



DANIELLE FRANCO

**Conservação de aves na Mata Atlântica brasileira: presente e futuro das mudanças  
climáticas em múltiplas escalas.**

Tese de Doutorado.

Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências,  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientação:

Maria João Ramos Pereira

Ana Bertoldi Carneiro

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PORTO ALEGRE

2022

DANIELLE FRANCO

**Conservação de aves na Mata Atlântica brasileira: presente e futuro das mudanças climáticas em múltiplas escalas.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Biologia Animal.

Área de concentração:

Biodiversidade.

Orientadora:

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Maria João Ramos Pereira

Coorientadora:

Dr.<sup>a</sup>. Ana Bertoldi Carneiro

DANIELLE FRANCO

**Conservação de aves na Mata Atlântica: presente e futuro das mudanças  
climáticas em múltiplas escalas.**

BANCA EXAMINADORA

---

Dr<sup>a</sup>. Nêmora Paulleti Prestes  
(Universidade de Passo Fundo)

---

Dr. Luíz dos Anjos  
(Universidade Estadual de Londrina)

---

Dr<sup>a</sup> Flavia Pereira Tirelli  
(Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

*Para:*

*Maria Odete Franco, Maria Cardoso de Freitas, Orfelina Teixeira,  
Gabrielle Franco e Patrícia Rodrigues – mulheres esteio na minha vida;*

*a João Antônio Rodrigues de Oliveira – pacote de amor imensurável  
que mudou as nossas vidas.*

*(Dedico)*

## **Agradecimentos**

“...A maior satisfação que tive foi quando recebi uma carta endereçada ao 'Sr. Dr. Emil Snethlage': isso me convenceu de que eu tinha feito o trabalho de um homem...” (*Emile Snethlage*).

Entre Marias e Anas encontrei acolhimento, afeto e uma parceria acadêmica que espero dure muitos anos ainda. Não é simples criar, executar e finalizar um projeto em escala de bioma inteiro, mas quando tudo é feito em conjunto o processo fica bem mais leve.

Se a Mata Atlântica une diversos estados, eu migrei até Minas Gerais para encontrar irmandade, amizade e incorporar na minha existência mais Marias e Marianas. Assim como migrar para o sul é um ato tão comum à maioria das espécies de aves, hoje as tenho mais perto.

Se alçar grande voos solitários é inerente a maioria das aves, viver em bando também. E como esse importa quando nos sentimos sozinhos! De voo em voo fui agregando pessoas muito importantes nesse processo. Entre UFRGS, BiMaLab, Porto Alegre e Santa Cruz do Sul se formou um belo bando e foi este o responsável pela força, acolhimento e amizade quando nos momentos de solidão.

Entre florestas, cânions, rios, saltos e cachoeiras pude conhecer alguns dos lugares mais belos do Brasil. Entre diferentes cantinhos de Mata Atlântica pude conhecer também pessoas incríveis sem as quais este projeto não teria sido possível. Como por costume sou pássaro de bando, inúmeras equipes de campo foram necessárias, e este trabalho não teria sido feito se não fossem essas inúmeras mulheres (e dois homens) que agregaram seu conhecimento, tempo e força a este trabalho.

Quebrar a casca para a vida, em seguida emplumar e alçar novos e longo voos não é simples, mas é fundamental para enfrentar este mundo que é um céu aberto. Enquanto

boa família de matriarcas, elas me fizeram força, coragem e a fortaleza necessária para enfrentar as tempestades dos longos voos. Também são elas o ninho seguro para enxugar o pranto quando necessário. Ao mesmo tempo que minhas irmãs, mães e tias são esteio, a palavra família ganhou um novo significado ao ampliar o amor que já existia. Agora, além de Marias, Bela, Orfelina, Gabrielle e Patrícia, chega João! João que por si só já é forte e livre para mudar o mundo assim como já mudou o meu.

Embarcar em um projeto de doutorado talvez tenha sido o voo mais corajoso que fiz nos últimos anos de vida acadêmica. Por sorte, não o fiz sozinha! Entre muitos colaboradores, muitas mulheres (cientistas ou não) que não passam despercebidas. Se fiz “o trabalho de um homem” não sei, mas realizei o trabalho de muitas mulheres que vieram antes de mim e deixo uma porta aberta para tantas outras que virão. E que virão forte, conhecendo mais e temendo menos!

...Sou assim por vocação, céu e vontade de ninho. Os que correm passarão, eu que sonho, passarinho....

## Índice

Resumo.....	10
Abstract.....	11
Estrutura da tese.....	13
<b>CAPÍTULO 1: Introdução geral.....</b>	<b>15</b>
Mudanças climáticas e as ameaças à biodiversidade.....	15
Por que as aves?.....	17
Áreas protegidas: soluções e limitações.....	19
Conservação em múltiplas escalas: modelos e ferramentas.....	22
A Mata Atlântica.....	25
Características gerais.....	25
Conservação e remanescentes.....	25
Objetivos.....	26
Hipóteses e predições.....	27
Referências.....	29
<b>CAPÍTULO 2: Climatic changes and the future of Brazilian Atlantic Forest Birds.....</b>	<b>43</b>
Abstract.....	44
<b>CAPÍTULO 3: Priority areas and effectiveness of conservation units for the conservation of Brazilian Atlantic Forest birds.....</b>	<b>46</b>
Abstract.....	47
<b>CAPÍTULO 4: Diretrizes para a conservação de aves florestais em três unidades de conservação da Mata Atlântica brasileira: Parque Nacional de Aparados da Serra</b>	

(RS), Parque Estadual do Turvo (RS) e Estação Ecológica de Água Limpa (MG).....	49
<b>Introdução.....</b>	<b>50</b>
<b>Contextualização.....</b>	<b>50</b>
<b>As unidades de conservação.....</b>	<b>51</b>
<u>Estação Ecológica de Água Limpa-EEAL-(Cataguases-MG):.....</u>	51
<u>Parque Nacional de Aparados da Serra – PNAS – (Cambará do Sul- RS, Jacinto Machado e Praia Grande- SC) .....</u>	53
<u>Parque Estadual do Turvo -PETU- (Derrubadas -RS) .....</u>	54
<b>Materiais e métodos.....</b>	<b>55</b>
<u>Monitoramento das aves, levantamento de dados e modelos espaciais.....</u>	55
<u>Espécies focais .....</u>	57
<b>Resultados.....</b>	<b>58</b>
<u>Parque Nacional de Aparados da Serra.....</u>	58
<u>Parque Estadual do Turvo.....</u>	59
<u>Estação Ecológica de Água Limpa.....</u>	60
<u>Caracterização do objetivo geral, objetivos específicos e ações previstas .....</u>	61
<u>Caracterização das ações de manejo para as áreas .....</u>	62
<u>Caracterização do objetivo geral, objetivos específicos e ações previstas para <i>Schifornis virescens</i> e <i>Chiroxipia caudata</i> nas unidades de conservação foco deste estudo.....</u>	65
<b>Conclusão.....</b>	<b>67</b>
<b>Referências .....</b>	<b>68</b>
<b>CAPÍTULO 5: conclusão geral.....</b>	<b>71</b>

## Lista de figuras

### **CAPÍTULO 4: Diretrizes para a conservação de aves florestais no Parque Nacional de Aparados da Serra, Parque Estadual do Turvo e Estação Ecológica de Água Limpa.**

**Figura 1:** Áreas prioritárias para conservação e estudos de *Schiffornis virescens* e *Chiroxiphia caudata* no Parque Nacional de Aparados da Serra. O gradiente de cores representa as áreas prioritárias previstas, desde os valores de prioridade mais altos na extremidade vermelha até os valores mais baixos na extremidade azul da escala.....

**Figura 2:** Áreas prioritárias para conservação e estudos de *Schiffornis virescens* e *Chiroxiphia caudata* no Parque Estadual do Turvo. O gradiente de cores representa as áreas prioritárias previstas, desde os valores de prioridade mais altos na extremidade vermelha até os valores mais baixos na extremidade azul da escala .....113

**Figura 3:** Áreas prioritárias para conservação e estudos de *Schiffornis virescens* e *Chiroxiphia caudata* na Estação Ecológica de Água Limpa. O gradiente de cores representa as áreas prioritárias previstas, desde os valores de prioridade mais altos na extremidade vermelha até os valores mais baixos na extremidade azul da escala.....114

## Resumo

Mudanças climáticas são uma das maiores ameaças à biodiversidade global, pois induzem a perda de diversidade em diferentes escalas. Áreas protegidas são consideradas uma estratégia efetiva na proteção da biodiversidade através da redução de ameaças. No entanto, para definir estas áreas é preciso conhecimento acerca da distribuição das espécies, sua ecologia e seu comportamento. Aves, assim como outros grupos de vertebrados são bons modelos ecológicos para avaliar impactos sobre a biodiversidade, pois possuem uma estreita relação com o habitat e podem ser utilizadas para identificar habitats prioritários, inclusive dentro de áreas protegidas. Porém, lacunas no conhecimento sobre a biologia e a ecologia de aves desde a escala individual à escala da paisagem tornam a detecção do grau de vulnerabilidade das aves às mudanças climáticas um desafio. Assim, investigaremos como as espécies de aves são afetadas por mudanças climáticas através de uma abordagem multi escala: modelando a distribuição de espécies a uma escala regional para determinar lacunas em instrumentos de proteção territorial tanto para diversidade taxonômica quanto para diversidade funcional utilizando também ferramentas de priorização de áreas. O bioma modelo será a Mata Atlântica visto que este é um dos biomas mais ameaçados do Brasil e um hotspot de biodiversidade mundial. Em suma, nesta tese procuraremos solucionar aspectos omissos para a conservação de aves no presente e contribuir para o manejo e permanência de suas populações em áreas protegidas na Mata Atlântica brasileira através de previsões acuradas de distribuição e áreas prioritárias para conservação no futuro.

## **Abstract**

Climate change is one of the major threats to global biodiversity, as it induces the loss of diversity at different scales. Protected areas are considered an effective strategy to protect biodiversity by reducing threats. However, to define these areas it is necessary to know about the distribution of species, their ecology and behavior. Birds, as well as other vertebrate groups, are good ecological models to assess impacts on biodiversity, as they have a close relationship with habitat and can be used to identify priority habitats, including within protected areas. However, gaps in knowledge about the biology and ecology of birds from the individual to the landscape scales make detecting the degree of vulnerability of birds to climate change a challenge. Thus, we will investigate how bird species are affected by climate change through a multi-scale approach: modeling the distribution of species at a regional scale to determine gaps in territorial protection instruments for both taxonomic and functional diversity also using areas' prioritization tools. The model biome will be the Atlantic Forest as this is one of the most threatened biomes in Brazil and one of the world's biodiversity hotspots. In short, with this thesis we will seek to solve missing aspects for the conservation of birds in the present and contribute to the management and permanence of their populations in protected areas in the Brazilian Atlantic Forest through accurate predictions of distribution and priority areas for conservation in the future.

# CAPÍTULO I



*Edward Lear, 1834*

## **Estrutura da tese**

O objetivo principal do presente trabalho é avaliar como as mudanças climáticas irão afetar a distribuição das aves da Mata Atlântica contribuindo para a visão de futuro da conservação das aves deste bioma, assegurando sua preservação em seus habitats com populações viáveis através da análise de lacunas na distribuição de espécies e de lacunas nas áreas protegidas existente no bioma.

Esta tese está estruturada em dois artigos principais destinados a publicação e um plano de ação que abordam os objetivos específicos do trabalho abaixo descritos. Ambos os artigos foram formatados visando a submissão em periódicos com arbitragem científica. Para manter a consistência global do documento da tese e por motivos estéticos, segundo a Resolução nº 23/2009 do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que “Institui procedimentos e normas para apresentação e avaliação da Dissertação de Mestrado e da Tese de Doutorado” apenas as referências bibliográficas estão formatadas segundo os periódicos indicados para a publicação.

No primeiro capítulo, intitulado INTRODUÇÃO GERAL, apresentamos o estado da arte acerca das mudanças climáticas e como elas afetam a biodiversidade, incluindo as aves. Também abordamos o uso de ferramentas de modelagem de nicho e de priorização espacial e de análise de lacunas que podem nos dar uma visão multi escala na definição de ações para conservação das aves na Mata Atlântica.

No segundo capítulo, intitulado CLIMATE CHANGE AND THE FUTURE OF BRAZILIAN ATLANTIC FOREST BIRDS, avaliamos como as previsões de mudanças climáticas para os próximos sessenta anos irão afetar a distribuição das aves da Mata Atlântica. Testou-se a hipótese de que as mudanças climáticas previstas irão afetar os

padrões de distribuição das aves na Mata Atlântica brasileira de forma que quanto mais severa for a mudança climática prevista, mais as espécies perderão habitat em potencial. Este artigo encontra-se em preparação para submissão ao periódico *Journal of Avian Biology*.

O terceiro capítulo, intitulado **PRIORITY AREAS AND EFFECTIVENESS OF PROTECTED AREAS FOR THE CONSERVATION OF BRAZILIAN ATLANTIC FOREST BIRDS**, aborda mais especificamente a efetividade das áreas protegidas de uso sustentável e de proteção integral na conservação da riqueza taxonômica e funcional das aves, além de avaliar como as mudanças climáticas moldam as áreas prioritárias para conservação das aves no bioma Mata Atlântica. Este artigo encontra-se em preparação para submissão ao periódico *PlosOne*.

O quarto capítulo, intitulado **DIRETRIZES PARA A CONSERVAÇÃO DE AVES FLORESTAIS NO PARQUE NACIONAL DE APARADOS DA SERRA, PARQUE ESTADUAL DO TURVO E ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁGUA LIMPA** apresenta diretrizes para a conservação das aves utilizando duas espécies focais em três unidades de conservação ao longo da Mata Atlântica brasileira. Este capítulo encontra-se formatado como um plano de ação e será disponibilizado diretamente aos gestores das respectivas unidades de conservação.

Por fim, o quinto capítulo, apresenta as conclusões gerais da tese.

## **Introdução geral**

### **Mudanças globais e as ameaças à biodiversidade**

‘Mudanças globais’ referem-se ao impacto da atividade humana nos principais processos que governam o funcionamento da biosfera, incluindo o clima, os ciclos de materiais biogênicos essenciais para a vida (por exemplo, carbono e água) e o equilíbrio e distribuição das espécies e ecossistemas (Pyhälä et al. 2016). A perda e a degradação do habitat resultantes da expansão das áreas agrícolas e da urbanização estão entre os principais fatores de mudança ambiental global (Hanaček e Rodríguez-Labajos 2018), sendo a perda de diversidade mais uma consequência dos impactos dessas mudanças globais (Cardinale et al. 2012).

Nas últimas décadas, o termo 'mudanças climáticas' tem sido frequentemente usado para descrever as mudanças no clima da Terra impulsionadas principalmente pela atividade humana desde o período pré-industrial (c. 1850 em diante), particularmente a queima de combustíveis fósseis e a remoção de florestas, resultando em um aumento relativamente rápido na concentração de dióxido de carbono na atmosfera da Terra. Estas alterações surgem basicamente por duas vias: i) alterações nos regimes de temperatura e pluviosidade em resultado do desmatamento e, ii) aumento das temperaturas em consequência da emissão de gases com efeito de estufa. No entanto, essas vias interatuam sinergisticamente, sendo que áreas fortemente desmatadas perdem a capacidade de resiliência a eventos extremos, potencializando os seus impactos negativos sobre espécies e habitats.

Espera-se que os impactos das mudanças climáticas se intensifiquem com o aumento da temperatura da superfície global provavelmente superior a 4°C até 2100 se não forem implementadas medidas de mitigação imediatas e contínuas (IPCC 2021),

apresentando uma nova ameaça para a biodiversidade (Dickinson et al. 2014, Pacifici et al. 2015).

Além dos efeitos óbvios das mudanças antrópicas diretas na paisagem, os efeitos indiretos da ação humana, principalmente as mudanças climáticas, já refletem na perda de biodiversidade (Morris 2010). Os efeitos das mudanças climáticas nas espécies incluem mudanças de distribuição tanto altitudinais (Menéndez et al. 2014) quanto latitudinais (e.g. Hill et al. 2002), alterações de associação ao habitat (Menéndez and Gutiérrez 2004), mudanças em atributos da história de vida e fenologia (Pearce-Higgins et al. 2015), surgimento de doenças (Sarmiento-Ramírez et al. 2014), e aumento do risco de extinção (Carpenter et al. 2008, Dickinson et al. 2014, Román-Palacios e Wiens 2020). As mudanças climáticas podem ainda causar alterações nas áreas de distribuição de espécies em todo o mundo (Reis et al. 2019), ameaçando sua viabilidade devido a reduções nas áreas de adequabilidade ambiental e alterando sua representação inclusive dentro de áreas protegidas. Já é possível até perceber mudanças na variabilidade genética em aves (Thom et al. 2020), mudanças no padrão de distribuição de táxons endêmicos na Mata Atlântica (de Souza et al. 2011a), e perda da efetividade de áreas protegidas na conservação de anuros e de aves (Asner et al. 2017, Vasconcelos e Prado 2019, Hoveka et al. 2022), entre outros.

Nesse sentido, os “hotspots” da biodiversidade, áreas com elevado grau de endemismo que já perderam pelo menos 70% da sua vegetação nativa e que estão fortemente ameaçadas por atividades antrópicas, são particularmente vulneráveis a mudanças climáticas pois possuem um grande número de espécies com distribuição bastante restrita que podem se contrair ainda mais à medida que as espécies ficam restringidas aos habitats propícios para a sua permanência (Velásquez-Tibatá et al. 2013).

## **Por que as aves?**

As aves são consideradas bons modelos para avaliar os impactos das mudanças ambientais na biodiversidade devido à sua grande diversidade (Marques et al. 2013) e à sua estreita relação com o tipo e o estado de conservação dos ambientes (Karr and Freemark 1983, Maas et al. 2013). Embora as áreas protegidas sejam importantes para a manutenção de espécies de aves com interesse para conservação (Virkkala e Rajasärkkä 2007), as aves também têm sido utilizadas para identificar habitats prioritários dentro de áreas protegidas, incluindo parques nacionais (Debinski e Brussard 1994) e em áreas privadas (Vora 1997, Kreger e Schmidt 2012, Ciuzio et al. 2013). Tal acontece porque aves são muito sensíveis à fragmentação e degradação de habitats. De fato, aves são extremamente sensíveis a mudanças relacionadas com a qualidade do habitat que provoquem alterações na estrutura e dinâmica populacionais, reduzindo o tamanho das populações, a reprodução e sobrevivência dos indivíduos (Harvey et al. 2016), impedindo o fluxo gênico entre populações, aumentando assim o risco de extinção das espécies e, eventualmente, eliminando-as completamente (Primack 2006).

As aves, especialmente as espécies migratórias, são bastante suscetíveis a mudanças climáticas. Mudanças drásticas de temperatura, mesmo que em um período específico ou em uma determinada região podem influenciar a sobrevivência, reprodução ou ainda modificar as rotas migratórias das aves ou o tempo de migração (Culp et al. 2017). Para o domínio da Mata Atlântica, sabe-se que a avifauna restrita aos campos de altitude (Scarano et al. 2016), quer as espécies migratórias que aí ocorrem (Culp et al. 2017) são bastante suscetíveis a mudanças climáticas e à conversão de habitat.

Atualmente, cerca de 1.600 espécies de aves encontram-se ameaçadas de extinção (BirdLife International 2021), sendo que o Brasil é o país com o maior número de espécies

ameaçadas -166 espécies (BirdLife International 2021). A Mata Atlântica alberga cerca de 1.000 espécies de aves (em torno de 45% de todas as espécies brasileiras), sendo que destas, cerca de 84 encontram-se ameaçadas de extinção (Pizo e Tonetti 2020, Develey e Phalan 2021).

Devido a uma redução drástica da cobertura florestal e ao elevado número de espécies endêmicas de aves (Pacheco e Bauer 2000, Tabarelli et al. 2010), é surpreendente que um grande número de extinções globais ainda não tenham sido registradas (Dean and Siegfried 1997, Pimm 2000, Aleixo 2001, Zurita and Bellocq 2010) como já é o caso de oito espécies endêmicas, ou com ocorrência histórica na Mata Atlântica: Trepador-do-nordeste (*Cichlocolaptes mazarbarnetti* Barnett & Buzzetti, 2014), Limpa-folha-do-nordeste (*Philydor novaesi* Teixeira & Gonzaga, 1983), Mutum-do-nordeste (*Pauxi mitu* (Linnaeus, 1766), Ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii* (Wagler, 1832)), Caburé-de-pernambuco (*Glaucidium mooreorum* Silva, Coelho & Gonzaga, 2002), Arara-azul-pequena (*Anodorhynchus glaucus* (Vieillot, 1816)), Pararu-espelho (*Paraclaravis geoffroyi* (Temminck, 1811)) e Tietê-de-coroa (*Calyptura cristata* (Vieillot, 1818)) (Develey e Phalan 2021). Como a maior parte da devastação deste bioma ocorreu ao longo do século vinte XX, é possível que novas extinções sejam observadas nas próximas décadas, ou seja, é apenas uma questão de tempo para que aves – endêmicas ou outras – desapareçam em resultado de decréscimos significativos no tamanho populacional de espécies de distribuição restrita e de espécies amplamente distribuídas na Mata Atlântica (Brooks e Balmford 1996, Pimm 2000, Naaf e Wulf 2010, Uezu e Metzger 2011, Develey e Phalan 2021).

Embora os efeitos das mudanças climáticas sobre a avifauna da Mata Atlântica já tenha sido bastante explorada, grande parte dos trabalhos recentes avalia espécies endêmicas (de Souza et al. 2011b, Hoffmann et al. 2020), variação genética (Thom et al.

2020) ou avalia apenas taxa restritos (Vale et al. 2018). Assim, trabalhos que buscam integrar dados de grupos mais inclusivos de espécies e em grandes áreas, ainda são escassos.

### **Áreas protegidas: soluções e limitações.**

Uma das ferramentas mais importantes na Biologia da Conservação atualmente é a criação de áreas protegidas (Fuller et al. 2010, Joppa et al. 2013, Watson et al. 2014) pois estas desempenham um papel fundamental na proteção da biodiversidade a longo prazo (Bruner et al. 2001, Abellán and Sánchez-Fernández 2015). A criação e efetiva implementação de áreas que protejam locais ricos em biodiversidade de ações antrópicas potencialmente destrutivas (Bruner et al. 2001) é uma tarefa crítica e urgente (Rodrigues et al. 2004). As áreas protegidas, no Brasil designadas por unidades de conservação, surgem então como uma estratégia amplamente utilizada para a proteção da biodiversidade, uma vez que reduzem diversas ameaças, especialmente a perda de habitat (Brooks et al. 2009).

Redes de áreas protegidas representam um dos pilares das políticas mundiais de conservação e desempenham um papel fundamental na proteção da biodiversidade (Chape et al. 2005, Hoveka et al. 2020), sendo reservadas para manter o funcionamento dos ecossistemas naturais, para atuar como refúgio de espécies e manter processos ecológicos que não podem subsistir em paisagens terrestres ou aquáticas mais intensamente manejadas (Deguignet et al. 2014). Além do seu valor intrínseco, apresentam ainda valor estético e utilitário, sendo também importantes porque prestam serviços ambientais, são locais para lazer, cultura, pesquisa e educação e promovem a geração de renda e o desenvolvimento local por meio do turismo sustentável, criação de cooperativas de ecoprodutos, entre outros (Simões 2008). Neste sentido, as estratégias de

conservação para regiões fragmentadas ou modificadas precisam priorizar áreas onde as populações têm maior probabilidade de persistir a longo prazo (Margules e Pressey 2000, Cabeza e Moilanen 2001) geralmente onde os habitats de uma determinada espécie são comuns, de alta qualidade e próximos.

No Brasil, caracteriza-se como Unidade de Conservação (aqui referido como UC) uma área com características naturais relevantes, objetivos e limites definidos, à qual se aplicam regimes especiais e garantias de proteção ambiental (Art. 2º, Inciso I da Lei nº 9.985 de 18/07/2000). O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) é composto por 336 unidades de conservação federais, 510 estaduais, 81 municipais e 973 Reservas Particulares de Patrimônio Natural (SNUC, 2011), sendo que estas se dividem em:

I) Unidades de Proteção Integral (Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre) – áreas que admitem apenas o uso indireto dos seus recursos.

II) Unidades de Conservação de Uso Sustentável que incluem territórios exclusivos para populações tradicionais consolidarem um manejo sustentável de baixo impacto (Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva de Fauna e Reserva Particular do Patrimônio Natural) – áreas que aliam a conservação da natureza ao manejo sustentável.

Este tipo de classificação adotada pelo SNUC é importante para conjugar estratégias de conservação direcionadas para áreas com prioridades próprias, e para responder às demandas sociais na luta pela terra e na necessidade de subsistência das comunidades locais. Porém, estas divisões podem se tornar confusas e, do ponto de vista de gestão governamental, principalmente em épocas de recessão econômica, podem

conduzir à escolha de determinadas áreas menos adequadas em detrimento de outras com maior potencial de preservação.

Em todo o mundo cerca de 33.000.000 km<sup>2</sup> de área terrestre (14%) e marinha (3.41%), foram legalmente reconhecidas como áreas protegidas nos últimos 50 anos (Weiskopf et al. 2020, Cazorla et al. 2021). O maior número de áreas protegidas se encontra na Europa (65.6%); contudo, devido às suas dimensões representam apenas 12.9% da área total coberta por áreas protegidas. A América do Sul tem 25% do seu território coberto por áreas protegidas, o que representa 15% da área total global (Deguignet et al. 2014, Watson et al. 2014, Abellán e Sánchez-Fernández 2015, Vale et al. 2018, Ramírez-Albores et al. 2021). Atualmente, cerca de 1.600.000 km<sup>2</sup> da área continental brasileira está destinada a unidades de conservação, representando 18% do território continental e 1.5% do território marinho sob proteção legal (SNUC, 2011), sendo que a Mata Atlântica possui cerca de 500 áreas protegidas de proteção integral e de uso sustentável (aproximadamente 2.26 milhões de hectares; Ribeiro et al. 2009).

Entretanto, por mais que estabelecer áreas protegidas seja uma iniciativa importante, o seu número e a sua extensão fornecem indicadores apenas superficiais da situação da proteção da biodiversidade, pois o verdadeiro valor das áreas protegidas depende do sucesso com que os objetivos estabelecidos estão sendo alcançados (Louis 2000). Além disso, estabelecer uma área protegida não é suficiente para assegurar o benefício de seus serviços ambientais à sociedade. Para garantir a sua sobrevivência e sua integridade, também é necessário manejá-la. Neste sentido, as diferentes unidades de conservação possuem muitas particularidades com relação as pressões existentes em cada uma delas. E é justamente para nortear as ações da área protegida ou unidade de conservação que um plano de manejo territorial ou de ação dedicado a um ou mais taxa deve ser elaborado. Planos de ação são instrumentos de gestão que permitem estabelecer

ações prioritárias para conservação das espécies e de seus habitats. Assim, definir ações para áreas focais e espécies em diferentes unidades de conservação ao longo da Mata Atlântica brasileira pode ser uma estratégia efetiva de conservação.

### **Conservação em múltiplas escalas: modelos e ferramentas**

O conhecimento da distribuição geográfica das espécies é crucial para o desenvolvimento de estudos de ecologia e de conservação. Contudo, limitações como o elevado custo associado aos trabalhos de campo e a concentração desigual de pontos de distribuição das espécies fazem do acesso a esta informação um desafio (Aguiar et al. 2016). Neste contexto, para preencher lacunas de informação, foram desenvolvidos métodos capazes de modelar esta distribuição a partir do conceito de nicho ecológico, conhecidos como Modelos de Distribuição de espécies (MDEs) (Peterson 2011). O uso destes modelos é transversal aos domínios da biogeografia, ecologia, conservação e biologia e permitem relacionar dados de distribuição de espécies com informações ambientais e/ou espaciais. Além disso, os modelos de distribuição de espécies podem fornecer informações úteis para explorar e prever mudanças na distribuição de espécies ao longo do tempo e auxiliar na tomada de decisões políticas (Guisan et al. 2013), como a priorização de áreas para conservação.

Por exemplo, a capacidade destes modelos de preverem potenciais áreas de ocorrência com números limitados de dados conhecidos (McPherson e Jetz 2007), permite que previsões razoavelmente robustas sejam alcançadas para espécies ameaçadas ou raras (Miller et al. 2013). Assim, modelos de adequabilidade de nicho que possam prever de forma rápida e fiável, a distribuição geográfica de espécies de aves e o estado de conservação das suas populações, são fundamentais para informar a necessidade de conservação presente e futura destes animais.

Programas de priorização espacial podem ser utilizados como auxílio no desenvolvimento de planos de conservação espaciais que considerem as mudanças nas áreas de distribuição das espécies tendo em vista cenários climáticos atuais e futuros e a busca por identificar futuros refúgios climáticos (Carroll et al. 2010, Lemes e Loyola 2013). Estes programas são fundamentais para identificar soluções que apresentem a melhor relação custo-benefício, protegendo o máximo de objetos de conservação com o mínimo de área protegida, minimizando conflitos de uso da terra, e oferecendo aos tomadores de decisão um sistema de suporte à decisão dinâmico, que permite a criação de diversos cenários de conservação (WWF 2013).

Uma grande variedade de programas de priorização espacial estão disponíveis, como MARXAN, C-Plan, ConsNet e o Zonation (este último destaca-se por conseguir trabalhar com conjuntos de dados muito grandes – paisagens com até 10 milhões de células). Além disso, o Zonation consegue incorporar nas análises os usos alternativos de terra benéficos ou prejudiciais aos objetos de conservação, assim como pode utilizar tanto áreas estabelecidas como refúgios climáticos como incorporar camadas de incertezas oriundas do processo de modelagem, por exemplo (Carroll et al. 2010, Moilanen et al. 2011), tornando-o uma opção bastante completa de programa para priorização espacial. Zonation é um programa para priorização espacial para conservação de biodiversidade que identifica áreas que são importantes para manutenção da qualidade do habitat para diversos alvos de conservação (ex: espécies, serviços ecossistêmicos, fitofisionomias, etc.) simultaneamente, oferecendo um método quantitativo para potencializar a persistência da biodiversidade a longo-prazo. Na priorização realizada pelo Zonation ainda podemos escolher que sejam considerados o custo da escolha de cada célula, a interação ecológica entre dois alvos, um desconto devido à incerteza de modelos, entre muitas outras funcionalidades (Moilanen et al. 2014). O algoritmo do Zonation tem como

ponto de partida toda a paisagem e iterativamente remove células de menor valor de conservação (Moilanen et al. 2014). A cada remoção os cálculos do valor de conservação de cada célula são refeitos e, a partir destes novos valores, a próxima célula é removida, até que todas elas sejam removidas (Moilanen et al. 2014). A ordem de remoção das células dá a noção de sua importância, sendo que quanto mais tardiamente a célula for removida, mais importante ela é (Moilanen et al. 2014). O algoritmo do Zonation produz uma hierarquização aninhada das células, de modo que os 5% de células mais importantes, estão compreendidas dentro dos 10% de células mais prioritárias, e assim sucessivamente (Moilanen et al. 2014). Informações sobre o declínio dos níveis de representação de cada alvo são registradas a cada remoção de célula e podem ser usadas nas análises dos resultados (Moilanen et al. 2014).

A análise de lacunas (*gap analysis*) é uma abordagem de conservação com o objetivo de avaliar a eficiência das áreas protegidas atuais sobre a preservação de habitats e espécies, na identificação de lacunas de cobertura (Rodrigues et al. 2004b, Guareschi et al. 2015) e, a partir daí, com base nos resultados, selecionar áreas que complementem as áreas protegidas existentes. Diversos estudos (ex.: Rodrigues et al. 2004, Brooks et al. 2009) já fornecem análises globais de lacunas que avaliam a eficácia das áreas protegidas na representação da diversidade de espécies, sendo que diversas análises indicam que a cobertura da biodiversidade pelas áreas protegidas existentes é inadequada (Scott et al. 2001, Rodrigues et al. 2004c, Pimm et al. 2014).

No Brasil, este tipo de estudo ainda é bastante escasso. Entretanto, até ao momento já foi possível identificar: i) número insuficiente de áreas protegidas para a cobertura da distribuição de espécies de quelônios com distribuição restrita na Amazônia (Fagundes et al. 2016) e para espécies de primatas endêmicas do Brasil (Moraes et al. 2020); ii) correlação positiva das áreas protegidas com a riqueza e vulnerabilidade de espécies de

vertebrados (Jenkins et al. 2015); iii) ausência de corredores ecológicos para dispersão de morcegos como resposta às alterações ambientais (Aguiar et al. 2016) e iv) baixa representatividade de linhagens endêmicas dentro de unidades de conservação (Oliveira et al. 2017).

## **A Mata Atlântica**

### Características gerais

A Mata Atlântica, segunda maior floresta da América do Sul, é um dos biomas mais biodiversos do mundo e também um dos 35 hotspots para a conservação (Mittermeier et al. 2011). Tradicionalmente, a designação Mata Atlântica tem sido utilizada para denominar um contínuo de formações predominantemente florestais que se estendem por toda região leste da América do Sul junto com a sua costa Atlântica (Galindo-Leal e de Gusmão Câmara 2005). Embora este termo possa ser definido em diversos contextos (biogeográfico, zoogeográfico, fitoecológico, domínio morfoclimático etc.), a Mata Atlântica pode ser compreendida como um domínio fitogeográfico composto por um complexo de diferentes formações vegetacionais que estariam mais relacionadas entre si do que com outros ecossistemas, formando uma unidade biogeográfica natural característica (Moreira 2014).

### Conservação e remanescentes

Para entender a dinâmica ecológica atual e o estado de conservação da Mata Atlântica, é necessário contextualizar historicamente como os humanos têm feito parte desse bioma, exercendo diferentes graus de pressão e uso de recursos. A Mata Atlântica tem uma longa história de ocupação humana e de transformação da paisagem, com diferentes culturas ocupando a costa Atlântica brasileira, cada uma com um legado socioecológico muito específico (Marques e Grelle 2021). O desmatamento ocorrido

durante o período colonial e pós-colonial resultou em uma paisagem extremamente fragmentada, mas que ainda abriga uma grande diversidade biológica e com altos índices de endemismo (Myers et al. 2000).

Atualmente, a Mata Atlântica está reduzida a cerca de 28% da sua cobertura original (Rezende et al. 2018), sendo que a maior parte dos seus remanescentes são fragmentos pequenos e alterados (Harris e Pimm 2004). Concentrando cerca de 70% da população brasileira e 80% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, a Mata Atlântica hoje é muito mais uma região de agricultura, pastagens, cidades, parques industriais e fábricas do que florestas em si, de forma que o que temos hoje é resultado de milhares de anos de interação entre as sociedades humanas e a floresta (Marques e Grelle 2021). Quanto mais próximos os remanescentes florestais estão das áreas urbanas, mais acentuada é a pegada humana. Ao longo de todo o processo de colonização da Mata Atlântica, inúmeras espécies de plantas exóticas foram introduzidas para fins alimentícios, madeireiros, ornamentais etc. Hoje muitas dessas espécies são componentes dominantes nos remanescentes de floresta (Hobbs et al. 2006).

Dados recentes indicam que iniciativas de restauração vegetal na Mata Atlântica poderiam aumentar a sua cobertura vegetal nativa em até 35%, aumentando a conectividade dos remanescentes e elevando a cobertura nativa total acima do limite crítico de biodiversidade estabelecido para diferentes grupos taxonômicos, reduzindo os processos de extinção em curso e conduzindo a Mata Atlântica de “hotspot” para “hopspot” (Rezende et al. 2018). Contudo, as recentes e graduais ações governamentais no sentido do desmantelamento das políticas ambientais no Brasil colocam esse cenário de esperança em um futuro cada vez mais longínquo (Moraes et al. 2020).

## **Objetivos**

O objetivo principal do presente trabalho é avaliar como as mudanças climáticas irão afetar a distribuição das aves da Mata Atlântica contribuindo para a visão de futuro da conservação das aves deste bioma, assegurando sua preservação em seus habitats com populações viáveis através da análise de lacunas na distribuição de espécies e de lacunas nas unidades de conservação existentes no bioma através dos seguintes objetivos específicos:

1. Analisar e prever a distribuição atual e futura das aves da Mata Atlântica em todos os centros de endemismo do bioma.
2. Avaliar a eficiência de áreas protegidas (unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável) e de corredores ecológicos na Mata Atlântica brasileira para a conservação das aves levando em consideração seus centros de endemismos.
3. Propor novas áreas prioritárias para conservação das aves na Mata Atlântica e novas classificações para as áreas já existentes a partir das lacunas que existirão para as espécies no presente e no futuro dadas as previsões de mudanças climáticas e de desmatamento.
4. Propor diretrizes para a conservação de áreas e de espécies focais através da criação de um plano de ação para três unidades de conservação na Mata Atlântica.

### **Hipóteses e predições**

1. Haverá uma mudança na distribuição de taxa de acordo com as previsões de mudanças climáticas nos próximos sessenta anos.
  - Dada a previsão de aumento médio de temperatura nos próximos sessenta anos para a região neotropical e que áreas mais ao sul apresentam climas mais amenos,

esperamos que as espécies apresentem, em sua maioria, a tendência de deslocar a sua distribuição para o sul do bioma.

- Esperamos que as espécies endêmicas, mais restritas quanto à sua distribuição e aos seus requerimentos de habitat sejam as mais afetadas pelas mudanças climáticas dada a dificuldade dessas espécies em se estabelecerem em outros locais.

2. A eficiência das unidades de conservação na preservação das espécies de aves na Mata Atlântica varia de acordo com a sua classificação e tipo de uso.

- Esperamos que as unidades de conservação de proteção integral sejam mais efetivas no seu objetivo de manutenção das espécies do que unidades de uso sustentável.

## Referencias

- Abellán, P. and Sánchez-Fernández, D. 2015. A gap analysis comparing the effectiveness of Natura 2000 and national protected area networks in representing European amphibians and reptiles. - *Biodivers. Conserv.* 24: 1377–1390.
- Aguiar, L. M. S., Bernard, E., Ribeiro, V., Machado, R. B. and Jones, G. 2016. Should I stay or should I go? Climate change effects on the future of Neotropical savannah bats. - *Glob. Ecol. Conserv.* 5: 22–33.
- Aleixo, A. 2001. Conservação da avifauna da Floresta Atlântica: efeitos da fragmentação e a importância de florestas secundárias. - *Ornitol. e Conserv. da ciência às estratégias*: 199–206.
- Asner, G. P., Martin, R. E., Knapp, D. E., Tupayachi, R., Anderson, C. B., Sinca, F., Vaughn, N. R. and Lactayo, W. 2017. Airborne laser-guided imaging spectroscopy to map forest trait diversity and guide conservation. - *Science* (80-. ). 355: 385–389.
- BirdLife International 2021. BirdLife International. IUCN Red List for birds. <http://www.birdlife.org>. Diakses 4 Desember 2021.: 2021.
- Brooks, T. M. and Balmford, A. 1996. Atlantic forest extinctions. - *Nature* 380: 115.
- Brooks, T. M., Wright, S. J. and Sheil, D. 2009. Evaluating the success of conservation actions in safeguarding tropical forest biodiversity. - *Conserv. Biol.* 23: 1448–1457.
- Bruner, A. G., Gullison, R. E., Rice, R. E. and Da Fonseca, G. A. B. 2001. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. - *Science* (80-. ). 291: 125–128.

- Cabeza, M. and Moilanen, A. 2001. Design of reserve networks and the persistence of biodiversity.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., MacE, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S. and Naeem, S. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. - *Nature* 486: 59–67.
- Carpenter, K. E., Abrar, M., Aeby, G., Aronson, R. B., Banks, S., Bruckner, A., Chiriboga, A., Cortés, J., Delbeek, J. C., DeVantier, L., Edgar, G. J., Edwards, A. J., Fenner, D., Guzmán, H. M., Hoeksema, B. W., Hodgson, G., Johan, O., Licuanan, W. Y., Livingstone, S. R., Lovell, E. R., Moore, J. A., Obura, D. O., Ochavillo, D., Polidoro, B. A., Precht, W. F., Quibilan, M. C., Reboton, C., Richards, Z. T., Rogers, A. D., Sanciangco, J., Sheppard, A., Sheppard, C., Smith, J., Stuart, S., Turak, E., Veron, J. E. N., Wallace, C., Weil, E. and Wood, E. 2008. One-third of reef-building corals face elevated extinction risk from climate change and local impacts. - *Science* (80-. ). 321: 560–563.
- Carroll, C., Dunk, J. R. and Moilanen, A. 2010. Optimizing resiliency of reserve networks to climate change: Multispecies conservation planning in the Pacific Northwest, USA. - *Glob. Chang. Biol.* 16: 891–904.
- Cazorla, B. P., Cabello, J., Peñas, J., Garcillán, P. P., Reyes, A. and Alcaraz-Segura, D. 2021. Incorporating Ecosystem Functional Diversity into Geographic Conservation Priorities Using Remotely Sensed Ecosystem Functional Types. - *Ecosystems* 24: 548–564.
- Chape, S., Harrison, J., Spalding, M. and Lysenko, I. 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity

- targets. - *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 360: 443–455.
- Ciuzio, E., Hohman, W. L., Martin, B., Smith, M. D., Stephens, S., Strong, A. M. and VerCauteren, T. 2013. Opportunities and challenges to implementing bird conservation on private lands. - *Wildl. Soc. Bull.* 37: 267–277.
- Culp, L. A., Cohen, E. B., Scarpignato, A. L., Thogmartin, W. E. and Marra, P. P. 2017. Full annual cycle climate change vulnerability assessment for migratory birds. - *Ecosphere* 8: 1–22.
- de Souza, T. V., Lorini, M. L., Alves, M. A. S., Cordeiro, P. and Vale, M. M. 2011a. Redistribution of threatened and endemic atlantic forest birds under climate change. - *Nat. a Conserv.* 9: 214–218.
- de Souza, T. V., Lorini, M. L., Alves, M. A. S., Cordeiro, P. and Vale, M. M. 2011b. Redistribution of threatened and endemic atlantic forest birds under climate change. - *Nat. a Conserv.* 9: 214–218.
- Dean, W. R. J. and Siegfried, W. R. 1997. The protection of endemic and nomadic avian diversity in the Karoo, South Africa. - *African J. Wildl. Res.* 27: 11–20.
- Debinski, D. M. and Brussard, P. F. 1994. Using Biodiversity Data to Assess Species-Habitat Relationships in Glacier National Park , Montana. - *Ecol. Appl.* 4: 833–843.
- Deguignet, M., Juffe-Bignoli, D., Harrison, J., Macsharry, B., Burgess, N. and Kingston, N. 2014. 2014 United Nations list of Protected Areas.
- Develey, P. F. and Phalan, B. T. 2021. Bird Extinctions in Brazil’s Atlantic Forest and How They Can Be Prevented. - *Front. Ecol. Evol.* 9: 1–8.
- Dickinson, M. G., Orme, C. D. L., Suttle, K. B. and Mace, G. M. 2014. Separating

- sensitivity from exposure in assessing extinction risk from climate change. - *Sci. Rep.* 4: 1–6.
- Fagundes, C. K., Vogt, R. C. and De Marco Júnior, P. 2016. Testing the efficiency of protected areas in the Amazon for conserving freshwater turtles. - *Divers. Distrib.* 22: 123–135.
- Fuller, R. A., McDonald-Madden, E., Wilson, K. A., Carwardine, J., Grantham, H. S., Watson, J. E. M., Klein, C. J., Green, D. C. and Possingham, H. P. 2010. Replacing underperforming protected areas achieves better conservation outcomes. - *Nature* 466: 365–367.
- Galindo-Leal, C. and de Gusmão Câmara, I. 2005. Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas. - Fundação SOS Mata Atlântica: 2005.
- Guareschi, S., Bilton, D. T., Velasco, J., Millán, A. and Abellán, P. 2015. How well do protected area networks support taxonomic and functional diversity in non-target taxa? The case of Iberian freshwaters. - *Biol. Conserv.* 187: 134–144.
- Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J. B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P. R., Tulloch, A. I. T., Regan, T. J., Brotons, L., McDonald-Madden, E., Mantyka-Pringle, C., Martin, T. G., Rhodes, J. R., Maggini, R., Setterfield, S. A., Elith, J., Schwartz, M. W., Wintle, B. A., Broennimann, O., Austin, M., Ferrier, S., Kearney, M. R., Possingham, H. P. and Buckley, Y. M. 2013. Predicting species distributions for conservation decisions. - *Ecol. Lett.* 16: 1424–1435.
- Hanaček, K. and Rodríguez-Labajos, B. 2018. Impacts of land-use and management changes on cultural agroecosystem services and environmental conflicts—A global review. - *Glob. Environ. Chang.* 50: 41–59.

- Harris, G. M. and Pimm, S. L. 2004. Bird species' tolerance of secondary forest habitats and its effects on extinction. - *Conserv. Biol.* 18: 1607–1616.
- Harvey, M. G., Aleixo, A., Ribas, C. C. and Robb, T. 2016. Habitat preference predicts genetic diversity and population divergence in Amazonian birds. in press.
- Hill, J. K., Thomas, C. D., Fox, R., Telfer, M. G., Willis, S. G., Asher, J. and Huntley, B. 2002. Responses of butterflies to twentieth century climate warming: Implications for future ranges. - *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 269: 2163–2171.
- Hobbs, R. J., Arico, S., Aronson, J., Baron, J. S., Bridgewater, P., Cramer, V. A., Epstein, P. R., Ewel, J. J., Klink, C. A., Lugo, A. E., Norton, D., Ojima, D., Richardson, D. M., Sanderson, E. W., Valladares, F., Vilà, M., Zamora, R. and Zobel, M. 2006. Novel ecosystems: Theoretical and management aspects of the new ecological world order. - *Glob. Ecol. Biogeogr.* 15: 1–7.
- Hoffmann, D., de Vasconcelos, M. F. and Wilson Fernandes, G. 2020. The fate of endemic birds of eastern Brazilian mountaintops in the face of climate change. - *Perspect. Ecol. Conserv.* 18: 257–266.
- Hoveka, L. N., van der Bank, M. and Davies, T. J. 2020. Evaluating the performance of a protected area network in South Africa and its implications for megadiverse countries. - *Biol. Conserv.* 248: 108577.
- Hoveka, L. N., Bank, M. and Davies, T. J. 2022. Winners and losers in a changing climate: how will protected areas conserve red list species under climate change? - *Divers. Distrib.*: 1–11.
- IPCC 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel*

on Climate Change.

Jenkins, C. N., Alves, M. A. S., Uezu, A. and Vale, M. M. 2015. Patterns of vertebrate diversity and protection in Brazil. - *PLoS One* 10: 1–13.

Joppa, L. N., Visconti, P., Jenkins, C. N. and Pimm, S. L. 2013. Achieving the convention on biological diversity's goals for plant conservation. - *Science* (80-. ). 341: 1100–1103.

Karr, J. R. and Freemark, K. E. 1983. Habitat selection and environmental gradients: dynamics in the “stable” tropics. - *Ecology* 64: 1481–1494.

Kreger, M. and Schmidt, P. 2012. The State of the Birds 2011: Report on Public Lands and Waters. - *Choice Rev. Online* 49: 49-2670-49–2670.

Lemes, P. and Loyola, R. D. 2013. Accommodating Species Climate-Forced Dispersal and Uncertainties in Spatial Conservation Planning. - *PLoS One* in press.

Louis, R. 2000. The design and management of forest protected areas. - *Beyond Trees Conf.*: 248.

Maas, B., Clough, Y. and Tschardtke, T. 2013. Bats and birds increase crop yield in tropical agroforestry landscapes. - *Ecol. Lett.* 16: 1480–1487.

Margules, C. R. and Pressey, R. L. 2000. A framework for systematic conservation planning. - *Nature* 405: 243–253.

Marques, M. C. M. and Grelle, C. E. V. 2021. The Atlantic Forest (MCM Marques and CE V. Grelle, Eds.). - Springer International Publishing.

Marques, J. T., Ramos Pereira, M. J., Marques, T. A., Santos, C. D., Santana, J., Beja, P. and Palmeirim, J. M. 2013. Optimizing Sampling Design to Deal with Mist-Net

- Avoidance in Amazonian Birds and Bats. - PLoS One in press.
- McPherson, J. and Jetz, W. 2007. Effects of species' ecology on the accuracy of distribution models. - *Ecography (Cop.)*. 30: 135–151.
- Menéndez, R. and Gutiérrez, D. 2004. Shifts in habitat associations of dung beetles in northern Spain: Climate change implications. - *Ecoscience* 11: 329–337.
- Menéndez, R., González-Megías, A., Jay-Robert, P. and Marquéz-Ferrando, R. 2014. Climate change and elevational range shifts: Evidence from dung beetles in two European mountain ranges. - *Glob. Ecol. Biogeogr.* 23: 646–657.
- Miller, M. P., Bianchi, C. A., Mullins, T. D. and Haig, S. M. 2013. Associations between forest fragmentation patterns and genetic structure in Pfrimer's Parakeet (*Pyrrhura pfrimeri*), an endangered endemic to central Brazil's dry forests. - *Conserv. Genet.* 14: 333–343.
- Mittermeier, R. A., Turner, W. R., Larsen, F. W. and Brooks, T. M. 2011. Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. - In: Zachos, F. and Habel, J. (eds), *Biodiversity Hotspots*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 1–13.
- Moilanen, A., Anderson, B. J., Eigenbrod, F., Heinemeyer, A., Roy, D. B., Gillings, S., Armsworth, P. R., Gaston, K. J. and Thomas, C. D. 2011. Balancing alternative land uses in conservation prioritization. - *Ecol. Appl.* 21: 1419–1426.
- Moilanen, A., Pouzols, F. M., Meller, L., Veach, V., Arponen, A., Leppänen, J. and Kujala, H. 2014. *Spatial conservation planning methods and software zonation version 4 user manual*.
- Moraes, B., Razgour, O., Souza-Alves, J. P., Boubli, J. P. and Bezerra, B. 2020. Habitat suitability for primate conservation in north-east Brazil. - *Oryx* 54: 803–813.

- Moreira, L. 2014. Aves da Mata Atlântica: riqueza, composição, status, endemismos e conservação.: 51.
- Morris, R. J. 2010. Anthropogenic impacts on tropical forest biodiversity: A network structure and ecosystem functioning perspective. - *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 365: 3709–3718.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B. and Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. - *Nature* 403: 853–858.
- Naaf, T. and Wulf, M. 2010. Habitat specialists and generalists drive homogenization and differentiation of temperate forest plant communities at the regional scale. - *Biol. Conserv.* 143: 848–855.
- Oliveira, U., Soares-Filho, B. S., Paglia, A. P., Brescovit, A. D., De Carvalho, C. J. B., Silva, D. P., Rezende, D. T., Leite, F. S. F., Batista, J. A. N., Barbosa, J. P. P. P., Stehmann, J. R., Ascher, J. S., De Vasconcelos, M. F., De Marco, P., Löwenberg-Neto, P., Ferro, V. G. and Santos, A. J. 2017. Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. - In: *Scientific Reports*. pp. 1–9.
- Pacheco, J. F. and Bauer, C. 2000. Biogeografia e conservação da avifauna na Mata Atlântica e Campos Sulinos: construção e nível atual do conhecimento. - *Work. Avaliaçaoe Ações Prioritárias para Conserv. dos Biomas Floresta Atlântica e Campos Sulinos* 369: 1689–1699.
- Pacifici, M., Foden, W. B., Visconti, P., Watson, J. E. M., Butchart, S. H. M., Kovacs, K. M., Scheffers, B. R., Hole, D. G., Martin, T. G., Akçakaya, H. R., Corlett, R. T., Huntley, B., Bickford, D., Carr, J. A., Hoffmann, A. A., Midgley, G. F., Pearce-Kelly, P., Pearson, R. G., Williams, S. E., Willis, S. G., Young, B. and Rondinini, C. 2015. Assessing species vulnerability to climate change. - *Nat. Clim. Chang.* 5:

215–225.

Pearce-Higgins, J. W., Eglinton, S. M., Martay, B. and Chamberlain, D. E. 2015.

Drivers of climate change impacts on bird communities. - *J. Anim. Ecol.* 84: 943–954.

Peterson, A. T. 2011. Ecological niche conservatism: A time-structured review of evidence. - *J. Biogeogr.* 38: 817–827.

Pimm, S. L. 2000. Will the Americas lose bird species? If so, where and when. - In: *Ornitologia no Brasil: pesquisa atual e perspectivas*. Editora da Unoversidade do Rio de Janeiro, pp. 2000.

Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R., Brooks, T. M., Gittleman, J. L., Joppa, L. N., Raven, P. H., Roberts, C. M. and Sexton, J. O. 2014. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. - *Science* (80- ). in press.

Pizo, M. A. and Tonetti, V. R. 2020. Living in a fragmented world: Birds in the Atlantic Forest. - *Condor* 122: 1–14.

Primack, R. B. 2006. Primack, R. B. (2006). *Essentials of conservation biology* (Vol. 23). Sunderland: Sinauer Associates.

Pyhälä, A., Fernández-Llamazares, Á., Lehvävirta, H., Byg, A., Ruiz-Mallén, I., Salpeteur, M. and Thornton, T. F. 2016. Global environmental change: Local perceptions, understandings, and explanations. - *Ecol. Soc.* in press.

Ramírez-Albores, J. E., Prieto-Torres, D. A., Gordillo-Martínez, A., Sánchez-Ramos, L. E. and Navarro-Sigüenza, A. G. 2021. Insights for protection of high species richness areas for the conservation of Mesoamerican endemic birds. - *Divers. Distrib.* 27: 18–33.

- Reis, C. R., Bueno, M. L., Rocha, L. F., Santos, L. G. and Gorgens, E. B. 2019. Climate change influencing the potential distribution of a Brazilian savanna indicator species. - *Floresta e Ambient.* in press.
- Rezende, C. L., Scarano, F. R., Assad, E. D., Joly, C. A., Metzger, J. P., Strassburg, B. B. N., Tabarelli, M., Fonseca, G. A. and Mittermeier, R. A. 2018. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. - *Perspect. Ecol. Conserv.* 16: 208–214.
- Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J. and Hirota, M. M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. - *Biol. Conserv.* 142: 1141–1153.
- Rodrigues, A. S. L., Akçakaya, H. R., Andelman, S. J., Bakarr, M. I., Boitani, L., Brooks, T. M., Chanson, J. S., Fishpool, L. D. C., Da Fonseca, G. A. B., Gaston, K. J., Hoffmann, M., Marquet, P. A., Pilgrim, J. D., Pressey, R. L., Schipper, J., Serchrest, W., Stuart, S. N., Underhill, L. G., Waller, R. W., Watts, M. E. J. and Yan, X. 2004a. Global Gap Analysis: Priority Regions for Expanding the Global Protected-Area Network. - *Bioscience* 54: 1092.
- Rodrigues, A. S. L., Akçakaya, H. R., Andelman, S. J., Bakarr, M. I., Boitani, L., Brooks, T. M., Chanson, J. S., Fishpool, L. D. C., Da Fonseca, G. A. B., Gaston, K. J., Hoffmann, M., Marquet, P. A., Pilgrim, J. D., Pressey, R. L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S. N., Underhill, L. G., Waller, R. W., Watts, M. E. J. and Yan, X. 2004b. Global gap analysis: Priority regions for expanding the global protected-area network. - *Bioscience* 54: 1092–1100.
- Rodrigues, A. S. L., Fonseca, G. A. B. da, Gaston, K. J., Hoffmann, M., Pressey, R. L., Andelman, S. J., Bakarr, M. I., Boitani, L., Brooks, T. M., Cowling, R. M.,

- Fishpool, L. D. C., Da Fonseca, G. A. B., Long, J. S., Marquet, P. A., Pilgrim, J. D., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S. N., Underhill, L. G., Waller, R. W., Watts, M. E. J. and Yan, X. 2004c. Effectiveness of the Global Protected Area Network in Representing Species Diversity. - *Nature* 428: 640–643.
- Román-Palacios, C. and Wiens, J. J. 2020. Recent responses to climate change reveal the drivers of species extinction and survival. - *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 117: 4211–4217.
- Sarmiento-Ramírez, J. M., Abella-Pérez, E., Phillott, A. D., Sim, J., Van West, P., Martín, M. P., Marco, A. and Diéguez-Uribeondo, J. 2014. Global distribution of two fungal pathogens threatening endangered sea turtles. - *PLoS One* in press.
- Scarano, F. R., Ceotto, P. and Martinelli, G. 2016. Climate change and “Campos de altitude”: Forecasts, knowledge and action gaps in Brazil. - *Oecologia Aust.* 20: 139–144.
- Scott, J. M., Davis, F. W., McGhie, R. G., Wright, R. G., Groves, C. and Estes, J. 2001. Nature reserves: Do they capture the full range of America’s biological diversity? - *Ecol. Appl.* 11: 999–1007.
- Simões, L. L. 2008. *Unidades de Conservação: Conservando a vida, os bens e os serviços ambientais.*: 2008.
- Tabarelli, M., Aguiar, A. V., Ribeiro, M. C., Metzger, J. P. and Peres, C. A. 2010. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. - *Biol. Conserv.* 143: 2328–2340.
- Thom, G., Tilston Smith, B., Gehara, M., Montesanti, J., Lima-Ribeiro, M. S., Piacentini, V. de Q., Miyaki, C. Y. and Raposo do Amaral, F. 2020. Climatic

- dynamics and topography control genetic variation in Atlantic Forest montane birds. - *Mol. Phylogenet. Evol.*: 11.
- Uezu, A. and Metzger, J. P. 2011. Vanishing bird species in the Atlantic Forest: Relative importance of landscape configuration, forest structure and species characteristics. - *Biodivers. Conserv.* 20: 3627–3643.
- Vale, M. M., Souza, T. V., Alves, M. A. S. and Crouzeilles, R. 2018. Planning protected areas network that are relevant today and under future climate change is possible: The case of Atlantic Forest endemic birds. - *PeerJ* 2018: 1–20.
- Vasconcelos, T. S. and Prado, V. H. M. 2019. Climate change and opposing spatial conservation priorities for anuran protection in the Brazilian hotspots. - *J. Nat. Conserv.* 49: 118–124.
- Velásquez-Tibatá, J., Salaman, P. and Graham, C. H. 2013. Effects of climate change on species distribution, community structure, and conservation of birds in protected areas in Colombia. - *Reg. Environ. Chang.* 13: 235–248.
- Virkkala, R. and Rajasärkkä, A. 2007. Uneven regional distribution of protected areas in Finland: Consequences for boreal forest bird populations. - *Biol. Conserv.* 134: 361–371.
- Vora, R. S. 1997. Developing programs to monitor ecosystem health and effectiveness of management practices on Lakes States National Forests, USA. - *Biol. Conserv.* 80: 289–302.
- Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B. and Hockings, M. 2014. The performance and potential of protected areas. - *Nature* 515: 67–73.
- Weiskopf, S. R., Rubenstein, M. A., Crozier, L. G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J.

E., Hyde, K. J. W., Morelli, T. L., Morisette, J. T., Muñoz, R. C., Pershing, A. J., Peterson, D. L., Poudel, R., Staudinger, M. D., Sutton-Grier, A. E., Thompson, L., Vose, J., Weltzin, J. F. and Whyte, K. P. 2020. Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. - *Sci. Total Environ.* in press.

wwf 2013. Planejamento sistemático da conservação.: 2013.

Zurita, G. A. and Bellocq, M. I. 2010. Spatial patterns of bird community similarity: Bird responses to landscape composition and configuration in the Atlantic forest. - *Landsc. Ecol.* 25: 147–158.

## CAPÍTULO II



## **Climatic changes and the future of Brazilian Atlantic Forest birds.**

Danielle Franco<sup>1\*</sup>, Ana P. B. Carneiro<sup>2</sup>, Maria João Ramos Pereira<sup>1,3</sup>

1: Graduate Program in Animal Biology, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. (<https://orcid.org/0000-0002-8786-4076>)

2: BirdLife International; The David Attenborough Building, Pembroke St, Cambridge CB2 3QZ, United Kingdom. (<https://orcid.org/0000-0003-0573-7549>)

3: Centre for Environmental and Marine Studies, Universidade de Aveiro, Campus Santiago, Aveiro, Portugal (<https://orcid.org/0000-0002-9365-5166>)

\*Corresponding author: [danielle.franco12@gmail.com](mailto:danielle.franco12@gmail.com)

## **Abstract**

Climate change is one of the major threats to biodiversity. Currently, about 1,600 bird species are threatened with extinction, with Brazil being the country with the highest number of threatened species (ca. 166). In Brazil, the Atlantic Forest is home to ca. 900 species of birds (45% of all Brazilian species), of which about 230 are threatened. Here, we assess how the richness and distribution of birds will be affected by predicted changes in climate through ecological niche modelling. We used data from 775 species occurring in the Atlantic Forest, representing 6,456,167 spatially unique records, and the MIROC6 climate projections for 2060 and 2080 for two distinct climate scenarios. Our results showed that for the mildest climate scenario eighty percent of the species assessed may lose potentially suitable areas due to climate change by 2080, and about ninety percent for the most severe climate scenario. Endemic species, particularly those currently listed as critically endangered, will be the most affected, with potential losses of suitable areas reaching 100%. The conservation of the central corridor of the Atlantic Forest, the southern corridor, the Serra do Mar and the Pernambuco Endemism Centre will be fundamental for the preservation of the bird diversity in the Atlantic Forest.

**Keywords:** climate change; distribution patterns; global warming; niche modelling; richness; Atlantic birds.

## CAPÍTULO III



## **Priority areas and effectiveness of protected areas for the conservation of Brazilian Atlantic Forest birds.**

Danielle Franco<sup>1\*</sup>; Diego Anderson Dalmolin<sup>2</sup>; Mariana Oliveira<sup>3</sup>; Ana Bertoldi Carneiro<sup>4</sup>; Maria João Ramos Pereira<sup>1,2,5</sup>.

1: Graduate Program in Animal Biology, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. (<https://orcid.org/0000-0002-8786-4076>)

2: Laboratório de Metacomunidades, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. (<https://orcid.org/0000-0003-1466-7407>)

3: 3: Graduate Program in Veterinary Sciences, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, Brazil. (<https://orcid.org/0000-0001-7307-7779>)

4: BirdLife International; The David Attenborough Building, Pembroke St, Cambridge CB2 3QZ, United Kingdom. (<https://orcid.org/0000-0003-0573-7549>)

5: Centre for Environmental and Marine Studies, Universidade de Aveiro, Campus Santiago, Aveiro, Portugal (<https://orcid.org/0000-0002-9365-5166>)

\*Corresponding author: [danielle.franco12@gmail.com](mailto:danielle.franco12@gmail.com)

## **Abstract**

The world is experiencing increasingly rapid climate changes. These changes are mainly caused by the increase in the emission of greenhouse gases resulting from human actions and are one of the main causes behind biodiversity loss. Here, we aim to i) delimit priority areas for the conservation of birds in the Atlantic Forest biome, and ii) assess whether strict protected areas and protected areas with sustainable use of natural resources are effective for the conservation of functional and taxonomic diversity of birds in two climate scenarios for 2060 and 2080 using diversity maps generated by SDM, spatial prioritization tools and functional analysis. We analyzed data for 604 species of non-migratory birds distributed throughout the Atlantic Forest under future climate scenarios. Priority areas for bird conservation are affected by climate changes, with area reductions in all climate scenarios evaluated. There are significant differences in taxonomic richness between strict protection and sustainable use areas only in more extreme climate scenarios. However, we found no differences between area types for functional richness and for functional dispersion in any scenario. There is greater persistence of functionally distinct species in strict protection units, especially in more extreme climate scenarios. Conservation units are an effective strategy for protecting birds in the Atlantic Forest, as these areas act as climate refuges and sustain the permanence of species over time.

**Keywords:** functional diversity; effectiveness of protected areas; gap analysis.

## CAPÍTULO IV



**Diretrizes para a conservação de aves florestais em três unidades de  
conservação da Mata Atlântica brasileira: Parque Nacional de  
Aparados da Serra (RS), Parque Estadual do Turvo (RS) e Estação  
Ecológica de Água Limpa (MG).**

Danielle Franco

Ana P. B. Carneiro

Maria João Ramos Pereira

## **Introdução**

### **Contextualização**

A Mata Atlântica era uma das maiores florestas tropicais das Américas, cobrindo originalmente cerca de 150 milhões de ha, em condições ambientais altamente heterogêneas. Sua amplitude latitudinal é em torno de 29°, estendendo-se por regiões tropicais e subtropicais. A ampla faixa longitudinal também é importante para produzir diferenças na composição da floresta, devido à diminuição das chuvas longe das costas. As áreas costeiras recebem grandes quantidades de chuva durante todo o ano, chegando a mais de 4.000 mm, enquanto as florestas do interior recebem cerca de 1.000 mm/ano (Camara 2003). Essas características geográficas, combinadas com a grande distribuição altitudinal, favorecem a alta diversidade e endemismo de inúmeras espécies (Ribeiro et al. 2009).

Uma das ferramentas mais efetivas para a conservação da biodiversidade é a criação de áreas protegidas (Watson et al. 2014), visto que essas desempenham um papel fundamental na mitigação dos impactos causados pela ação humana (Rodrigues et al. 2004) e das mudanças climáticas. Entretanto, a efetiva implementação dessas unidades enfrenta uma série de empecilhos, como a regularização fundiária, a falta de funcionários, de estrutura e de planos de manejo bem implementados, entre outras. Outra estratégia efetiva na conservação da biodiversidade, é a criação de corredores ecológicos. Enquanto que as unidades de conservação (aqui referidas como UC) são áreas instituídas pelo poder público que têm por finalidade preservar a biodiversidade, solo, clima e todos os processos ecológicos pertencentes aos ecossistemas naturais conforme sua categoria e tipo de uso da área, os corredores ecológicos são áreas que possuem ecossistemas florestais biologicamente prioritários e viáveis para a conservação da biodiversidade e

são compostos por conjuntos de unidades de conservação e/ou áreas indígenas e de valor intrínseco (Lemos Dionisio 2016).

Nas últimas décadas, inúmeros dados foram gerados para a região da Mata Atlântica (Ribeiro et al. 2009). Entretanto, estes dados são desproporcionais para algumas regiões do bioma (especialmente na região sul) e se tornam insuficientes para subsidiar o planejamento de ações de conservação, especialmente em grandes áreas e para várias das unidades de conservação da Mata Atlântica.

Neste sentido, iniciou-se o monitoramento das populações de aves em três unidades de conservação na Mata Atlântica, para onde não existiam dados padronizados de avifauna, de modo a entender como essas populações modificavam ao longo do tempo e quais eram as espécies mais sensíveis e as áreas mais prioritárias para o manejo e conservação da avifauna em cada uma das localidades em um cenário de mudanças climáticas. Os monitoramentos ocorreram em três unidades de conservação na Mata Atlântica, compreendendo três estados (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Minas Gerais) entre os anos de 2015 e 2020.

Aqui, utilizamos dados de distribuição de espécies aplicados à priorização de áreas para definir ações de manejo para essas três unidades de conservação e para duas espécies de aves. Estes dados fazem parte do projeto de doutorado intitulado “Conservação de aves na Mata Atlântica: presente e futuro das mudanças climáticas em diversas escalas”.

### **As unidades de conservação**

- Estação Ecológica de Água Limpa -EEAL- (Cataguases – MG):

Histórico: criada em 27 de setembro de 1994, a Estação Ecológica de Água Limpa, tem como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas. Situada na cidade de Cataguases. A EEAL é protegida pelo Instituto Estadual de

Florestas desde 1994, quando foi criado o decreto nº 36.072. A categoria em que se enquadra permite apenas visitas para fins educativos, mas, bem antes de se tornar Estação Ecológica, o antigo Horto Florestal já atraía a população em busca de lazer, ar puro e paz espiritual. Até o início do século XX, a propriedade onde hoje se encontra a EEAL era uma grande plantação de café, principal atividade econômica da região. Em 12 de Setembro de 1916 a Câmara Municipal de Cataguases desapropriou a área conhecida como “Fazenda Francisco de Souza” com uma área de 100 ha. Em 02 de Outubro de 1922 a Câmara Municipal doou-a ao Estado de Minas Gerais para ali se instalar um Horto Florestal (local onde se estudam e multiplicam espécimes florestais). O Horto de Cataguases foi fundado em 1924 pelo botânico Dr. Henrique Lahmeyer de Mello Barreto.

Caracterização da área: Primitivamente a EEAL esteve coberta por densa cobertura florestal, mas ao longo do tempo a floresta foi quase que inteiramente substituída em razão da retirada de madeira para fins domésticos e industriais, bem como para a expansão da criação de gado e lavoura, principalmente o cultivo de café. Em seguida, iniciou-se o plantio de espécies florestais como então se entendia a função de um Horto de forma que a EEAL se encontra hoje quase totalmente florestada, com rica e diversificada flora representada por angico, vinhático, cedro, oiti, jacarandá, pau-ferro, jatobá, palmito, jequitibá, caviúna, embaúba, jacaré, dentre outras. Entre as espécies exóticas presentes no local foram citadas a jabuticabeira, cafeeiro, mangueira, bambú, castanheira do Pará, cica etc. (Forny 2008). Com relação a fauna, na Estação Ecológica de Água Limpa encontram-se vários representantes da fauna. Dentre eles podemos citar as seguintes espécies: quati (*Nasua nasua*), sagui (*Callithrix penicillata*), bicho-preguiça (*Bradypus variegatus*), sapo martelo (*Hypsiboas faber*), jararaca (*Bothrops jararaca*), caninana (*Spilotes pullatus*), teiú

(*Tupinambis merianae*), calango (*Tropiduros torquatus*), aranha-armadeira, (*Phoneutria* sp), sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*), tucano do bico preto (*Ramphastos vitellinus*), entre outros.

Principais ameaças: Devido às pequenas dimensões da EEAL e o fato de a UC estar com a situação fundiária regularizada, não foram identificados conflitos graves na UC. Os problemas existentes são vandalismo, furtos, invasões noturnas, disposição inadequada de resíduos, coleta de plantas, uso de entorpecentes e manifestação de fé através de cultos ou práticas religiosas que utilizam velas acesas. Além do abandono de animais domésticos dentro dos limites e entorno da unidade.

- Parque Nacional de Aparados da Serra – PNAS – (Cambará do Sul- RS, Jacinto Machado e Praia Grande- SC):

Histórico: o Parque Nacional de Aparados da Serra é uma unidade de conservação federal de proteção integral e gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO). O PNAS foi criado pelo Decreto Federal nº 47.446, de 17 de dezembro de 1959, permanecendo restrita ao planalto gaúcho. Somente na década de 1970, o PNAS também se estendeu ao território catarinense, por determinação do Decreto Federal nº 70.296, de 17 de março de 1972. A alteração dos limites, motivada por critérios técnicos e de relevância ecológica, conferiu ao PNAS uma área aproximada de 10.250 ha.

Caracterização da área: O PNAS está inserido na Região Sul do Brasil, junto à porção oriental da divisão política dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Esta região se caracteriza de forma marcante por uma exuberante beleza paisagística associada à brusca variação topográfica do relevo, onde encontramos a paisagem dos chamados Campos de Cima da Serra em contraste, através de um desnível súbito, com

a paisagem da Planície Costeira. Estes fatores estão condicionados sobretudo pela peculiaridade geológica e geomorfológica regional. Destacam-se, neste sentido, as Formações Geológicas Serra Geral e Botucatu, as formações da Província Costeira e as Unidades Geomorfológicas do Planalto dos Campos Gerais e da Serra Geral como os principais fatores condicionantes do meio físico da região, principalmente em seus aspectos litológicos e estruturais (Ministerio do Meio Ambiente 2003).

Principais ameaças: segundo o plano de manejo da unidade, as principais ameaças nos limites e no entorno do parque são a falta de regularização fundiária dentro dos limites do parque, a impossibilidade de haver uma zona de amortecimento efetiva devido às atividades econômicas da região, a criação de gado e a produção agrícola e silvicultura. Há também registros de conflitos com caçadores e traficantes de animais silvestres e registros de espécies exóticas e invasoras que já adentraram os limites do PNAS como o javali (*Sus scrofa*).

- Parque Estadual do Turvo -PETU- (Derrubadas -RS):

Histórico: Criado através do Decreto Estadual no 2.312, de 11 de março de 1947, como Reserva Florestal, o Parque Estadual do Turvo foi uma das primeiras unidades de conservação instituídas no Rio Grande do Sul em 1954, através da Lei nº 2.440, de 02 de outubro de 1954 (Anexo 1), sendo a maior área protegida de proteção integral do Estado. Seus limites gerais são definidos ao norte pelo rio Uruguai, a leste pelo rio Parizinho, a oeste pelo rio Turvo e ao sul por propriedades rurais (Secretaria Estadual do Meio Ambiente 2005).

Caracterização da área: Segundo a classificação de Köppen, o Parque Estadual do Turvo enquadra-se no tipo climático Cfa (Clima subtropical úmido) com precipitação constante ao longo de todas as estações, verões muito quentes e invernos bastante

frios. Em termos fitogeográficos, o Parque Estadual do Turvo reveste-se da mais alta importância, por representar o último remanescente de tamanho considerável da mata do alto Uruguai em território gaúcho. A mata do alto Uruguai é composta por espécies florestais advindas do contingente da bacia do Paraná; muitas das quais têm no Rio Grande do Sul o seu limite austral de distribuição (Secretaria Estadual do Meio Ambiente 2005).

Principais ameaças: segundo o plano de manejo da unidade, as principais ameaças são a necessidade da conexão com as extensas áreas de floresta em território argentino contíguas ao Parque e relativamente contínuas até o Parque Nacional do Iguazu, no Paraná, o risco de isolamento pelo desmatamento acelerado no lado argentino e projetos de construção de barragens no rio Uruguai, nas proximidades do Parque ou compreendendo seus limites; caça furtiva; extração clandestina de jabuticabas; contaminação das cabeceiras dos arroios situadas fora do Parque por agrotóxicos e resíduos urbanos; pressão turística acima da capacidade da infraestrutura e pessoal disponível; estrada que dá acesso ao Salto do Yucumã que corta áreas de mata primária ao longo de 15 km, risco de atropelamento de fauna e contaminantes (Secretaria Estadual do Meio Ambiente 2005).

## **Materiais e métodos**

### Monitoramento das aves, levantamento de dados e modelos espaciais

O monitoramento das espécies ocorreu em três unidades de conservação na Mata Atlântica brasileira: Parque Nacional de Aparados Da Serra (RS/SC), Parque Estadual do Turvo (RS) e Estação Ecológica de Água Limpa (MG) (Figura suplementar 2).

As aves foram amostradas com redes de neblina instaladas no sub-bosque entre setembro de 2015 e março de 2020. As aves foram amostradas duas vezes em cada

estação do ano em seis pontos de amostragem distantes ao menos 500m um do outro. As redes de neblina foram abertas ao nascer do sol e permanecerem em atividade por 6 horas a partir da abertura. Visto que as aves tendem a aprender a localização das redes, o que diminui as taxas de captura ((Marques et al. 2013), os pontos de amostragem foram trocados todos os dias, de forma que a cada dia um novo ponto de amostragem era sorteado. As aves capturadas foram identificadas em campo, marcadas com anilhas padrão do CEMAVE (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres) e liberadas no local de captura assim que marcadas. O estudo foi aprovado pelos Comitês de Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (COMPESQ/UFRGS) e de Ética (CEUA/UFRGS) (projeto 28645), e todas as autorizações necessárias para o levantamento de aves foram obtidas junto aos órgãos nacionais competentes (licença SISBIO 49050 e licença CEMAVE 4026/1).

A captura de aves com redes de neblina é um método amplamente utilizado no monitoramento de aves. Enquanto método de captura, as redes de neblina são superiores a outros métodos, tanto pela versatilidade quanto pela variedade de espécies capturadas, além de permitir a padronização da amostragem em estudos de longo prazo (Gosler 2004). No entanto, as redes de neblina ainda são seletivas e pesquisam apenas uma parte da avifauna presente em um determinado local (Martin et al. 2017).

A fim de entender quais eram as áreas prioritárias para as espécies dentro de cada unidade de conservação, utilizamos também dados e ocorrência das espécies em todo o bioma Mata Atlântica. A partir dessa base de dados, elaboramos mapas de distribuição utilizando Modelos de Distribuição de Espécies (SDM) para as espécies de aves com base em projeções climáticas futuras. Essas projeções foram feitas pelo sexto relatório de avaliação climática (CMIP6 - Coupled Model Intercomparison

Project Fase 6) desenvolvido pelo IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, onde são projetados quatro cenários climáticos para cada projeção de acordo com as previsões de emissões de gases de efeito estufa. A partir desses mapas, utilizamos o programa Zonation (Moilanen et al. 2014) para definir quais eram as áreas prioritárias para manejo e conservação das espécies de aves dentro dos limites de cada unidade de conservação na atualidade e em cada cenário climático futuro. Os detalhes sobre os mapas de distribuição e sobre o modelo para as áreas prioritárias podem ser encontrados em (Franco et al. 2022 – *submetido*).

### Espécies focais

Após o monitoramento da avifauna nas três unidades de conservação supracitadas, elaboramos diretrizes para conservação de duas espécies de passeriformes florestais que são fortemente afetados por mudanças climáticas, sendo as unidades de conservação de proteção integral refúgios importantes para a preservação destas espécies. Neste trabalho utilizamos o Flautim (*Schiffornis virescens* (Lafresnaye, 1838)) e o Tangará (*Chiroxiphia caudata* (Shaw & Nodder, 1793)) como foco de ações de conservação.

*S. virescens* é uma espécie de passeriforme florestal endêmica da Mata Atlântica e pertencente à família Tityridae. Ocorre nas florestas úmidas, matas mesófilas e matas de araucária. Solitário ou aos pares, segue bandos mistos nos estratos baixo e médio. Segundo a IUCN, esta espécie está classificada como LC (Menos preocupante). Entretanto suas populações vêm decrescendo ao redor do mundo (BirdLife 2017).

*C. caudata* é uma das espécies mais características da Mata Atlântica, sendo endêmica deste bioma. Se caracteriza por possuir cerca de 13 centímetros e apresenta

forte dimorfismo sexual, onde os machos têm plumagem azul-celeste, cauda preta com duas penas centrais mais longas que as outras e, no alto da cabeça, uma brilhante coroa vermelha. Ocorre nas florestas úmidas do sul da Bahia, sudeste e sul do Brasil, do Paraguai e de nordeste da Argentina. *C. caudata* é classificado como LC (Menos preocupante) na IUCN e suas populações se encontram estáveis.

## **Resultados**

Modelos de distribuição de espécies (SDMs) são atualmente uma das principais ferramentas usadas para derivar previsões espacialmente explícitas de adequação ambiental para espécies (Guisan and Thuiller 2005, Elith and Leathwick 2009, Franklin 2010, Peterson et al. 2011) e desempenham um papel fundamental no suporte de decisões de conservação, especialmente quando é necessário espacializar e priorizar áreas. Junto aos modelos de distribuição de espécies, priorizar áreas, com base em diversos dados conhecidos é de extrema importância ao definir ações de manejo para áreas e espécies.

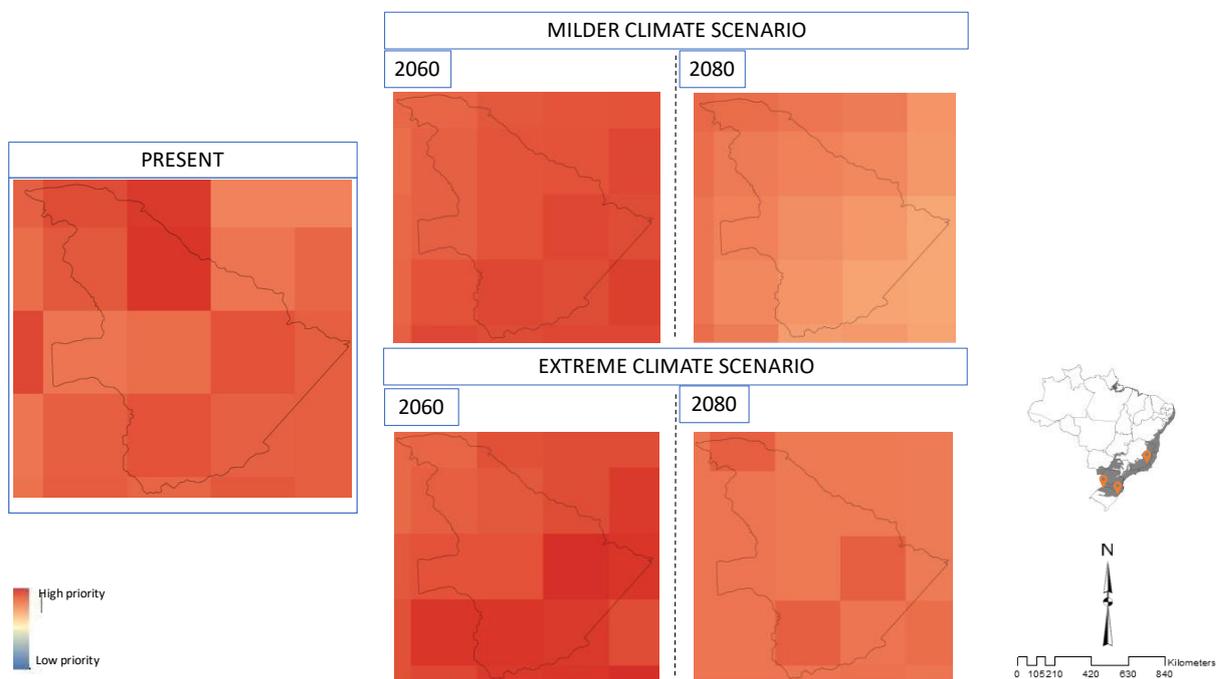
Quando utilizamos ferramentas de priorização de áreas e incorporamos estas áreas em um plano de ações para conservação, podemos notar que cada unidade de conservação possui áreas mais prioritárias que outras, bem como estas áreas não são igualmente prioritárias entre si. Olhando para as três áreas avaliadas, notamos que o Parque Nacional de Aparados da Serra se mostra como a unidade de conservação mais importante para investir em ações para conservação enquanto a Estação Ecológica de Água Limpa se mostrou a área protegida menos prioritária.

### - Parque Nacional de Aparados da Serra:

Notamos que o Parque Nacional de Aparados da Serra possui áreas altamente prioritárias para a conservação da avifauna quando avaliamos diferentes cenários

climáticos futuros. De forma que a porção leste do parque foi a área com maior prioridade independente do cenário climático avaliado.

No cenário atual, as áreas mais prioritárias para aves são a porção nordeste e sul do parque. Quando olhamos para os cenários climáticos futuros, observamos que em cenários climáticos mais brandos, essas áreas se deslocam para o leste do parque. Já em cenários climáticos mais extremos, notamos duas porções altamente prioritárias. Uma porção mais ao sul nas unidades de e outra na porção leste do parque (Figura 1).

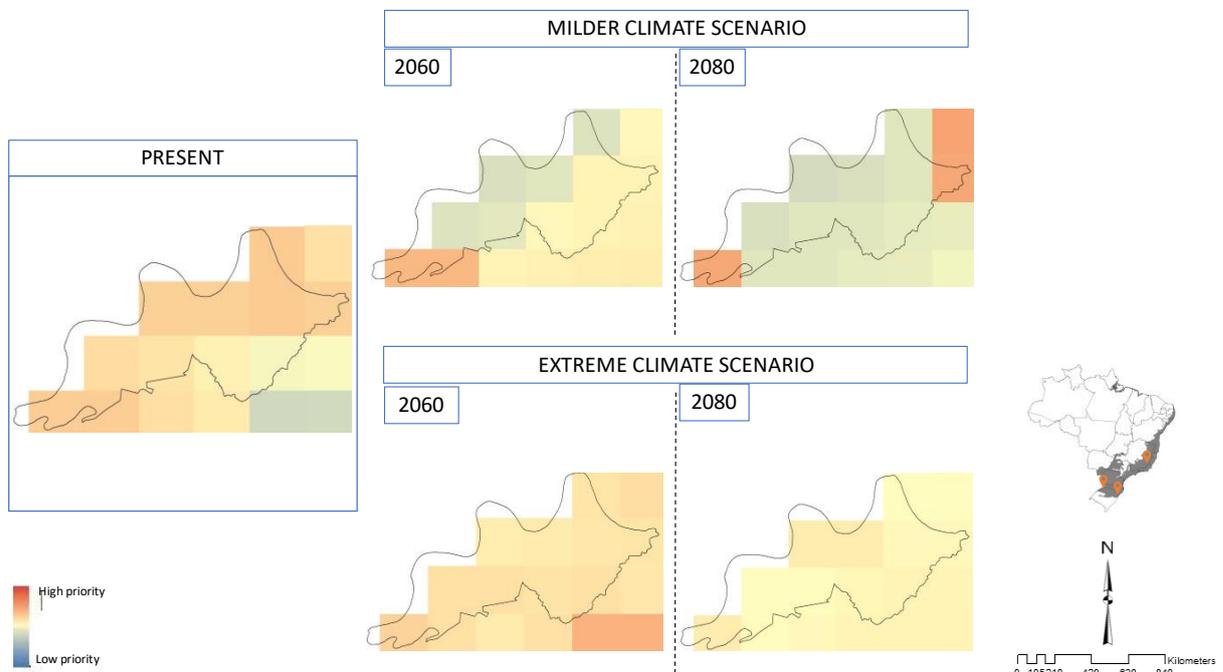


**Figura1:** Áreas prioritárias para conservação e estudos de *Schiffornis virescens* e *Chiroxiphia caudata* no Parque Nacional de Aparados da Serra. O gradiente de cores representa as áreas prioritárias previstas, desde os valores de prioridade mais altos na extremidade vermelha até os valores mais baixos na extremidade azul da escala.

#### - Parque Estadual do Turvo:

Assim como o Parque Nacional de Aparados da Serra, o Parque Estadual do Turvo também apresenta alguns setores com maior prioridade no que tange a conservação da avifauna no presente e em diferentes cenários climáticos.

Notamos que no presente as áreas mais prioritárias são o extremo norte do parque, próximo ao rio Turvo no final da estrada do Porto Garcia e uma pequena porção no extremo sul do parque, já quase na divisa com propriedades rurais do entorno. Em cenários climáticos mais brandos, as áreas com maior prioridade são o extremo sul do parque e, na projeção de 2080, o extremo sul e extremo leste do parque se mostram como áreas com maior prioridade. Quando olhamos para os cenários climáticos mais extremos notamos que as áreas mais adequadas para focar os esforços de manejo e conservação são o extremo norte do parque e o extremo sul (Figura 2).

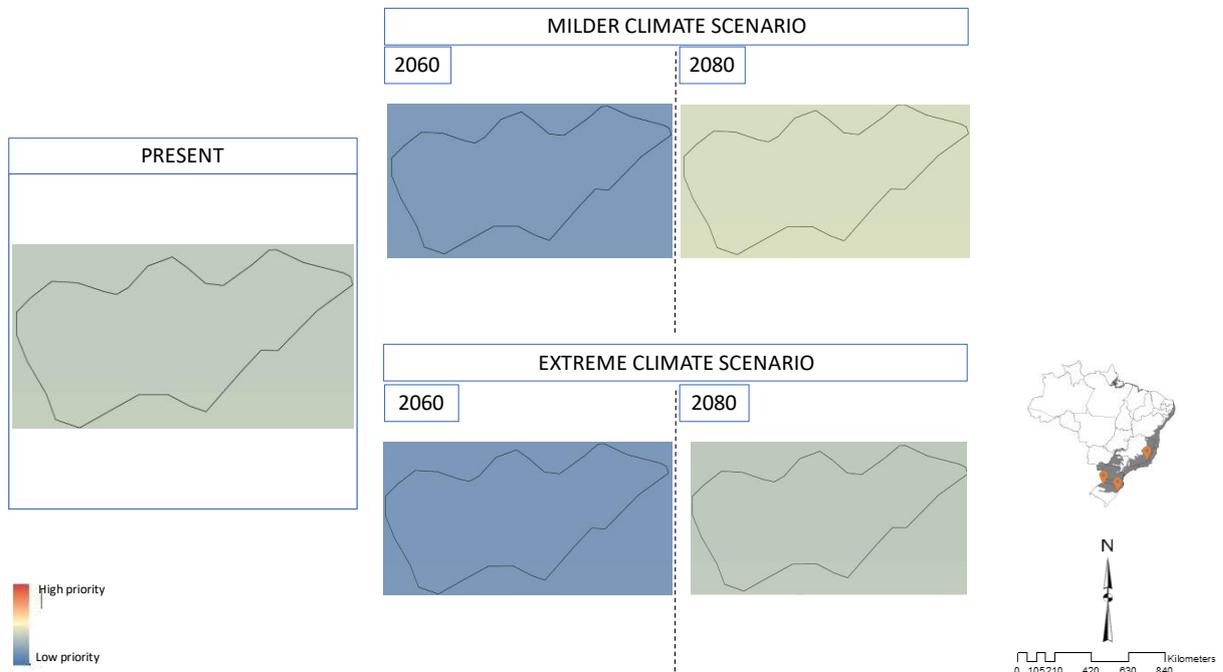


**Figura 2:** Áreas prioritárias para conservação e estudos de *Schiffornis virescens* e *Chiroxiphia caudata* no Parque Estadual do Turvo. O gradiente de cores representa as áreas prioritárias previstas, desde os valores de prioridade mais altos na extremidade vermelha até os valores mais baixos na extremidade azul da escala.

- Estação Ecológica de Água Limpa:

A Estação Ecológica de Água Limpa (área com a menor prioridade dos três locais avaliados) se mostra como uma área de baixa prioridade para conservação da avifauna de

maneira geral. Notamos que há um leve aumento da prioridade desta área com o passar do tempo, de forma que nos dois cenários de 2080 há um pequeno aumento na prioridade desta área protegida (Figura 3).



**Figura 3:** Áreas prioritárias para conservação e estudos de *Schiffornis virescens* e *Chiroxiphia caudata* na Estação Ecológica de Água Limpa. O gradiente de cores representa as áreas prioritárias previstas, desde os valores de prioridade mais altos na extremidade vermelha até os valores mais baixos na extremidade azul da escala.

### Caraterização dos objetivos gerais e específicos e de ações previstas

Os objetivos e ações deste documento foram definidos com base nas prioridades e pressões de cada unidade de conservação listadas nos respectivos planos de manejo, além das pressões relatadas pelos funcionários e gestores das respectivas unidades durante os levantamentos de campo ocorridos nestes locais entre 2015 e 2020. Para além das prioridades e pressões listadas, optamos por uma abordagem que incluísse as mudanças climáticas como um fator a ser considerado no zoneamento e nas ações específicas para cada espécie.

## Diretrizes para conservação

### Objetivo geral

Identificar e ordenar áreas prioritárias para o monitoramento e manejo de aves nas unidades de conservação.

### Objetivo específico 1

Identificar e delimitar áreas prioritárias para o monitoramento adaptativo da avifauna nas unidades de conservação de acordo com possíveis cenários climáticos futuros.

### Objetivo específico 2

Sensibilizar a sociedade e, principalmente, a população que vive no entorno da UC e os turistas sobre a importância da preservação e conservação da área e propor um manejo participativo e adaptativo.

### Objetivo específico 3

Monitorar os dados que subsidiem a definição e adaptação de novas áreas prioritárias dentro de cada unidade de conservação.

### Caracterização das ações de manejo para as áreas:

#### 1. Identificar e delimitar áreas prioritárias para o monitoramento adaptativo da avifauna nas unidades de conservação de acordo com possíveis cenários climáticos futuros.

Nº	Ação	Prioridade	Interlocutores	Produtos/ resultados esperados
1.1	Indenizar, desapropriar e incorporar as propriedades rurais privadas existentes como áreas preservadas para a prática de ecoturismo.	Alta	Ministério Público (MP); Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (ICMBio); União e órgãos de justiça.	Desapropriação das áreas rurais privadas e incorporação dessas áreas para ecoturismo.
1.2	Monitorar de forma sistemática e adaptativa o risco de incêndios nos limites do Parque Nacional de Aparados da Serra e áreas do entorno.	Média	ICMBio; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).	Mapa com áreas mais suscetíveis a incêndios.
1.3	Delimitar e criar uma área de amortecimento no Parque Estadual	Média	ICMBio; ONGs parceiras;	Área de amortecimento

	do Turvo.		pesquisadores.	efetivada no Parque Estadual do Turvo.
1.4	Delimitar corredores ecológicos que permitam o deslocamento das populações de aves a partir do Parque Estadual do Turvo.	Média	Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (SEMA-RS); ONGs parceiras; pesquisadores.	Mapa com os corredores ecológicos existentes e possíveis novos corredores ecológicos.
1.5	Fiscalizar e coibir as atividades de caça no Parque Estadual do Turvo.	Alta	SEMA-RS.	Diminuição dos casos de presença de caçadores dentro da unidade de conservação
1.6	Controlar o tráfego de veículos de do turismo descontrolado no Parque Estadual do Turvo e no Parque Nacional de Aparados da Serra.	Alta	SEMA-RS; ICMBIO; voluntários.	Diminuição dos registros de atropelamentos de fauna especialmente na estrada do salto.

**2. Sensibilizar a sociedade e, principalmente, a população que vive no entorno da UC e os turistas sobre a importância da preservação e conservação da área e propor um manejo participativo e adaptativo.**

Nº	Ação	Prioridade	Interlocutores	Produtos/ resultados esperados
1.1	Elaborar uma cartilha sobre a importância da biodiversidade e sobre os serviços ecossistêmicos que elas proporcionam no Parque Nacional de Aparados da Serra,	Média	SEMA-RS; ICMBio; Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG); ONGs parceiras; pesquisadores e colaboradores.	Cartilha a ser distribuída nas escolas do entorno das unidades de conservação e também

	Parque Estadual do Turvo e Estação Ecológica de Água Limpa.			para os turistas e visitantes.
1.2	Criar e implantar um programa de educação ambiental integrativo respeitando as tradições e crenças locais.	Alta	SEMA-RS; ICMBio; IEF-MG; ONGs parceiras; pesquisadores e colaboradores.	Programa de educação ambiental efetivo e implementado.
1.3	Elaborar e ministrar oficinas e aulas públicas a respeito da importância da preservação da paisagem nativa e da fauna local no Parque Nacional de Aparados da Serra, Parque Estadual do Turvo e Estação Ecológica de Água Limpa.	Alta	SEMA-RS; ICMBio; IEF-MG; ONGs parceiras; pesquisadores e colaboradores.	Material digital para uso nas oficinas e divulgação da realização das oficinas nos meios de comunicação locais e redes sociais.

### 3. Monitoramento de dados que subsidiem a definição e adaptação de novas áreas prioritárias dentro de cada unidade de conservação.

Nº	Ação	Prioridade	Interlocutores	Produtos/ resultados esperados
1.1	Promover periodicamente uma oficina de pesquisadores e ONGs parceiras que desenvolvem suas pesquisas nos parques para a delimitação das áreas prioritárias de forma integrativa.	Alta	Universidades; ICMBio; ONGs parceiras.	Material digital para uso nas oficinas e divulgação da realização das oficinas nos meios de comunicação locais e redes sociais
1.2	Criar um banco de dados único para o monitoramento e adaptação dessas áreas.	Média	ICMBio; ONGs parceiras.	Banco de dados único e interativo de áreas prioritárias dentro de cada unidade de conservação.
1.3	Estabelecer um termo de cooperação técnica com universidades e ONGs parceiras para a realização de pesquisas nas unidades de conservação e para a elaboração do banco de dados.	Alta	ICMBio; Universidades; ONGs parceiras.	Termo de cooperação técnica lavrado entre universidades e ONGs para a realização de pesquisas e banco de dados.

Caracterização do objetivo geral, objetivos específicos e ações previstas para *Schiffornis virescens* e *Chiroxiphia caudata* nas unidades de conservação foco deste estudo:

**Diretrizes para conservação**

**Objetivo geral**

Promover a conservação das populações de *Chiroxiphia caudata* e *Schiffornis virescens* e de seus habitats no presente e no futuro.

**Objetivo específico 1**

Conhecer as espécies e identificar as ameaças às suas populações nas diferentes unidades de conservação.

**Objetivo específico 2**

Promover a conservação das espécies.

**Objetivo específico 3**

Criar um programa de educação ambiental e monitoramento através da ciência cidadã.

**1. Conhecer as espécies e identificar as ameaças às suas populações nas diferentes unidades de conservação.**

Nº	Ação	Prioridade	Interlocutores	Produtos/ resultados esperados
1.1	Obter dados demográficos das espécies foco nas três unidades de conservação a fim de conhecer a sua estrutura e dinâmica populacional.	Alta	Instituições de pesquisa parceiras; ONGs.	Dados demográficos inseridos em um banco de dados único e acessível á todos os atores.
1.3	Reduzir a perda de habitat das espécies através da manutenção e recuperação dos fragmentos florestais mais propícios dentro de cada unidade de conservação.	Média	Instituições de pesquisa parceiras; ONGs.	Recuperação dos fragmentos florestais necessários ao estabelecimento e sobrevivência das espécies foco.
1.4	Identificar e proceder o monitoramento das possíveis ameaças às espécies foco nas	Alta	Instituições de pesquisa parceiras; ONGs.	Banco de dados digital e dinâmico das ameaças às

	três unidades de conservação.			espécies foco.
1.5	Promover a mitigação das possíveis ameaças de acordo com a realidade de cada unidade de conservação.	Alta	Instituições de pesquisa parceiras; ONGs; SEMA-RS; IEF-MG.	Mitigação das ameaças.
1.6	Realizar estudos ecológicos de bioacumulação para entender como as áreas de agricultura dentro e no entorno do Parque Nacional de Aparados da Serra e do Parque Estadual do Turvo e como a área urbana no entorno da Estação Ecológica de Água Limpa impactam as populações das espécies foco.	Média	Instituições de pesquisa parceiras; ONGs.	Compreensão de como as áreas de agricultura dentro do Parque Nacional de Aparados da Serra e no entorno do Parque Estadual do Turvo e como as áreas urbanas no entorno da Estação Ecológica de Água Limpa afetam as espécies foco nas unidades de conservação.
1.7	Realizar estudos de possíveis invasões biológicas de espécies exóticas que possam se beneficiar das mudanças climáticas e adentrar nos limites das unidades de conservação e entender como estas espécies afetam as espécies foco.	Média	Instituições de pesquisa parceiras; ONGs.	Compreensão de como espécies exóticas podem afetar as espécies foco dentro das unidades de conservação.

## 2. Criar um programa de educação ambiental e ciência cidadã.

Nº	Ação	Prioridade	Interlocutores	Produtos/ resultados esperados
1.1	Promover ações de conscientização sobre os riscos das solturas irresponsáveis dos táxons foco e de táxons que possam interferir na conservação das espécies foco.	Alta	Instituições de pesquisa parceiras; ONGs; ICMBio; SEMA-RS; IEF-MG.	Melhora do índice de conscientização por parte dos órgãos competentes sobre os riscos de solturas irresponsáveis.

1.2	Promover um programa permanente de observação de aves voltado para toda a comunidade do entorno das unidades de conservação com foco no monitoramento das espécies.	Média	Instituições de pesquisa parceiras; ONGs; ICMBio; SEMA-RS; IEF-MG.	Implementação do programa de observação de aves.
1.3	Promover o consumo de produtos locais e de artesanato local que promova a economia sustentável das comunidades no entorno.	Média	Instituições de pesquisa parceiras; ONGs; ICMBio; SEMA-RS; IEF-MG.	Feira permanente com os produtos locais e artesanato local nos finais de semana nas Unidades de Conservação.

### Conclusão

A distribuição das espécies está mudando, contraindo, expandindo e fragmentando em resposta às mudanças climáticas inclusive dentro de unidades de conservação. Como vimos, a gestão do habitat para as aves abrange uma grande variedade de técnicas, desde as de baixa intensidade até as mais intensivas. Entender como determinadas zonas em cada unidade de conservação podem ser mais ou menos prioritárias ao longo do tempo e adaptar as ações de manejo é de extrema importância para a efetividade dessas áreas na preservação das espécies de aves. As unidades de conservação ao longo da Mata Atlântica possuem características muito diferentes uma da outra de forma que perceber como essas áreas são afetadas pelas mudanças climáticas e como as suas espécies modificam seus habitats dentro dessas áreas é de fundamental importância para a definição de ações de conservação, mesmo para espécies não ameaçadas de extinção, e de adaptações nos planos de manejos já existentes.

## Referências

- BirdLife 2017. State of The World's Birds. 161
- Camara, I. G. 2003. Brief history of conservation in the Atlantic Forest. - In: The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook. pp. 2003.
- Elith, J. and Leathwick, J. R. 2009. Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. - *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 40: 677–697.
- Forny, P. A. 2008. Subsídios técnicos para o reenquadramento da Estação Ecológica de Água Limpa / IEF- MG, Cataguases, MG.
- Franklin, J. 2010. Mapping Species Distributions Spatial Inference and Prediction. - Cambridge University Press.
- Gosler, A. 2004. Birds in the hand. - In: Bird ecology and conservation: a handbook of techniques. pp. 85–118.
- Guisan, A. and Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. - *Ecol. Lett.* 8: 993–1009.
- Lemos Dionisio, C. S. 2016. Avaliação da eficácia das áreas protegidas na conservação de Psittacidae no Brasil : presente e futuro.: 65.
- Marques, J. T., Ramos Pereira, M. J., Marques, T. A., Santos, C. D., Santana, J., Beja, P. and Palmeirim, J. M. 2013. Optimizing Sampling Design to Deal with Mist-Net Avoidance in Amazonian Birds and Bats. - *PLoS One* in press.
- Martin, T. E., Nightingale, J., Baddams, J., Monkhouse, J., Kaban, A., Sastranegara, H., Mulyani, Y., Blackburn, G. A. and Simcox, W. 2017. Variability in the

effectiveness of two ornithological survey methods between tropical forest ecosystems. - PLoS One 12: 1–15.

Ministerio do Meio Ambiente 2003. Plano de Manejo- Parque Nacional de Aparados da Serra e Serra Geral; Encarte 2- Análise da Região da UC.: 110.

Moilanen, A., Pouzols, F. M., Meller, L., Veach, V., Arponen, A., Leppänen, J. and Kujala, H. 2014. Spatial conservation planning methods and software zonation version 4 user manual.

Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. and Araújo, M. B. 2011. Ecological Niches and Geographic Distributions.

Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J. and Hirota, M. M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. - Biol. Conserv. 142: 1141–1153.

Rodrigues, A. S. L., Akçakaya, H. R., Andelman, S. J., Bakarr, M. I., Boitani, L., Brooks, T. M., Chanson, J. S., Fishpool, L. D. C., Da Fonseca, G. A. B., Gaston, K. J., Hoffmann, M., Marquet, P. A., Pilgrim, J. D., Pressey, R. L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S. N., Underhill, L. G., Waller, R. W., Watts, M. E. J. and Yan, X. 2004. Global gap analysis: Priority regions for expanding the global protected-area network. - Bioscience 54: 1092–1100.

Secretaria Estadual do Meio Ambiente 2005. Plano De Manejo do Parque Estadual do Turvo.

Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B. and Hockings, M. 2014. The performance and potential of protected areas. - Nature 515: 67–73.

## CAPÍTULO V



## **Conclusão geral**

Em conclusão, esperamos um efeito negativo das mudanças climáticas na distribuição da maioria das espécies de aves no bioma Mata Atlântica de forma que este efeito é mais pronunciado em cenários climáticos mais extremos. Espécies ameaçadas de extinção e especialistas de florestas de baixada serão as espécies mais afetadas, perdendo grande parte da sua área de distribuição potencial. É necessário a adição de medidas mitigatórias para a preservação dos poucos remanescentes florestais preservados no bioma, especialmente nos corredores central e sul do bioma e nos Centros de Endemismo da Serra do Mar e Pernambuco. Tais medidas são essenciais para a preservação da diversidade de aves no hotspot de biodiversidade da Mata Atlântica.

Com as previsões de aumento na temperatura média da Terra, também prevemos uma diminuição na quantidade e no tamanho das áreas que são prioritárias para conservação independente do cenário climático avaliado. Entretanto essas áreas tendem a permanecer dentro ou próximas a unidades de conservação, tanto de proteção integral quanto de uso sustentável, já existentes na Mata Atlântica. Dessa maneira, corroboramos que unidades de conservação independentemente do tipo de uso são estratégias efetivas de conservação da diversidade de aves agindo como refúgios climáticos.

Unidades de conservação também são efetivas na preservação da diversidade funcional e taxonômica das aves. Entretanto, notamos uma diminuição nos valores de riqueza funcional e de riqueza taxonômica em cenários climáticos mais extremos. O que sugere que as respostas das aves às mudanças climáticas parecem ser mais evidentes na riqueza taxonômica do que na riqueza funcional. Ainda, unidades de conservação de proteção integral são e serão mais efetivas na conservação de espécies funcionalmente

únicas se comparadas com unidades de uso sustentável pois essas conseguem preservar remanescentes mais preservados ou até intocados de floresta.

Embora unidades de conservação sejam uma estratégia efetiva na preservação da biodiversidade, estes locais apresentam características muito diferentes e problemas diferentes. Enquanto em alguns locais a principal pressão é a caça ilegal, em outros a regularização fundiária se torna o principal empecilho no que diz respeito ao manejo da área. Nesse sentido é necessário olhar para cada local individualmente para definir estratégias de conservação e manejo para as espécies foco.

Em comum, notamos um grande desconhecimento com relação as populações de aves, de forma que compreender como essas populações flutuam ao longo dos anos e como elas se estruturam seria o primeiro passo para definir estratégias efetivas e duradouras de conservação, independentemente do grau de ameaça das espécies.

A Mata Atlântica brasileira é um dos biomas mais ameaçados do Brasil estando bastante fragmentadas. Entretanto notamos a persistência de inúmeras espécies endêmicas e ameaçadas nos remanescentes de vegetação nativa que ainda persistem. É de extrema importância não só a preservação destes remanescentes, mas também a conexão entre eles, especialmente na Serra do Mar, nordeste e corredor central da Mata Atlântica. Destacamos aqui também a importância das florestas de baixada do alto Uruguai e a os remanescentes da porção sul do bioma onde a floresta de araucária se encontra altamente ameaçada pelo avanço da agricultura inclusive dentro de unidades de conservação.

O que restou de Mata Atlântica, embora bastante fragmentado, é um importante refúgio climático para as espécies de aves, especialmente para as espécies endêmicas visto que essas não possuem capacidade de se adaptarem em biomas adjacentes.

Neste trabalho não conseguimos avaliar como as mudanças climáticas afetam as aves de determinadas guildas tróficas, ou como atributos funcionais ligados a dispersão e estabelecimento das aves em determinados locais são afetados por tais mudanças. Também não conseguimos avaliar como as populações de aves poderiam variar e nem como determinados comportamentos (especialmente o canto) poderiam ser modulados pelas mudanças climáticas. Conhecer as espécies a nível local e regional é imprescindível para a definição de estratégias efetivas de conservação, sendo este o primeiro passo para a manutenção de populações viáveis das aves da Mata Atlântica a longo prazo.