona aleatoriamente pseudo-ausências e pontos do “*background*” dentro das áreas em cada modelo (Zaniewski *et al.*, 2002). Para gerar o modelo de distribuição de *P. pileata* foram usados três algoritmos, a fim de reduzir as incertezas metodológicas.

O *Bayesian Gaussian Process* (GAU) prediz a probabilidade em que a distribuição Gaussiana modele a dependência espacial e a observação binária, ajustada pela inferência bayesiana (Golding & Purse, 2016). *Support vector machine* (SVM) é um método de aprendizagem de máquina supervisionada que utiliza o hiperplano de separação ótima, ou seja, o hiperplano que maximiza a margem de separação entre as classes de presença da espécie e “*background*” da área de estudo (Cortes & Vapnik, 1995; Guo *et al.*, 2005). *Maximum Entropy* (MaxEnt) é usado para fazer previsões a partir de informações incompletas. Assim prevê as ocorrências de espécies, levando em consideração os limites das variáveis ambientais (Phillips *et al.*, 2008).

Usamos o método de *bootstrap* (Buckland, 1993), que avalia as incertezas dos modelos através de amostragem usando dados de treinamento (Hastie & Tibshirani, 2009), foi feito o particionamento de dados em 30% de treino e 70% de teste e repetimos o procedimento 10 vezes. O índice de Similaridade de Jaccard (Jaccard, 1908) foi usado para avaliar o desempenho preditivo dos modelos, que mede a semelhança entre as previsões e as observações, variando de 0 a 1, onde valores mais próximos de 1 indicam que as previsões correspondem às observações, quanto mais próximo de 0 maior será o número de falsos positivos e negativos em relação ao número de presenças verdadeiras (Leroy *et al.*, 2018).

Foi realizada uma combinação de todas as previsões utilizando a abordagem de *ensemble forecasting*, onde tal procedimento tende a reduzir a incerteza apresentada pelos modelos individuais (Araújo & New, 2007). O *ensemble* foi obtido por meio da média simples dos algoritmos que tiveram performance acima da média geral de todos os algoritmos, sendo aplicado tanto para o presente quanto para cada um dos cenários climáticos futuros (RCP 4.5 e RCP 8.5). Ao final os modelos contínuos de adequabilidade foram transformados em mapas binários de presença/ausência utilizando o valor de *threshold* calculados a partir do Jaccard, que maximiza a soma da especificidade e sensibilidade, minimizando erros de omissão (Pearson *et al.*, 2007; De Marco e Siqueira, 2009). Todos os procedimentos para gerar e avaliar os modelos foram realizados utilizando o pacote ENMTML (Andrade *et al.*, 2020, disponível em <https://github.com/andrefaa/ENMTML>) usando o *R software* v 4.0.3 (R Core Team, 2018).

**Sobreposição do modelo de distribuição de *P. pileata* e modelos de desmatamento:**

Como *P. pileata* é uma espécie dependente de floresta, fizemos a sobreposição dos modelos climáticos com os remanescentes florestais para o presente e para o futuro, de modo a obtermos um modelo mais próximo da distribuição real. As informações dos remanescentes florestais para o presente foram obtidas através do Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES; <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil (INPE). Para o futuro, as informações de remanescentes florestais foram extraídas da base de dados do SimAmazonia (<http://csr.ufmg.br/simamazonia/>, Soares-Filho *et al.*, 2006) o qual disponibiliza dois tipos de cenários que serão considerados neste trabalho, os cenários: “*business-as-usual*” (BAU) e governança (GOV). O cenário “*business-as-usual*” (BAU) assume que não haverá criação de novas Áreas de Proteção, terá baixo índice de cumprimento das leis ambientais atuais, e considera as tendências de desmatamento em toda a bacia, projetando as taxas usando valores históricos e suas variações de 1997 a 2002, este sobreposto ao cenário pessimista (RCP 8.5). Já o cenário chamado governança (GOV), é um cenário otimista de desmatamento futuro para 2050, que assume que haverá investimentos em desenvolvimento sustentável, maior fiscalização em relação às legislações ambientais, expansão de Áreas Protegidas na bacia amazônica além de considerar licenciamento ambiental embasados em informações de satélites, este será sobreposto ao cenário otimista (RCP 4.5) (Soares-Filho *et al.*, 2006).

### **Análise de Dados**

Para analisar o ganho/perda de áreas adequadas geramos cinco cenários de dispersão para ambos cenários futuros (RCP 4.5+GOV e 8.5+BAU), considerando os possíveis diferentes alcances de dispersão das espécies, sendo eles: 0% (neste cenário a espécie se distribuiriam no futuro apenas em áreas que já ocorrem no presente, ou seja, sem capacidade de dispersão), os quartis 25%, 50% e 75% (são os cenários que representam as capacidades de dispersão intermediárias, em que a espécie dispersariam por distâncias correspondentes a estes percentuais da sua área estimada para o presente) e 100% (neste cenário a espécie dispersaria de forma ilimitada para todas as áreas adequadas no futuro). Utilizamos tal abordagem devido à ausência de estimativas acuradas da capacidade de dispersão para a espécie estudada e assim discutiremos considerando estes possíveis cenários de dispersão. Para avaliarmos a dinâmica de distribuição de área

adequada de *P. pileata* entre o presente e os cenários climáticos do futuro realizamos uma análise de variância (ANOVA two-way), considerando como preditores os cenários climáticos futuros. Todas as análises foram realizadas no R *software* v4.0.3 (R Core Team, 2018) utilizando o pacote *raster* (Hijmans *et al.*, 2015).

## RESULTADOS:

Foram obtidas 96 ocorrências únicas para *P. pileata*. Considerando todos os cenários de dispersão no cenário otimista (RCP 4.5 + GOV) a perda de área de *P. pileata* variou entre 76.6% e 83.96% (Figura 2; Tabela 1). Quando observamos todos os cenários de dispersão no cenário pessimista (RCP 8.5 + BAU) a perda de área foi de 74.4% a 93.4% (Figura 2; Tabela 1). Em ambos os cenários climáticos projetados para o futuro (2050) *P. pileata* apresentou uma perda de área significativa em relação ao presente (Tabela 1).

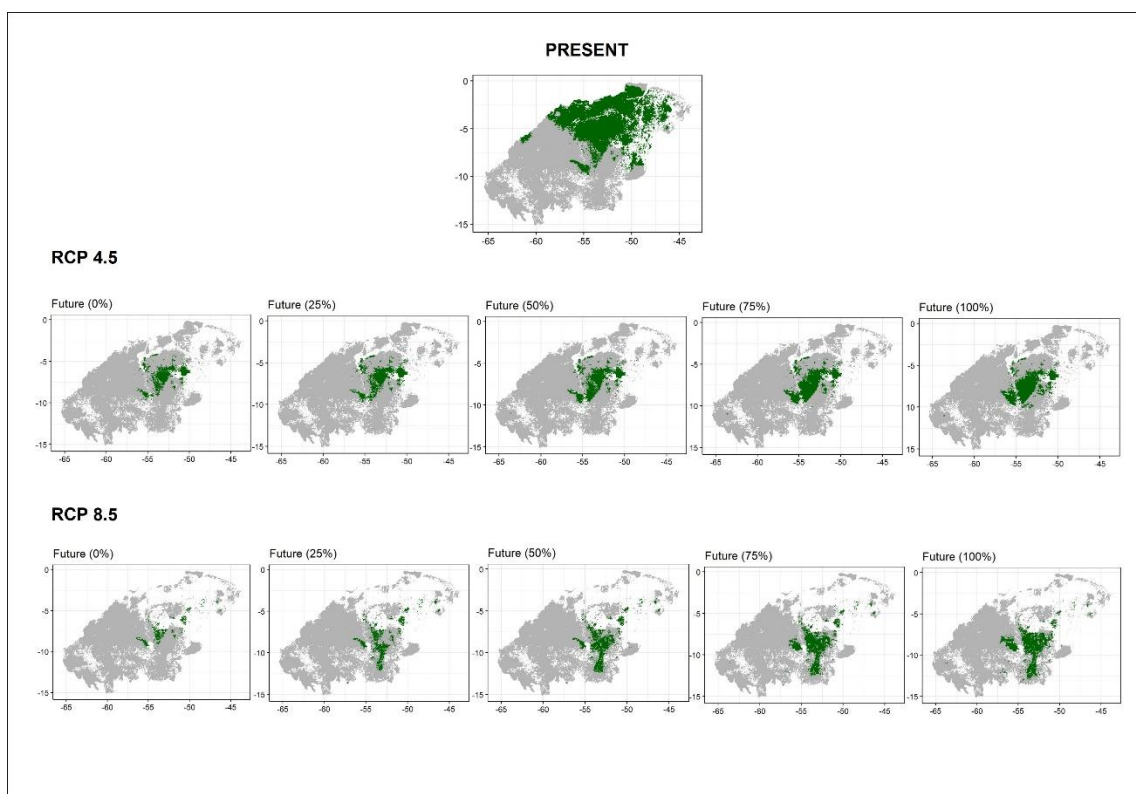


Figura 2. Modelo de distribuição potencial de *P. pileata* para o presente e projeções para o ano de 2050. Para o cenário otimista (RCP 4.5 + GOV) e para o cenário pessimista (RCP 8.5 + BAU), todos os cenários diferentes cenários de dispersão (0%, 25%, 50%, 75% e 100%).

Para ambos os cenários futuros, houve dinâmica de distribuição de área adequada entre o presente e os cenários climáticos do futuro (Tabela 2), com aumento gradativo de área na medida que se aumenta a capacidade de dispersão da espécie. O cenário futuro otimista (RCP 4.5 + GOV) apresentou média de 5937.4 km<sup>2</sup> de áreas adequadas para a sua ocorrência com o mínimo de 4600 km<sup>2</sup> (Tabela 1). Contudo, no cenário futuro pessimista (RCP 8.5 + BAU) o pior cenário de dispersão, que considera que a espécie só se distribuiria em áreas que já ocorre atualmente, houve uma considerável redução de área potencial adequada (Tabela 1; Figura 2). No cenário otimista considerando que a espécie ocorreria em todas as regiões acessíveis (dispersão ilimitada), apresentou redução significativa de área de ocorrência potencial para a espécie (Tabela 1; Figura 1).

Os dois cenários são alarmantes, pois mostram que em todas as projeções há clara redução de regiões compatíveis com ambientes propícios para a distribuição da espécie, e que mesmo em condições favoráveis do qual a espécie não restringiria o seu alcance a novas áreas (dispersão ilimitada), sua ocorrência se reduzirá acentuadamente até o ano de 2050.

Tabela 1: Área de distribuição da espécie *Penelope pileata* (km<sup>2</sup>) no presente e nos dois cenários de emissão de carbono no futuro um mais otimista, RCP 4.5, e um mais pessimista, RCP 8.5, e em cada cenário de dispersão 0%, 25%, 50%, 75% e 100%.

Presente	RCP 4.5					RCP 8.5				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%
28693	4600	4901	5692	6698	7796	1888	3447	5012	6174	7328

Tabela 2: Resultados das Análise de Variância ANOVA *two-way* (F), mostrando diferenças significativas entre os grupos de Dispersão e Cenário Climático.

	Valor F	P<0.05
Dispersão	261.08	2.00E-16

Cenário Climático	10.6	0.001
Interação	0.005	0.999

## 5. DISCUSSÃO

A maioria dos estudos sobre mudanças climáticas são realizados nas zonas temperadas, de modo que há pouca informação produzida que envolve as regiões tropicais, as quais hospedam a maior biodiversidade do mundo e concentram a maior parte das espécies vulneráveis às mudanças climáticas como a região Amazônica (Pacifci *et al.*, 2015; Fodem *et al.*, 2013). Grande parte do que se sabe sobre os impactos das mudanças climáticas sobre as aves é baseado em estudos de aves temperadas (Şekercioğlu *et al.*, 2012), logo é de extrema necessidade avaliar e compreender esses impactos para prever como os organismos e ecossistemas em climas tropicais podem ser afetados com essas mudanças que já se mostram aceleradas (Turner *et al.*, 2020). Este trabalho destaca a importância que medidas de conservação podem oferecer nesse cenário de desequilíbrio.

Saber o que torna uma espécie vulnerável e onde espécies estão localizadas pode ser muito útil para as estratégias de conservação, de modo que avaliar a vulnerabilidade desses organismos se torna essencial para se gerar conhecimento básico de sua biologia e ecologia (Pacifci *et al.*, 2015). Como foi observado por Dawson (2011), modelos de nicho são mais adequados para identificar a exposição das espécies às mudanças climáticas, e como os resultados da nossa modelagem sugerem, *P. pileata* pode sofrer grave redução de espaço bioclimático adequado até o ano de 2050. As informações obtidas neste trabalho demonstram que tanto no cenário de otimista quanto no cenário pessimista a espécie sofrerá retração na sua distribuição geográfica para sua persistência. Este trabalho aponta para a provável mudança no status de ameaça da espécie com base nos critérios adotados pela IUCN, que atualmente já classifica a espécie como ameaçada na categoria Vulnerável (VU), para a categoria em perigo (EN), que considera os critérios de redução populacional, declínio na área de ocupação no futuro, qualidade de habitat e sobretudo Extensão de ocorrência (EOO) estimada <5000km<sup>2</sup> (Tabela 1), o que para uma espécie endêmica esse risco de extinção é ainda mais elevado (Urbam, 2015)

A vulnerabilidade de uma espécie pode ser agravada por alguns fatores como interações bióticas, resposta evolutiva adaptativa reduzida, capacidade de dispersão, entre

outros (Pacifci *et al.*, 2015). Embora nem todos tenham sido avaliados aqui, sabemos que cracídeos são aves sensíveis a perturbações no ambiente, e o impactos das atividades antrópicas já vem afetando outras espécies da família, como o desmatamento e a consequente fragmentação florestal (Michalski & Peres 2017). Essas ações têm efeitos negativos nos organismos, levando ao declínio das populações. Esse decréscimo vem se acentuando nas últimas décadas e a destruição do habitat tem sido umas das principais causas dessa diminuição o que já levou à extinção na natureza do Mutum-do-nordeste, *Pauxi mitu* (Linnaeus, 1766) (Silveira, 2004). Atualmente só no Brasil estão listados 10 cracídeos ameaçados de extinção (BirdLife International, 2021).

Além de afetar diretamente a área de vida climaticamente adequada da espécie as mudanças climáticas também afetarão as distribuições de organismos como o de árvores frutíferas e insetos dos quais muitos pássaros dependem, levando as espécies a buscarem regiões climaticamente mais adequadas para sua sobrevivência (Sales *et al.*, 2021). Desse modo, em uma paisagem fragmentada pelo desmatamento como a deste estudo, a perda de habitat provocada pela expansão humana com estradas e pecuária podem reduzir significativamente o alcance das espécies para ambientes adequados e aumentar a probabilidade de extinção devido às mudanças climáticas (Schwartz *et al.*, 2006; Şekercioğlu *et al.*, 2012; Jusys, 2016; Rojas-Downing, 2017; Sales *et al.*, 2019). Vários estudos já mostraram resultados preocupantes sobre as projeções climáticas e perda de área adequada na região Amazônica. Moraes (2020), sugere que as aves endêmicas do leste da Amazônia, especialmente as restritas ao Centro de Endemismos Belém, perderão em média 73% de suas áreas adequadas até 2050, e entre as inúmeras espécies de aves que podem ser prejudicadas, está o cracídeo *Crax fasciolata pinima*, que terá sua distribuição reduzida em até 45%.

Na perspectiva atual de alterações climáticas, um dos processos mais relevantes para o crescimento de uma espécie no espaço-tempo é o efeito da dispersão (Diniz *et al.*, 2020), que depende do alcance da espécie e da disponibilidade de ambiente favorável. Segundo Sales *et al* (2019), quanto mais áreas conservadas estiverem disponíveis para o alcance da espécie, melhor será beneficiada a dispersão para perpetuação das espécies. Independe do cenário climático, nossos cenários de dispersão apresentaram diferença significativa o que é um fator importante para a permanência da espécie, uma vez que os riscos de extinção aumentam mais rapidamente com o aumento da temperatura se não houver nenhuma dispersão (Urban, 2015).

Para que ocorra a dispersão, o acesso a novas áreas florestais precisa ser viável, de modo que a descontinuidade e fragmentação do habitat deve ser levada em consideração. Para espécies de distribuição restrita e que possuem maior fidelidade ao habitat, rupturas na continuidade do habitat podem representar baixas significativas nas taxas reprodutivas e nos tamanhos populacionais (Henle *et al.*, 2004; Pfeifer *et al.*, 2017). Desta forma, ações que visem conectar os fragmentos devem ser priorizadas. Logo se faz importante que os esforços de conservação sejam direcionados para a criação de políticas de proteção ambiental, para preservar os remanescentes florestais (que ainda existem) e a criação de corredores ecológicos de dispersão, para tornar possível o deslocamento das espécies dentro da paisagem. Outro fator delimitador de distribuição na região Amazônica são os grandes rios, que funcionam como barreiras naturais e historicamente foram agentes vicariantes para vários grupos animais na Amazônia como as aves (Pomara *et al.*, 2013; Pirani *et al.*, 2019), e agora podem agir como fator restritivo limitando a dispersão a áreas com clima adequado, mesmo com a existência de regiões climaticamente favoráveis à existência da espécie.

Além da perda de habitat, vários outros riscos danosos são agravados quando associados às mudanças climáticas, como a caça, a expansão de espécies invasoras criando concorrência com espécies nativas e a proliferação de doenças, como parasitas (Şekercioğlu *et al.*, 2012). A caça é um dos principais problemas enfrentados pelos cracídeos, estes geralmente estão entre as maiores espécies nas assembleias de pássaros neotropicais, que constituem uma importante fonte alimentar para populações tradicionais (Begazo & Bodmer, 1998; Kattan, 2015). Pouco se sabe sobre o histórico e o impacto da caça de *P. pileata*, porém, considerando a sua área de ocorrência e toda a devastação e expansão antrópica adentrando cada vez na floresta, é esperado que assim como ocorre com outros cracídeos próximos a regiões habitadas, a sua densidade também esteja sendo afetada de forma negativa por esse fator. Estudos indicam que os cracídeos apresentam baixa taxa de recuperação da população e não toleram níveis de caça contínua (Begazo & Bodmer 1998; Barrio, 2011).

Assim, buscando estimar melhor a distribuição potencial da *P. pileata*, deve-se considerar vários fatores, como as variações de regiões climaticamente adequadas no futuro, a pressão da caça que pode reprimir sua permanência em algumas localidades, e sobretudo sua dispersão, que pode ser dificultada ou impedida por barreiras antrópicas e naturais como paisagem fragmentadas e grandes rios. Esses fatores potencialmente criaram um cenário de populações fragmentadas em um mosaico de remanescentes

florestais isolados, dificultando migrações e que poderão impedir o fluxo gênico entre elas causando uma baixa diversidade genética. Essa baixa diversidade genética traz consequências negativas, em razão de torná-los mais suscetíveis a patógenos e proliferação de doenças já favorecidas pelos desequilíbrios ambientais criados pelas mudanças climáticas, e podem reduzir ainda mais essas populações já fragilizadas.

Outro ponto importante que também pode ser afetado pelas mudanças globais, é o papel funcional da espécie que para ocorrer precisa de um ambiente equilibrado para assim ser viável (Cadotte *et al.*, 2011). Essas mudanças podem ocasionar consequências na redistribuição da biodiversidade, remodelando as interações ecológicas e os processos do ecossistema, como a dispersão de sementes por grandes frugívoros como os jacus, que ficarão restritos a maiores remanescentes florestais (Mokany *et al.*, 2015; Sales *et al.*, 2021). Sem dispersores como este, as plantas das quais eles se alimentam terão redução no sucesso da conquista de novas áreas climaticamente favoráveis, além do prejuízo ecossistêmico na manutenção da floresta (Sales *et al.*, 2021).

No entanto, é difícil prever como os cracídeos podem responder às mudanças climáticas, visto que essas respostas dependem das peculiaridades que cada espécie pode apresentar, (Kattan *et al.*, 2015). Sabe-se que os efeitos das mudanças climáticas na distribuição das espécies estão certamente relacionados a tolerâncias ambientais (Foden *et al.*, 2013) mas pouco se sabe como a *P. pileata* pode responder, e como essa resposta pode se manifestar. Contudo se observarmos como essas manifestações estão ocorrendo em outros cracídeos, percebemos uma tendência geral na redução de alcance do grupo e modificações na densidade (Barrio, 2011; Kattan *et al.*, 2015). Para entender melhor isso, sugerimos que novos estudos são necessários para averiguar se essa redução de alcance do grupo e modificação de densidade estaria relacionado a falta de adaptabilidade às alterações climáticas, o que pode estar interferindo nos períodos e sucessos reprodutivos, alterando o tempo e a abundância de seus suprimentos de alimentos e outros recursos (Crick, 2004; Domecini & Seebacher, 2020).

## CONCLUSÃO

É importante destacar que os resultados aqui encontrados apresentam aspectos referentes à abordagem aplicada neste trabalho, que utilizou a perspectiva do nicho grineliiano, focando nas condições e variáveis abióticas do qual nos limitamos a discutir,

sem considerar outros fatores que também podem influenciar na sobrevivência da espécie em determinada área como relações interespecíficas de competição e predação. Não obstante esses vieses não anulam a relevância que trabalhos de modelagem de nicho ecológico tem produzidos, no que tange às estimativas para prever áreas com condições de abrigar as espécies no futuro.

Para preencher toda essa lacuna de conhecimento biológico das espécies tropicais, onde muitos ainda são desconhecidos, mais estudos e pesquisas devem ser realizados com foco na ecologia e tolerâncias ambientais. Os desequilíbrios ambientais estão cada vez mais acelerados, se mostrando superiores até ao que foi previsto (IPCC, 2021). Isso é preocupante, dado que mesmo com a disponibilidade de tempo e recursos, não há como identificar e proteger todas as espécies vulneráveis às mudanças climáticas antes que isso as afete, pois o número de espécies ameaçadas é grande e só tende a aumentar.

Considerando o que este trabalho estimou, notamos que a espécie *P. pileata* sofrerá redução de área de ocorrência significativa no futuro o que aumentará seu nível de ameaça. Estudos assim ajudam a construir um maior entendimento do que podemos esperar para o futuro da avifauna tropical, e procurar formas de mitigação desses efeitos. Também é importante a ação de novas pesquisas para acompanhar os processos dos efeitos das mudanças climáticas nas espécies a fim de focar com maior assertividade em soluções para a conservação destas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIELLO-LAMMENS, M. E., BORJA, R. A., RADOSAVLJEVIC, A., VILELA, B., & ANDERSON, R. P. spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography*, **38(5)**, 541-545. 2015.
- ALDRICH, S., WALKER, R., SIMMONS, C., CALDAS, M., & PERZ, S. Contentious land change in the Amazon's arc of deforestation. *Annals of the Association of American Geographers*, **102(1)**, 103-128. 2012.
- ANDRADE AFA DE, VELAZCO SJE, DE MARCO JÚNIOR P. ENMTML: An R package for a straightforward construction of complex ecological niche models. *Environmental Modelling & Software*, **125**, 104615. 2020.
- ANJOS, L. J., & DE TOLEDO, P. M. Measuring resilience and assessing vulnerability of terrestrial ecosystems to climate change in South America. *PloS one*, **13(3)**, e0194654. 2018.

- ARAÚJO, M. B., & NEW, M. Ensemble forecasting of species distributions. **Trends in ecology & evolution**, **22(1)**, 42-47. 2007.
- BARRIO, J. Hunting pressure on cracids (Cracidae: Aves) in forest concessions in Peru. **Revista Peruana de Biología**, **18(2)**, 225-230. 2011.
- BARROS, D. F.; ALBERNAZ, A. L. M. Possible impacts of climate change on wetlands and its biota in the Brazilian Amazon. **Brazilian Journal of Biology**, v. **74**, p. 810-820, 2014.
- BGAZO, A. J., & BODMER, R. E. Use and conservation of cracidae (Aves: Galliformes) in the Peruvian Amazon. **Oryx**, **32(4)**, 301-309. 1998.
- BELLARD, C., BERTELSMEIER, C., LEADLEY, P., THUILLER, W., & COURCHAMP, F. Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecology letters**, **15(4)**, 365-377. 2012.
- BERTSCH, C., JIMENEZ, I., HAYES, F. E., URUEÑA, L. E., GIL, A. Q., SALAMAN, P., ... & BROOKS, D. M. Northern South America: Colombia, Venezuela and Trinidad. IN **Conserving Cracids: The most Threatened Family of Birds in the Americas**. Daniel M. Brooks, Laura Cancino and Sergio L. Pereira, Miscellaneous Publications of The Houston Museum of Natural Science, 6, 124-127. 2006.
- BirdLife International (2021) Country profile: Brazil. Available from <http://www.birdlife.org/datazone/country/brazil>.
- BirdLife International. 2016. Penelope pileata. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22678392A92771975. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22678392A92771975.en>. Downloaded on 13 September 2021.
- BirdLife International (2021) Species factsheet: *Penelope pileata*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 12/07/2021
- BONILLA-BEDOYA, S., ESTRELLA-BASTIDAS, A., MOLINA, J. R., & HERRERA, M. Á. Socioecological system and potential deforestation in Western Amazon forest landscapes. **Science of the total environment**, **644**, 1044-1055. 2018.
- BRANDO, P. M., BALCH, J. K., NEPSTAD, D. C., MORTON, D. C., PUTZ, F. E., COE, M. T., ... & SOARES-FILHO, B. S. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought–fire interactions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, **111(17)**, 6347-6352. 2014.
- BROOKS, D. M., & STRAHL, S. D. **Curassows, guans and chachalacas: status survey and conservation action plan for cracids 2000-2004**. Gland, Switzerland and Cambridge UK: IUCN. 2000.
- BROOKS, T. M., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A., RYLANDS, A. B., KONSTANT, W. R., ... & HILTON-TAYLOR, C. Habitat loss

and extinction in the hotspots of biodiversity. **Conservation biology**, **16(4)**, 909-923. 2002.

BUCKLAND, S. T., & ELSTON, D. A. . Empirical models for the spatial distribution of wildlife. **Journal of applied Ecology**, **478-495**. 1993.

CADOTTE, M. W., CARSCADDEN, K., & MIROTCHNICK, N. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of applied ecology**, **48(5)**, 1079-1087. 2011.

CARVALHO, S., OLIVEIRA, A., PEDERSEN, J. S., MANHICE, H., LISBOA, F., NORGUET, J., ... & SANTOS, F. D. A changing Amazon rainforest: Historical trends and future projections under post-Paris climate scenarios. **Global and Planetary Change**, **195**, 103328. 2020.

COETZEE, B. W., ROBERTSON, M. P., ERASMUS, B. F., VAN RENSBURG, B. J., & THUILLER, W. Ensemble models predict Important Bird Areas in southern Africa will become less effective for conserving endemic birds under climate change. **Global Ecology and Biogeography**, **18(6)**, 701-710. 2009.

CORTES, C., & VAPNIK, V. Support-vector networks. **Machine learning**, **20(3)**, 273-297. 1995.

CRICK, H. Q. The impact of climate change on birds. **Ibis**, **146**, 48-56. 2004.

DAWSON, T. P., JACKSON, S. T., HOUSE, J. I., PRENTICE, I. C., & MACE, G. M. Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. **science**, **332(6025)**, 53-58. 2011.

DE MARCO, P., & NÓBREGA, C.

C. Evaluating collinearity effects on species distribution models: An approach based on virtual species simulation. **PloS one**, **13(9)**, e0202403. 2018.

DINIZ, M. F., CUSHMAN, S. A., MACHADO, R. B., & JÚNIOR, P. D.

M. Landscape connectivity modeling from the perspective of animal dispersal. **Landscape Ecology**, **35(1)**, 41-58. 2020.

DOMENICI, P., & SEEBACHER, F. The impacts of climate change on the biomechanics of animals. **Conservation physiology**, **8(1)**, coz102. 2020.

DOMINGUES, M. S., & BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente & sociedade**, **15**, 1-22. 2012.

ESCOBAR, H. Deforestation in the Brazilian Amazon is still rising sharply. **Science**, **369**, 613. 2020.

FEARNSIDE, P. Deforestation of the Brazilian Amazon.

In **Oxford research encyclopedia of environmental science**. 2017.

- FITZPATRICK, M. C., WELTZIN, J. F., SANDERS, N. J., & DUNN, R. R. The biogeography of prediction error: why does the introduced range of the fire ant over-predict its native range?. **Global Ecology and Biogeography**, **16(1)**, 24-33. 2007.
- FODEN, W. B., BUTCHART, S. H. M., STUART, S. N., VIÉ, J.-C., AKÇAKAYA, H. R., ANGULO, A., ... MACE, G.  
M. Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. **PLoS ONE**, **8(6)**, e65427. 2013.
- FUJISAKA, S., BELL, W., THOMAS, N., HURTADO, L., & CRAWFORD, E. Slash-and-burn agriculture, conversion to pasture, and deforestation in two Brazilian Amazon colonies. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, **59(1-2)**, 115-130. 1996.
- GREENWOOD, S., RUIZ-BENITO, P., MARTÍNEZ-VILALTA, J., LLORET, F., KITZBERGER, T., ALLEN, C. D., ... & JUMP, A. S. Tree mortality across biomes is promoted by drought intensity, lower wood density and higher specific leaf area. **Ecology letters**, **20(4)**, 539-553. 2017.
- GOLDING, N., & PURSE, B. V.  
Fast and flexible Bayesian species distribution modelling using Gaussian processes. **Methods in Ecology and Evolution**, **7(5)**, 598-608. 2016.
- GOMES, V. H., VIEIRA, I. C., SALOMÃO, R. P., & TER STEEGE, H.  
Amazonian tree species threatened by deforestation and climate change. **Nature Climate Change**, **9(7)**, 547-553. 2019.
- GOTELLI, NICHOLAS J.; ELLISON, AARON M. **Princípios de estatística em ecologia** . Artmed Editora, 2016.
- GRIMM, N. B., CHAPIN III, F. S., BIERWAGEN, B., GONZALEZ, P., GROFFMAN, P. M., LUO, Y., ... & WILLIAMSON, C.  
E. The impacts of climate change on ecosystem structure and function. **Frontiers in Ecology and the Environment**, **11(9)**, 474-482. 2013.
- GUISAN, A., TINGLEY, R., BAUMGARTNER, J. B., NAUJOKAITIS-LEWIS, I., SUTCLIFFE, P. R., TULLOCH, A. I., ... & BUCKLEY, Y. M.  
Predicting species distributions for conservation decisions. **Ecology letters**, **16(12)**, 1424-1435. 2013.
- GUO, Q., KELLY, M., & GRAHAM, C. H. Support vector machines for predicting distribution of Sudden Oak Death in California. **Ecological modelling**, **182(1)**, 75-90. 2005.
- HASTIE, T., & TIBSHIRANI, R. Cross-validation and bootstrap. Stanford University, Department of Statistics. 2009.

HENLE, K., DAVIES, K. F., KLEYER, M., MARGULES, C., & SETTELE, J. Predictors of species sensitivity to fragmentation. **Biodiversity & Conservation**, **13(1)**, 207-251. 2004.

HENSON, S. A., BEAULIEU, C., ILYINA, T., JOHN, J. G., LONG, M., SÉFÉRIAN, R., ... & SARMIENTO, J. L. Rapid emergence of climate change in environmental drivers of marine ecosystems. **Nature Communications**, **8(1)**, 1-9. 2017.

HIJMANS, R. J., VAN ETTEN, J., CHENG, J., MATTIUZZI, M., SUMNER, M., GREENBERG, J. A., ... & HIJMANS, M. R. J. Package 'raster'. R package, 734. 2015.

HOFFMANN, D., DE VASCONCELOS, M. F., & FERNANDES, G. W. The fate of endemic birds of eastern Brazilian mountaintops in the face of climate change. **Perspectives in Ecology and Conservation**, **18(4)**, 257-266. 2020.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de ação para a conservação do mutum-do-sudeste Crax blumenbachii**. 2004.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: volume III –aves. In *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Ed.)*, **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção (pp. 1– 1232)**. Brasília, BR: ICMBio. (2018).

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2. <https://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 21/07/2021. 2021.

JACCARD, P. Nouvelles recherches sur la distribution florale. **Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.**, **44**, 223-270. 1908.

JUNIOR, C. H. S., PESSÔA, A. C., CARVALHO, N. S., REIS, J. B., ANDERSON, L. O., & ARAGÃO, L. E. The Brazilian Amazon deforestation rate in 2020 is the greatest of the decade. **Nature Ecology & Evolution**, **5(2)**, 144-145. 2021.

JUSYS, T. Fundamental causes and spatial heterogeneity of deforestation in Legal Amazon. **Applied Geography**, **75**, 188–199. 2016.

KATTAN, G. H., MUÑOZ, M. C., & KIKUCHI, D. W. Population densities of curassows, guans, and chachalacas (Cracidae): Effects of body size, habitat, season, and hunting. **The Condor: Ornithological Applications**, **118(1)**, 24-32. 2016.

LAURANCE, W. F., SAYER, J., & CASSMAN, K. G. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. **Trends in ecology & evolution**, **29(2)**, 107-116. 2014.

- LEITE-FILHO, A. T., SOARES-FILHO, B. S., DAVIS, J. L., ABRAHÃO, G. M., & BÖRNER, J. Deforestation reduces rainfall and agricultural revenues in the Brazilian Amazon. **Nature Communications**, **12**(1), 1-7. 2021.
- LEITE, G. A., FARIAS, I. P., GONÇALVES, A. L., HAWES, J. E., & PERES, C. A. Coarse-and fine-scale patterns of distribution and habitat selection places an Amazonian floodplain curassow in double jeopardy. **PeerJ**, **6**, e4617. 2018.
- LEROY, B., DELSOL, R., HUGUENY, B., MEYNARD, C. N., BARHOUMI, C., BARBET-MASSIN, M., & BELLARD, C. Without quality presence–absence data, discrimination metrics such as TSS can be misleading measures of model performance. **Journal of Biogeography**, **45**(9), 1994-2002. 2018.
- MALHI, Y., ROBERTS, J. T., BETTS, R. A., KILLEEN, T. J., LI, W., & NOBRE, C. A. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. **science**, **319**(5860), 169-172. 2008.
- MALHI, Y., ARAGÃO, L. E., GALBRAITH, D., HUNTINGFORD, C., FISHER, R., ZELAZOWSKI, P., ... & MEIR, P. Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, **106**(49), 20610-20615. 2009.
- MARENGO, J. A., SOUZA JR, C. M., THONICKE, K., BURTON, C., HALLADAY, K., BETTS, R. A., ... & SOARES, W. R. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. **Frontiers in Earth Science**, **6**, 228. 2018.
- MICHALSKI, F., & PERES, C. A. Gamebird responses to anthropogenic forest fragmentation and degradation in a southern Amazonian landscape. **PeerJ**, **5**, e3442. 2017.
- MOKANY, K., PRASAD, S., & WESTCOTT, D. A. Impacts of climate change and management responses in tropical forests depend on complex frugivore-mediated seed dispersal. **Global Ecology and Biogeography**, **24**(6), 685-694. 2015.
- MONTOYA, J. M., & RAFFAELLI, D. Climate change, biotic interactions and ecosystem services. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, **365**(1549), 2013-2018. 2010.
- MOONEY, H., LARIGAUDERIE, A., CESARIO, M., ELMQUIST, T., HOEGH-GULDBERG, O., LAVOREL, S., ... & YAHARA, T. Biodiversity, climate change, and ecosystem services. **Current opinion in environmental sustainability**, **1**(1), 46-54. 2009.

- MORAES, K. F., SANTOS, M. P. D., GONÇALVES, G. S. R., DE OLIVEIRA, G. L., GOMES, L. B., & LIMA, M. G.  
M. Climate change and bird extinctions in the Amazon. **Plos one**, **15(7)**, e0236103. 2020.
- MUÑOZ, M. C., & KATTAN, G.  
H. Diets of cracids: how much do we know. **Ornitologia neotropical**, **18(1)**, 21-36. 2007.
- NEPSTAD, D., CARVALHO, G., BARROS, A. C., ALENCAR, A., CAPOBIANCO, J. P., BISHOP, J., & PRINS, E. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. **Forest ecology and management**, **154(3)**, 395-407. 2001.
- NOBRE, C. A., SAMPAIO, G., BORMA, L. S., CASTILLA-RUBIO, J. C., SILVA, J. S., & CARDOSO, M. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, **113(39)**, 10759-10768. 2016.
- PACHECO, J. F., SILVEIRA, L. F., ALEIXO, A., AGNE, C. E., BENCKE, G. A., BRAVO, G. A., ... & DE Q PIACENTINI, V.  
Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee—second edition. **Ornithology Research**, **29(2)**, 94-105. 2021.
- PACIFICI, M., FODEN, W. B., VISCONTI, P., WATSON, J. E., BUTCHART, S. H., KOVACS, K. M., ... & RONDININI, C. Assessing species vulnerability to climate change. **Nature climate change**, **5(3)**, 215-224. 2015.
- PETERSON, A. T., SÁNCHEZ-CORDERO, V., SOBERON, J., BARTLEY, J., BUDDEMEIER, R. W., & NAVARRO-SIGÜENZA, A. G. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. **Ecological modelling**, **144(1)**, 21-30. 2001.
- PETERSON, A. T., & SOBERÓN, J.  
J. Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. **Natureza & Conservação**, **10(2)**, 102-107. 2012.
- PFEIFER, M., LEFEBVRE, V., PERES, C. A., BANKS-LEITE, C., WEARN, O. R., MARSH, C. J., ... & EWERS, R. M. Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates. **Nature**, **551(7679)**, 187-191. 2017.
- PHILLIPS, S. J., & DUDÍK, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, **31(2)**, 161-175. 2008.
- PIRANI, R. M., WERNECK, F. P., THOMAZ, A. T., KENNEY, M. L., STURARO, M. J., ÁVILA-PIRES, T. C., ... & KNOWLES, L.  
L. Testing main Amazonian rivers as barriers across time and space within widespread taxa. **Journal of Biogeography**, **46(11)**, 2444-2456. 2019.

- PIRES, A. P., SRIVASTAVA, D. S., MARINO, N. A., MACDONALD, A. A. M., FIGUEIREDO-BARROS, M. P., & FARJALLA, V. F. Interactive effects of climate change and biodiversity loss on ecosystem functioning. **Ecology**, **99**(5), 1203-1213. 2018.
- POMARA, L. Y., RUOKOLAINEN, K., & YOUNG, K. R. Avian species composition across the Amazon River: the roles of dispersal limitation and environmental heterogeneity. **Journal of Biogeography**, **41**(4), 784-796. 2014.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2018.
- ROJAS-DOWNING, M. M., NEJADHASHEMI, A. P., HARRIGAN, T., & WOZNICKI, S. A. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. **Climate Risk Management**, **16**, 145-163. 2017.
- SALES, L. P., RIBEIRO, B. R., PIRES, M. M., CHAPMAN, C. A., & LOYOLA, R. Recalculating route: dispersal constraints will drive the redistribution of Amazon primates in the Anthropocene. **Ecography**, **42**(10), 1789-1801. 2019.
- SALES, L. P., KISSLING, W. D., GALETTI, M., NAIMI, B., & M PIRES, M. Climate change reshapes the eco-evolutionary dynamics of a Neotropical seed dispersal system. **Global Ecology and Biogeography**, **30**(5), 1129-1138. 2021.
- SCHÄDLER, M., BUSCOT, F., KLOTZ, S., REITZ, T., DURKA, W., BUMBERGER, J., ... & AUGE, H. Investigating the consequences of climate change under different land-use regimes: a novel experimental infrastructure. **Ecosphere**, **10**(3), e02635. 2019.
- SCHWARTZ, M. W., IVERSON, L. R., PRASAD, A. M., MATTHEWS, S. N., & O'CONNOR, R. J. Predicting extinctions as a result of climate change. **Ecology**, **87**(7), 1611-1615. 2006.
- SCHOLES, R. J. Climate change and ecosystem services. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, **7**(4), 537-550. 2016.
- ŞEKERCIOĞLU, Ç. H., PRIMACK, R. B., & WORMWORTH, J. The effects of climate change on tropical birds. **Biological conservation**, **148**(1), 1-18. 2012.
- SHERIDAN, J. A., & BICKFORD, D. Shrinking body size as an ecological response to climate change. **Nature climate change**, **1**(8), 401-406. 2011.
- SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro. 1997.
- SILLERO, N., & BARBOSA, A. M. Common mistakes in ecological niche models. **International Journal of Geographical Information Science**, **35**(2), 213-226. 2021.

- SILVA, J. D., RYLANDS, A. B., & FONSECA, G. D. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. **Megadiversidade**, **1(1)**, 124-131. 2005.
- SILVEIRA, L. F., SOARES, E. S., & BIANCHI, C. A. **Plano de ação nacional para conservação dos Galliformes ameaçados de extinção**. ICMBio MMA, Brasília, 90. 2008.
- SOARES-FILHO, B. S., NEPSTAD, D. C., CURRAN, L. M., CERQUEIRA, G. C., GARCIA, R. A., RAMOS, C. A., ... & SCHLESINGER, P. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, **440(7083)**, 520-523. 2006.
- TABARI, H. Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability. **Scientific reports**, **10(1)**, 1-10. 2020.
- THOMAS, C. D., CAMERON, A., GREEN, R. E., BAKKENES, M., BEAUMONT, L. J., COLLINGHAM, Y. C., ... & WILLIAMS, S. E. Extinction risk from climate change. **Nature**, **427(6970)**, 145-148. 2004.
- TILMAN, D., & LEHMAN, C. Mudanças ambientais causadas pelo homem: impactos na diversidade e evolução das plantas. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, **98 (10)**, 5433-5440. 2001.
- TRANCOSO, R. Changing Amazon deforestation patterns: urgent need to restore command and control policies and market interventions. **Environmental Research Letters**, **16(4)**, 041004. 2021.
- TURNER, M. G., CALDER, W. J., CUMMING, G. S., HUGHES, T. P., JENTSCH, A., LADEAU, S. L., ... & CARPENTER, S. R. Climate change, ecosystems and abrupt change: science priorities. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, **375(1794)**, 20190105. 2020.
- URBAN, M. C. Accelerating extinction risk from climate change. **Science**, **348(6234)**, 571-573. 2015.
- VARELA, S., TERRIBILE, L. C., DE OLIVEIRA, G., DINIZ-FILHO, J. A. F., GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, J., & LIMA-RIBEIRO, M. S. ecoClimate vs. Worldclim: variables climáticas SIG para trabajar en biogeografía. **Ecosistemas**, **24(3)**, 88-92. 2015.
- VELAZCO, S. J. E., RIBEIRO, B. R., LAURETO, L. M. O., & JÚNIOR, P. D. M. Overprediction of species distribution models in conservation planning: A still neglected issue with strong effects. **Biological Conservation**, **252**, 108822. 2020.
- WILLIS, S. G., HOLE, D. G., COLLINGHAM, Y. C., HILTON, G., RAHBEK, C., & HUNTLEY, B. Assessing the impacts of future climate change on protected area

networks: a method to simulate individual species' responses. **Environmental Management**, **43(5)**, 836-845. 2009.

ZANIEWSKI, A. E., LEHMANN, A., & OVERTON, J. M. Predicting species spatial distributions using presence-only data: a case study of native New Zealand ferns. **Ecological modelling**, **157(2-3)**, 261-280. 2002.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que observamos, fica mais claro perceber que a imprudência das atividades humanas pode proporcionar sérias consequências a nosso planeta, tais como as mudanças climáticas associadas a outros estressores ambientais como o desmatamento, afetando os ecossistemas e sobretudo os organismos mais vulneráveis a esses efeitos. Como foi aqui apresentado, nossa fauna corre risco de ficar cada vez mais ameaçada, e distribuídas em áreas cada vez menores e mais isoladas.

Este trabalho permite observar, que não é apenas com a biodiversidade atual que precisa se preocupar, mas também em como estará essa biodiversidade no futuro, para assim buscar maneiras de assegurar sua existência e permanência frente aos impactos potencialmente nocivos que possam enfrentar. Para isso, devem ser realizados estudos e pesquisas que aprimorem técnicas e meios de mensurar esses efeitos, assim como trabalhos que procurem investigar como essas consequências podem agir nos ecossistemas e organismos. Construindo assim uma importante base de conhecimentos sobre ecologia, para guiar na elaboração de medidas que visem contornar esses efeitos.

## ANEXO:

### Normas da revista:

#### Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX. We recommend using Springer Nature's LaTeX template.

#### Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

#### Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

#### Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

#### Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

#### References

##### Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).

This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).

This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

##### Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Please alphabetize according to the following rules:

- 1) For one author, by name of author, then chronologically;
- 2) For two authors, by name of author, then name of coauthor, then chronologically;
- 3) For more than two authors, by name of first author, then chronologically.