

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**  
**DA NATUREZA**

**Vítor André Rodrigues**

**Avaliando as plataformas de ciência cidadã para o estudo da migração altitudinal de**  
**aves**

Juiz de Fora

2024

**Vítor André Rodrigues**

**Avaliando as plataformas de ciência cidadã para o estudo da migração altitudinal de  
aves**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza. Área de concentração: Processos ecológicos e Conservação da Natureza.

Orientador: Dr. André de Camargo Guaraldo

Coorientadora: Dra. Fernanda Thiesen Brum

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Rodrigues, Vítor André.

Avaliando as plataformas de ciência cidadã para o estudo da migração altitudinal de aves / Vítor André Rodrigues. -- 2024.  
54 f. : il.

Orientador: André de Camargo Guaraldo

Coorientadora: Fernanda Thiesen Brum

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, 2024.

1. Aves migratórias. 2. Migração altitudinal. 3. Ciência cidadã. 4. Mata Atlântica. I. Guaraldo, André de Camargo, orient. II. Brum, Fernanda Thiesen, coorient. III. Título.

**Vitor André Rodrigues**

**Avaliando as plataformas de ciência cidadã para o estudo da migração altitudinal de aves**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza. Área de concentração: Comportamento, Ecologia e Sistemática

Aprovada em 26 de fevereiro de 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. André de Camargo Guaraldo - Orientador  
Universidade Federal do Paraná

Dra. Fernanda Thiesen Brum  
The Nature Conservancy

Dra. Nadinni Oliveira de Matos Sousa  
Ministério do Meio Ambiente

Prof. Dr. Jonas Rafael Rodrigues Rosoni  
Centro de Ecología Aplicada del Litoral - Argentina

Juiz de Fora, 17/01/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Jonas Rafael Rodrigues Rosoni, Usuário Externo**, em 26/02/2024, às 18:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernanda Thiesen Brum, Usuário Externo**, em 27/02/2024, às 06:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **André de Camargo Guaraldo, Usuário Externo**, em 27/02/2024, às 09:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nadinni Oliveira de Matos Sousa, Usuário Externo**, em 28/02/2024, às 06:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1668595** e o código CRC **2C7B0EAA**.

---

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

## RESUMO

Migração altitudinal é o movimento sazonal de indivíduos de áreas reprodutivas para não-reprodutivas, e vice-versa, ao longo de um gradiente altitudinal. Estudos nesse tema ainda são escassos e, como os custos e logística dos estudos de campo são alguns dos impedimentos, utilizar a ciência cidadã pode ser uma estratégia para assegurar avanços na compreensão desse comportamento nas aves. Assim, avaliamos a eficiência e viabilidade dos dados das plataformas eBird e WikiAves para detectar a migração altitudinal de aves no Brasil, investigando também as relações do comportamento com as variáveis ambientais. Seleccionamos 12 espécies reconhecidamente migratórias pela literatura, além de seis residentes para comparação. Definimos como área de amostragem o leste brasileiro e, por diferenças na natureza das plataformas, para os dados do eBird, dividimos a área em células e calculamos as variáveis para cada uma. Para o WikiAves, utilizamos os municípios como unidade amostral. Primeiramente, executamos dois modelos lineares generalizados mistos (GLMM) binomiais inflados em zero - modelos gerais - a partir dos dados do eBird, um para espécies migratórias e outro para residentes, o que não foi possível para o WikiAves pelo baixo tamanho amostral. Devido à grande variância das espécies como fator de efeito aleatório, executamos novos GLMM inflados em zero para cada espécie usando ambas as plataformas. Os modelos gerais evidenciaram diferenças no padrão temporal de ocorrência entre espécies residentes e migratórias, confirmando o potencial dos dados do eBird para inferir o comportamento de migração altitudinal. Nos modelos a nível de espécie, os dados das residentes seguiram o esperado, com três das doze espécies migratórias seguindo o padrão de sazonalidade altitudinal. Assim, nossos modelos gerais evidenciaram que o padrão sazonal de ocorrência das espécies migrantes se distinguiu das residentes, conforme esperado por nossas expectativas em caso de validação dos dados da plataforma eBird. Os modelos específicos, por sua vez, confirmaram a diversidade de comportamentos, com apenas três modelos de espécies migratórias seguindo o esperado. A diversidade de respostas, em si, é plausível e esperada para o movimento migratório altitudinal, visto que é regido por variáveis diversas que interagem entre si e que pode variar entre populações de uma mesma espécie. Além da complexidade do movimento, é possível também que as variações entre as populações resultem em fontes adicionais e não controladas de ruídos nos modelos. Ainda assim, os resultados obtidos nos modelos gerais se mostraram confiáveis frente às previsões estabelecidas, demonstrando que, no contexto deste estudo, é possível utilizar os dados de ciência cidadã no estudo da migração altitudinal. Todavia, análises mais refinadas em nível de espécie podem sofrer com ruídos, possivelmente sendo o uso desses

dados dependente de estudos mais refinados de ecologia da movimentação. Dessa forma, concluímos que os dados de ciência cidadã podem permitir estudos de migração altitudinal de aves no Brasil em determinadas situações. Cabe a futuros trabalhos de ecologia do movimento refinarem os cenários para que dados de ciência cidadã possam ser mais eficazes.

**Palavras-chave:** eBird; WikiAves, Floresta Atlântica, pluviosidade, NDVI.

## ABSTRACT

Altitudinal migration is the seasonal movement of individuals from reproductive to non-reproductive areas, and vice versa, along an altitudinal gradient. Studies on the subject are still scarce and, as the costs and logistics of field studies are some of the restraints, using citizen science can be a strategy to ensure advances in understanding this behavior in birds. Thus, we sought to evaluate the efficiency and feasibility of data from the eBird and WikiAves platforms to detect the altitudinal migration of birds in Brazil, also investigating the relationships of behavior with environmental variables. We selected 12 species recognized as migratory by the literature, in addition to six residents for comparison. We defined the Brazilian East as the sampling area and, due to differences in the platforms, for the eBird data, we divided the area into cells and calculated the variables for each one. For WikiAves, we used the municipalities as the sampling unit. First, we ran two zero-inflated binomial generalized linear mixed models (GLMMs) from the eBird data, one for migratory species and one for residents, which was not possible for WikiAves due to the low sample size. Due to the large variance of the species as a random effect factor, we ran new zero-inflated GLMMs for each species using both platforms. The models showed differences in the temporal pattern of occurrence between resident and migratory altitudinal species, confirming the potential of eBird data to infer the species' altitudinal migration behavior. In the species-level models, the resident species data followed the expected, while three migratory ones followed the expected pattern of altitudinal seasonality. In this sense, our models show that the seasonal pattern of occurrence of migrant species was different from the resident ones, as expected in the case of validity of the eBird platform data. The specific models, in turn, confirmed the diversity of behaviors, with only three models of migratory species following the expected one. The diversity of responses, in itself, is plausible and expected for the altitudinal migratory movement, since it is guided by diverse variables that interact with each other and may vary between populations of the same species. In addition to the complexity of the movement, it is also possible that variations between populations result in additional and uncontrollable sources of noise in the models. Even so, the results obtained in the general models proved to be reliable given the established predictions, demonstrating that, in certain circumstances, it is possible to use citizen science data in the study of altitudinal migration. However, more refined analyses at the species level may suffer from noise, possibly making the use of these data feasible only in conjunction or with more refined studies of movement ecology. Thus, we conclude that citizen science data

may allow studies of the altitudinal migration of birds in Brazil in certain situations. It is up to future ecology movement studies to refine the scenarios so that citizen science data is more effective.

**Keywords:** eBird; WikiAves, Atlantic Forest, rainfall, NDVI.

## RESUMO PARA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Migração altitudinal é o movimento cíclico de que organismos de áreas reprodutivas para não reprodutivas, e vice-versa, entre diferentes altitudes. Os estudos em campo desse fenômeno encontram diversos empecilhos, sobretudo relacionados aos custos e logística, o que acaba dificultando o entendimento desse comportamento. Assim, avaliamos a eficiência e viabilidade de utilizar-se dados de ciência cidadã (aqueles coletados pela população geral, como os registros fotográficos encontrados no WikiAves) no estudo da migração altitudinal de aves no Brasil. Para isso, utilizamos dados das plataformas eBird e WikiAves para 12 espécies migratórias, além de seis residentes (aquelas que não migram) para comparação. Definimos como área de estudo o leste brasileiro, onde há altitudes variando do nível do mar a 1800m. Executamos dois modelos estatísticos, um para o conjunto de espécies migratórias e outro para residentes. Nessa etapa, utilizamos apenas dados do eBird, pois há particularidades na plataforma WikiAves que resultaram em um baixo número de registros. Nesses modelos, residentes apresentaram um mesmo padrão ao longo de diferentes altitudes nos períodos reprodutivo e não-reprodutivo, enquanto migrantes mostraram uma alteração entre períodos, indicando movimentação ao longo das altitudes. Além disso, encontramos um grande variedade de respostas para as espécies migratórias e, assim, executamos modelos para cada espécie. Nesses, as residentes seguiram o padrão prévio, enquanto três das doze espécies migratórias demonstraram uma movimentação altitudinal, além de uma variedade de respostas. Dessa forma, nossos modelos gerais demonstraram que o padrão de ocorrência das espécies migratórias se distinguiu das residentes, conforme esperado no caso de validação dos dados de ciência cidadã. Os modelos específicos, por sua vez, confirmaram a diversidade de comportamentos, que está de acordo com o que se sabe do movimento migratório altitudinal. Esse fenômeno é regido por diferentes variáveis e pode variar dentro de uma mesma espécie. Além disso, é possível que as variações resultem em ruídos adicionais em nossos modelos, isto é, das inconsistências que podem reduzir o desempenho deles. Ainda assim, os resultados obtidos nos modelos gerais se mostraram confiáveis, demonstrando que dados de ciência cidadã podem permitir estudos de migração altitudinal de aves no Brasil em determinadas situações. Cabe a futuros trabalhos refinarem os cenários para que esse tipo de dado seja mais eficaz.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>12</b>
1.1 DEFININDO O COMPORTAMENTO MIGRATÓRIO EM AVES .....	12
1.2 MIGRAÇÃO ALTITUDINAL DAS AVES .....	12
1.3 IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO E LIMITAÇÕES PARA PESQUISAS ....	13
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
2.2 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3 EXPLORANDO O POTENCIAL DAS PLATAFORMAS DE CIÊNCIA CIDADÃ PARA O ESTUDO DA MIGRAÇÃO ALTITUDINAL DE AVES NO BRASIL .....</b>	<b>15</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	15
3.2 METODOLOGIA.....	16
3.3 RESULTADOS .....	22
3.4 DISCUSSÃO .....	34
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICE A - Resultados dos modelos.....</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICE B - Valores obtidos de variação dos fatores de efeito aleatório aninhados incluídos nos modelos lineares generalizados para dados inflados em zero a partir de dados do eBird e do WikiAves.....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1 DEFININDO O COMPORTAMENTO MIGRATÓRIO EM AVES

O comportamento migratório dos animais (*i.e.*, deslocamento de áreas não-reprodutivas para reprodutivas, e vice-versa) está associado às variações cíclicas na qualidade e quantidade dos recursos de um determinado ambiente, geralmente associado ao deslocamento sazonal dos organismos para melhor utilizá-los (Milner-Gulland *et al.*, 2011; Webster *et al.*, 2002). Esses movimentos podem envolver distâncias variáveis, desde globais (*e.g.*, >80.000 Km anualmente; Egevang *et al.*, 2010), a continentais (*e.g.*, ~1680 Km; *Elaenia albiceps chilensis*; Bravo *et al.*, 2017) e até regionais (*e.g.*, <40 Km; Guaraldo *et al.*, 2022). A migração altitudinal se enquadra neste último espectro de distância, sendo definida como o movimento sazonal de indivíduos ao longo de um gradiente altitudinal de áreas reprodutivas para não-reprodutivas e vice-versa, independentemente da distância percorrida (Barçante *et al.*, 2017).

### 1.2 MIGRAÇÃO ALTITUDINAL DAS AVES

Diversos grupos zoológicos realizam migração altitudinal, como mamíferos ungulados e carnívoros (Myserud, 1999; Loucks *et al.*, 2003), morcegos (McGuire e Boyle, 2013), lepidópteros (Stefanescu, 2001) e aves (Barçante *et al.*, 2017). Alguns fatores são hipotetizados como motivadores da migração altitudinal, sendo divididos em: fatores extrínsecos, ou ambientais, como o risco de predação para os adultos e prole, variações no clima (*i.e.*, variações de temperatura e pluviosidade) e, conseqüentemente, a variação na oferta dos recursos alimentares; e fatores intrínsecos, ou individuais, como o tamanho dos organismos de uma determinada população (Hsiung *et al.*, 2018). As migrações altitudinais ocorrem, com frequência, em escalas espaciais relativamente pequenas e demandam poucas especializações fisiológicas, o que resulta em lacunas sobre causas e conseqüências do processo devido ao desconhecimento da ocorrência desse fenômeno (McGuire e Boyle, 2013). A escassez de informações, aliada à concentração geográfica e taxonômica desse comportamento, por sua vez, impõem vieses nas hipóteses gerais formuladas sobre o tema e dificultam a prevenção e mitigação do já identificado declínio de populações de migrantes altitudinais frente às mudanças climáticas (Hsiung *et al.*, 2018).

Dessa forma, por ser regida por variáveis ecológicas diversas e que interagem entre si, além de depender de atributos individuais, o comportamento migratório pode variar desde a migração obrigatória até a parcial, incluindo a migração facultativa (Newton, 2012).

Especificamente na região Neotropical, a migração altitudinal é, em maior parte, facultativa, sendo sobretudo uma resposta individual ao meio, podendo ser parcial em nível de população e variar anualmente de acordo com os fatores ambientais (Boyle, 2017).

Dentre as aves que são reconhecidamente migrantes altitudinais no mundo, a maior parte (44% dentre 1.238 espécies) ocorre na região Neotropical (Barçante *et al.*, 2017). Ainda assim, os estudos dos padrões e causas envolvendo o fenômeno são escassos, com a maior parte dos estudos da região Neotropical concentrados na Costa Rica, sendo que Barçante *et al.* (2017) reportam 26 estudos focados na migração altitudinal para a Costa Rica e apenas três para o Brasil. Schunck *et al.* (2023), por sua vez, encontraram 83 estudos na temática do movimento altitudinal sazonal de aves, sendo que apenas 63 passaram por revisão por pares e, desses, somente 11 abordam explicitamente o assunto. No Brasil, os movimentos migratórios altitudinais foram registrados nas regiões Sul e Sudeste do país para beija-flores, tiranídeos e emberezídeos, além de espécies frugívoras como a *Aburria jacutinga*, que aparentemente segue a frutificação do palmito em baixas altitudes (Sick, 1997; Alves, 2007). Além disso, estudos mais recentes acerca da migração altitudinal das aves brasileiras também foram feitos, como o de Guaraldo *et al.* (2022) com *Turdus flavipes*, no Paraná, e a revisão de Schunck *et al.* (2023) para o movimento altitudinal sazonal no Brasil.

### 1.3 IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO E LIMITAÇÕES PARA PESQUISAS

Algumas das consequências sobre os padrões de migração decorrentes, sobretudo, das mudanças climáticas são a chegada antecipada dos migrantes aos locais de reprodução e a permanência por um maior período de tempo nas áreas de maior altitude (Inouye *et al.*, 1999; Sparks, 1999). Há também as mudanças nas rotas de migração, que acarretam em maior tempo e distância de movimentação e, conseqüentemente, maior risco de predação, menor tempo de forrageamento e, por fim, menor sobrevivência dos indivíduos (Hadley e Betts, 2009; Hsiung *et al.*, 2018; Inouye *et al.*, 1999).

Alguns dos principais limitantes para os estudos de migração altitudinal na região Neotropical são os custos e a logística de campo (Guaraldo *et al.*, 2022). Nesse contexto, a ciência cidadã, estratégia de desenvolvimento de estudos que deriva do envolvimento da população na pesquisa científica (Cooper *et al.*, 2014), representa uma fonte promissora de dados. Mais especificamente, o grande volume de dados e amplitude geográfica permitem a condução de pesquisas complementares ao trabalho feito em campo, auxiliando na direção de esforços, bem como incluindo a participação da população no processo de pesquisa, ainda que

de forma indireta. Alguns exemplos de bases de ciência cidadã são iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>), eBird (<https://ebird.org/home>) e WikiAves (<https://www.wikiaves.com.br/>), ambas amplamente utilizadas por observadores de aves. A plataforma eBird apresenta, sobretudo, dados derivados de listas de identificação criadas por observadores de aves, enquanto o WikiAves baseia-se no compartilhamento de registros fotográficos, principalmente.

Estudos com dados de ciência cidadã no campo da migração não são novidade. Tsai *et al.* (2021), por exemplo, utilizaram em seu estudo em Taiwan dados do eBird para detectar a migração altitudinal de aves, enquanto Schubert *et al.* (2019), por sua vez, comprovaram que, com o desenho amostral e tratamento adequados, os dados de ciência cidadã oriundos do WikiAves podem ser utilizados para o estudo de migração de longas distâncias de espécies de aves do Brasil. Logo, é plausível que os dados do WikiAves, bem como do eBird, possam ter utilidade no estudo da migração altitudinal das aves no Brasil, algo que permanece inexplorado.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.2 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a eficiência e viabilidade dos dados de ciência cidadã no estudo da migração altitudinal de aves no Brasil.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Detectar o movimento migratório altitudinal a partir dos dados de ciência cidadã para um conjunto de espécies da Mata Atlântica e investigar sua relação com as variáveis ambientais.

### 3 EXPLORANDO O POTENCIAL DAS PLATAFORMAS DE CIÊNCIA CIDADÃ PARA O ESTUDO DA MIGRAÇÃO ALTITUDINAL DE AVES NO BRASIL

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Migração é o movimento sazonal dos organismos de áreas reprodutivas para não-reprodutivas e vice-versa, resultado das variações cíclicas dos recursos no ambiente (Milner-Gulland *et al.*, 2011; Webster *et al.*, 2002). A migração altitudinal é o movimento sazonal de indivíduos de áreas reprodutivas para não-reprodutivas e vice-versa, mas ocorrendo ao longo de um gradiente altitudinal (Barçante *et al.*, 2017). Os gatilhos para esse movimento podem ser ambientais, como o risco de predação e variações no clima e na oferta de recursos, e/ou individuais, como o tamanho e/ou sexo do organismo (Hsiung *et al.*, 2018). A diversidade de variáveis ecológicas envolvidas na regulação do comportamento migratório altitudinal torna esse um comportamento complexo e que geralmente é facultativo em nível de espécie na região Neotropical e parcial em nível de população, podendo variar temporal e espacialmente (Boyle, 2017).

Segundo Barçante *et al.* (2017), 44% das aves migratórias altitudinais estão na região Neotropical. Ainda assim, os estudos dos padrões e dos fatores bióticos e abióticos que impulsionam o movimento migratório dos indivíduos e populações são escassos, com a maior parte dos estudos da região Neotropical concentrados na Costa Rica (Barçante *et al.*, 2017; Hsiung *et al.*, 2018). Além disso, as migrações altitudinais ocorrem, frequentemente, em escalas espaciais pequenas, envolvendo adaptações fisiológicas discretas, o que potencialmente explica parte das deficiências no conhecimento sobre as causas proximais do processo migratório altitudinal em aves (McGuire e Boyle, 2013). A escassez de informações detalhadas de campo e a concentração dos estudos em poucas regiões geográficas, por si, resultam em vieses na formulação de hipóteses gerais sobre o tema e dificultam a tomada de medidas para a prevenção do declínio das populações migratórias altitudinais em decorrência das mudanças climáticas (Hsiung *et al.*, 2018).

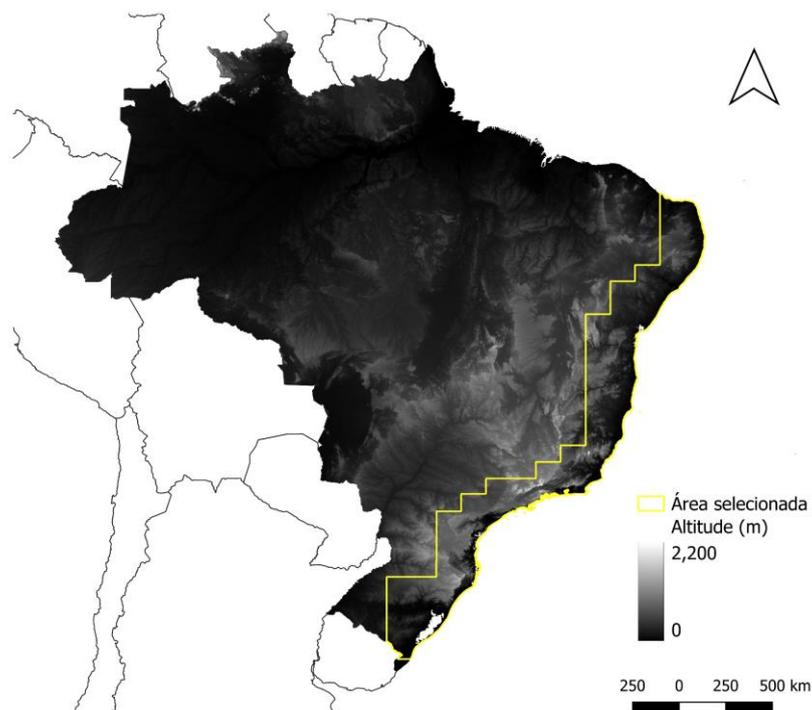
Os custos e a logística dos estudos de campo são alguns dos impedimentos no preenchimento das lacunas de conhecimento sobre a migração altitudinal (Guaraldo *et al.*, 2022). Outros fatores que agregam complexidade à compreensão da migração altitudinal nos Neotrópicos são o comportamento migratório parcial, comumente encontrado nas espécies de aves migrantes na América do Sul (Jahn *et al.*, 2020), e a escassez de conhecimento refinado sobre o comportamento migratório das aves no Brasil (Schunck, 2023; Somenzari *et al.*, 2018).

Logo, utilizar a ciência cidadã pode ser uma estratégia desejável para assegurar avanços na identificação e compreensão do comportamento migratório altitudinal de aves. Assim, neste estudo avaliamos a eficiência (possibilidade de detectar a migração altitudinal) e viabilidade (praticidade) dos dados disponíveis nas plataformas eBird e WikiAves para detectar a migração altitudinal de aves no Brasil, investigando também as relações dos comportamentos migratórios altitudinais com as variáveis ambientais.

### 3.2 METODOLOGIA

Selecionamos como área de amostragem partes das regiões leste do Brasil que englobavam a Mata Atlântica e seus ecótonos, onde também são encontrados gradientes altitudinais consideráveis (*e.g.*, Serras do Leste Catarinense, Serra do Mar, Serra da Mantiqueira, Serra do Espinhaço e Chapada da Diamantina; IBGE, 2009). Assim, a área que selecionamos compreende a porção costeira brasileira da latitude 4,66° S à 33,02° S, com gradientes altitudinais variando desde a planície costeira (~0m) a regiões com altitude acima de 1800m em relação ao nível do mar (Figura 1).

**Figura 1.** Mapa destacando a área selecionada para as análises (em amarelo) e o relevo brasileiro (escala em metros acima do nível do mar)



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Assim, selecionamos 12 espécies migratórias a partir de uma avaliação crítica das listas de aves migratórias altitudinais presentes nas revisões de Barçante *et al.* (2017) e da revisão de aves migratórias no Brasil por Somenzari *et al.* (2018). Especificamente, selecionamos as espécies considerando a disponibilidade de registros nas plataformas eBird (<https://ebird.org/>) e WikiAves (<https://www.wikiaves.com.br/>), restringindo nosso universo amostral em cada plataforma às espécies que apresentaram um valor arbitrário de 500 registros, assumindo-o como mínimo ideal para viabilizar as análises e o cumprimento dos objetivos deste estudo. Adicionalmente, selecionamos as espécies menos crípticas (*i.e.*, espécies de mais fácil detecção e identificação) e/ou que não apresentavam distribuição geográfica muito restrita a localidades com pequenos gradientes altitudinais (*i.e.*, espécies com distribuição pontual na planície costeira). Para fins de comparação, adicionamos seis espécies reconhecidamente residentes no Brasil ao grupo de estudo, considerando os mesmos critérios de seleção utilizados para as espécies migratórias altitudinais: abundância de registros na plataforma, conspicuidade e distribuição geográfica ampla.

Obtivemos os registros do eBird a partir da solicitação direta (eBird, 2022) e os do WikiAves através do protocolo estabelecido por Schubert *et al.* (2019). Após a obtenção dos registros de ocorrência nas plataformas, os dados foram triados e tratados para remoção de pseudoréplicas, isto é, para a exclusão das duplicidades de registros feitos por um mesmo observador num mesmo local e dia. No caso do WikiAves, também removemos registros com potenciais erros de identificação utilizando o sistema de peso de ID da plataforma, o qual indica a confiabilidade da identificação de cada registro. Além disso, excluímos os registros do WikiAves anteriores a 2000, pois esses sistematicamente apresentavam as mesmas datas, potencialmente erradas (01/01/1980 ou 30/11/1999).

Para ambas as plataformas, as espécies residentes apresentaram mais registros iniciais em relação às migratórias, variando de 44.021 a 176.098 para o eBird e 7.682 a 22.113 para o WikiAves. Para migrantes, o número de registros variou de 549 a 37.992 no eBird e de 1.133 a 13.438 no WikiAves. Após a exclusão das pseudoréplicas, o tamanho amostral para os dados do eBird foi reduzido para valores entre 55 e 71% para as espécies residentes e entre quatro e 72% para as espécies migrantes; para os dados do WikiAves, os valores reduzidos variaram entre sete e 17% para residentes e 0,5% e 18% para migrantes, aproximadamente (Quadro 1).

**Quadro 1.** Lista das espécies selecionadas para o estudo. Cpt: comportamento, migratória (M) ou residente (R); N<sub>0</sub>: número inicial de registros; N<sub>r</sub>: número final de registros; %N: porcentagem de registros utilizados nas análises após exclusão das pseudoréplicas e recorte da área de amostragem a fim de corresponder aos mapas de distribuição geográfica da espécie (BirdLife International 2022); e: dados do eBird; w: dados do WikiAves.

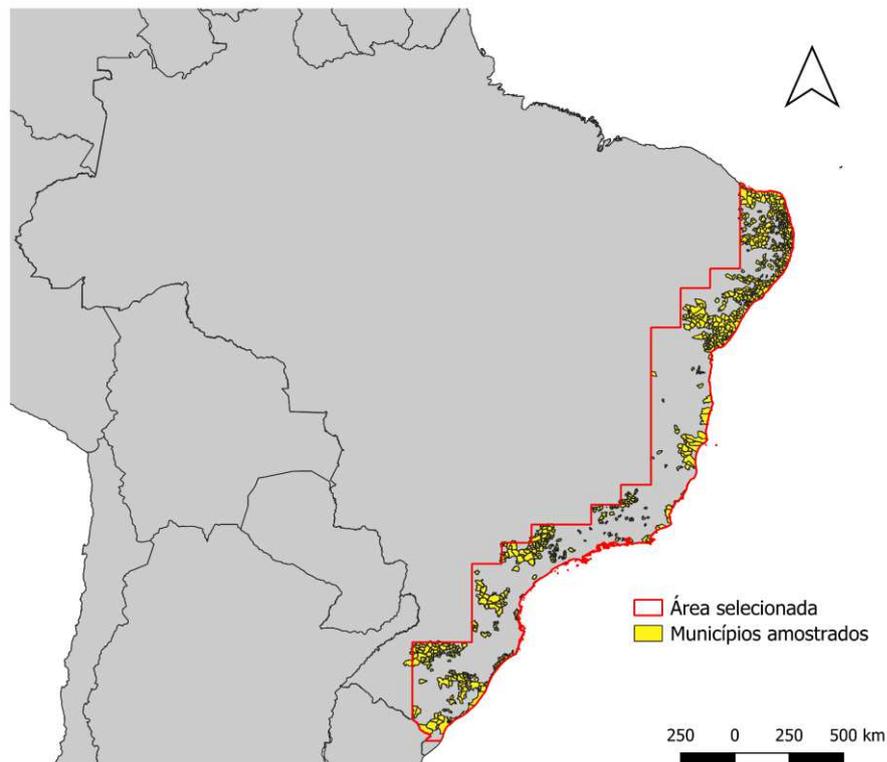
Ordem	Família	Espécie	Cpt	N <sub>0e</sub>	N <sub>re</sub> (%N <sub>e</sub> )	N <sub>0w</sub>	N <sub>rw</sub> (%N <sub>w</sub> )
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas plumbea</i>	M	16084	9836 (61,2)	1916	23 (1,2)
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	R	153847	94627 (61,5)	15567	2574 (16,5)
Apodiformes	Trochilidae	<i>Florisuga fusca</i>	M	20113	12384 (61,6)	7663	422 (5,5)
Apodiformes	Trochilidae	<i>Anthracothorax nigricollis</i>	M	11634	4738 (40,7)	7068	666 (9,4)
Apodiformes	Trochilidae	<i>Eupetomena macroura</i>	R	74822	49696 (66,4)	17946	2607 (14,5)
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona pretrei</i>	M	549	525 (95,6)	1133	75 (6,6)
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	R	79114	43878 (55,5)	13205	1175 (8,9)
Passeriformes	Cotingidae	<i>Procnias nudicollis</i>	M	11561	10851 (93,9)	3093	135 (4,3)
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	R	44021	31077 (70,6)	7682	566 (7,3)
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes maculatus</i>	M	37992	24198 (63,7)	12797	1507 (11,7)
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	M	7986	2204 (27,6)	11125	1705 (15,3)
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Knipolegus nigerrimus</i>	M	4060	2481 (61,1)	4328	21 (0,48)
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Satrapa icterophrys</i>	M	6010	4579 (76,2)	6758	1196 (17,6)
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus flavipes</i>	M	14185	13264 (93,5)	5198	263 (5,0)
Passeriformes	Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	R	86232	61046 (70,8)	18101	2198 (12,1)
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Piranga flava</i>	M	2595	1101 (42,4)	5624	188 (3,3)
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tersina viridis</i>	M	20823	11226 (53,9)	13438	742 (5,5)
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis sayaca</i>	R	176098	115864 (65,8)	22113	3672 (16,6)

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Para os dados do eBird, dividimos a área de amostragem em células de 0,25° x 0,25°. Para cada célula, calculamos a proporção de registros de ocorrência de cada espécie-modelo, variável resposta de nossas análises, bem como as médias das variáveis ambientais para os períodos reprodutivo (outubro a março) e não-reprodutivo (abril a setembro). Uma das particularidades do WikiAves é a ausência de georreferenciamento para os registros, sendo a solução utilizar as coordenadas da sede dos municípios das ocorrências para o cálculo dos valores das variáveis ambientais. Por esse motivo e a fim de diminuir possíveis vieses amostrais,

restringimos nosso universo amostral a municípios com amplitude de altitude de até 300m e com a sede localizada em nossa área de amostragem. Tal medida restringiu nossos dados para 928 municípios (Figura 2), o que reduziu drasticamente o número de registros para os modelos com dados do WikiAves.

**Figura 2.** Mapa destacando os municípios em nosso recorte com amplitude de altitude de até 300m (em amarelo) e a área selecionada (em vermelho)



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Os valores de altitude foram extraídos do raster de elevação 30s do SRTM obtido a partir do WorldClim 2.1 (Fick e Hijmans, 2017; <https://www.worldclim.org/>). Também derivamos os valores médios de pluviosidade a partir dos valores mensais disponíveis na base de dados CHELSA, Versão 2.1, em escala de 30s, para o intervalo 2000-2018 (Karger *et al.*, 2017; Karger *et al.*, 2021), convertidos posteriormente para mm/mês. Utilizamos o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) como *proxy* para produtividade primária, portanto uma métrica que permite avaliar a qualidade do hábitat e a disponibilidade local de recursos alimentares (*e.g.*, Borowik *et al.*, 2013; Fernández-Tizón *et al.*, 2020; Leveau *et al.*, 2018). Os valores médios mensais de NDVI foram obtidos utilizando o MODIS/Terra Vegetation Indices Monthly L3

Global 0.05Deg CMG V006 (MOD13C2; Didan e Huete, 2015) para os anos de 2001-2019. As extrações dos valores e confecção dos mapas foram feitas utilizando o QGIS (QGIS Development Team, 2023).

Nosso conjunto de dados apresentou grande número de células e municípios sem registros de ocorrência das espécies-modelo, ainda que a área de amostragem de cada espécie tenha sido recortada para coincidir com a sua distribuição geográfica potencial (BirdLife International, 2022). Análises exploratórias revelaram que modelos lineares generalizados mistos (GLMM) com distribuição binomial de erro (*i.e.*, para dados de proporção) eram não interpretáveis por não atenderem às premissas (*e.g.*, homocedasticidade e normalidade dos resíduos). Como consequência, ajustamos aos dados GLMM binomiais inflados em zero com o pacote “glmmTMB” (Brooks *et al.*, 2017), confirmando o atendimento das premissas de ajustes dos resíduos. Executamos dois GLMM - modelos gerais - a partir dos dados do eBird, um para espécies migratórias e outro para residentes, considerando espécie e célula amostral como fatores (interceptos) de efeito aleatório aninhados. Todas as preditoras quantitativas foram escalonadas e centralizadas com a função “scale” (R Core Team, 2022). Os registros foram divididos entre períodos reprodutivo (*i.e.*, primavera e verão austrais; outubro a março) e não-reprodutivo (*i.e.*, outono e inverno; abril a setembro). As preditoras incluídas nos modelos foram as interações entre altitude e período, altitude e pluviosidade e altitude e NDVI. A significância das interações foi avaliada por testes de razão de verossimilhança (LRT), e as validações dos modelos feitas nos pacotes “performance” (Lüdecke *et al.*, 2021) e “DHARMA” (Hartig, 2022). O tamanho amostral reduzido para muitas das espécies impediu o cálculo de modelos gerais para os dados do WikiAves.

Devido à grande variância da espécie como fator de efeito aleatório no modelo para migrantes a partir dos dados do eBird, também propusemos modelos para cada espécie usando os dados de ambas as plataformas. Novamente, o tamanho amostral reduzido impediu o cálculo de modelos a partir de dados do WikiAves para quatro espécies: *F. fusca*, *K. nigerrimus*, *P. plumbea* e *P. flava*, mesmo com remoção de variáveis a fim de simplificar os modelos. Também não foi possível, com dados do WikiAves, a inclusão da relação entre período e NDVI para a maior parte das espécies migratórias, tendo esta preditora sido testada apenas nos modelos para as espécies residentes e, dentre as migratórias, para *A. pretrei*, *M. maculatus* e *P. nudicollis*. Além disso, também não foi possível incluir a interação entre pluviosidade e período para *P. rubinus*.

A estrutura analítica proposta nos permitiu utilizar o comportamento das espécies residentes como parâmetro de comparação para identificar sinais de mudança na ocorrência

espacial das espécies migratórias, bem como a relevância de cada preditora nesse comportamento. Mais especificamente, esperava-se que a ocorrência das espécies residentes apresentasse padrão semelhante ao longo das altitudes nas estações reprodutiva e não-reprodutiva, sem uma mudança do padrão de registros em função das preditoras consideradas (*i.e.*, pluviosidade e NDVI).

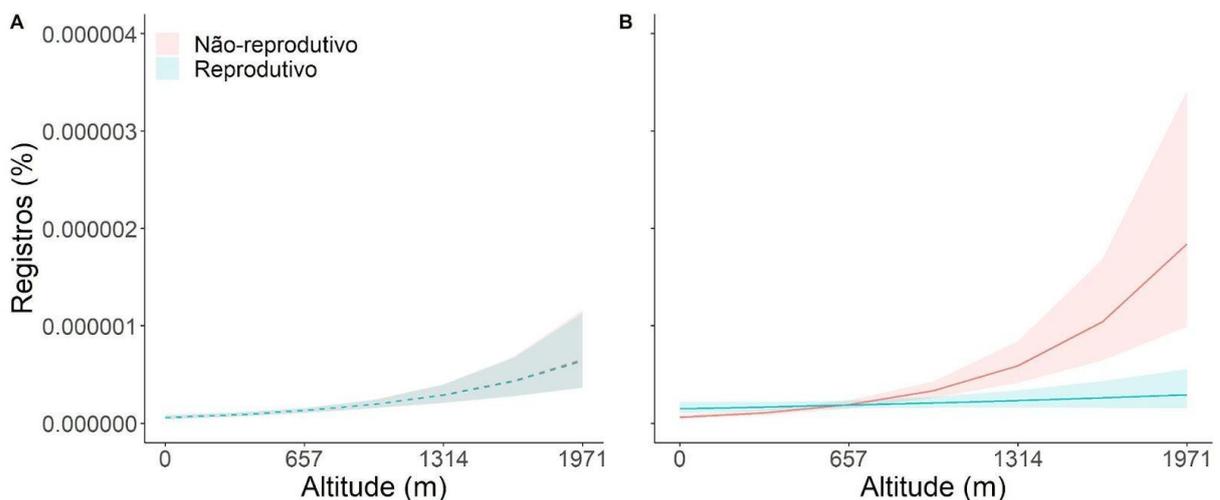
Em relação às espécies migratórias, se os dados permitissem identificar seu comportamento migratório altitudinal, seria esperado que as ocorrências respondessem de modo distinto daquelas das espécies residentes em função da interação entre altitude e período (*i.e.*, estação reprodutiva *versus* não-reprodutiva). Em particular, caso as migrantes apresentassem comportamento de migração altitudinal obrigatória para sítios de reprodução em baixas altitudes (*e.g.*, Anderson e Ohmart, 1978), esperar-se-ia observar os números de registros responderem positivamente em relação à altitude para o período não-reprodutivo e inversamente para o período reprodutivo. Resposta inversa era esperada caso o padrão geral das espécies fosse de migração obrigatória para sítios de reprodução em altas altitudes (*e.g.*, Chaves-Campos, 2004). Todavia, a migração parcial é um comportamento frequente (Boyle, 2017; Jahn *et al.*, 2020), com ao menos um registro já confirmado de migrante altitudinal parcial no Brasil (Guaraldo *et al.*, 2022). Como consequência, neste caso seria esperada uma concentração de registros de ocorrência das espécies migratórias no período não-reprodutivo em baixas ou altas altitudes e certa homogeneidade de registros no período reprodutivo.

As interpretações biológicas dos padrões observados, portanto, foram feitas pelo contraste entre as respostas dos registros de ocorrência das espécies migratórias e as residentes. Em relação às preditoras ambientais para o comportamento migratório altitudinal (*e.g.*, pluviosidade e NDVI), seria esperado encontrar ausência de suas influências sobre a ocorrência das espécies residentes, independente do período do ciclo anual. Já para as espécies migratórias altitudinais, seria esperada uma relação positiva dos registros de ocorrência com a pluviosidade, especialmente no período reprodutivo e considerando que, exceto em casos de pluviosidade extrema (*e.g.*, acima de 8000 mm anuais, Boyle, 2010), há certa relação entre a fenologia dos recursos alimentares da avifauna com a pluviosidade na Mata Atlântica (*e.g.*, flores, frutos e artrópode; Develey e Perez, 2000; Engel e Martins, 2005; Lima e Manhães, 2017). Padrão semelhante seria esperado para a relação da ocorrência das migrantes com o NDVI, de acordo com a hipótese de rastreamento dos recursos pelos migrantes (*e.g.*, Wu *et al.*, 2014; Iverson *et al.*, 2023).

### 3.3 RESULTADOS

Os modelos gerais a partir dos dados do eBird evidenciaram diferenças no padrão temporal de ocorrência entre espécies residentes e migratórias altitudinais, confirmando o potencial dos dados do eBird para inferir o comportamento de migração altitudinal das espécies no Brasil. Conforme esperado, a proporção de registros de ocorrência para as espécies residentes variou ao longo do gradiente altitudinal semelhante e positivamente entre os períodos não-reprodutivo ( $\beta=0,40\pm0,07$ ;  $z=5,7$ ;  $p<0,001$ ) e reprodutivo ( $\beta=0,40\pm0,07$ ;  $z=5,6$ ;  $p<0,001$ ; figura 3A). Em contraste, conforme esperado para um padrão de migração parcial, a proporção de registros de ocorrência das espécies migratórias variou ao longo do gradiente altitudinal de modo distinto com o tempo. A relação foi positiva e significativa no período não-reprodutivo ( $\beta=0,57\pm0,08$ ;  $z=7,5$ ;  $p<0,001$ ), tal como para residentes, mas com maior estabilidade de registros de ocorrência (*i.e.*, variação não significativa) no período reprodutivo ( $\beta=0,11\pm0,08$ ;  $z=1,4$ ;  $p=0,15$ ; figura 3B).

**Figura 3.** Previsões da proporção de registros de ocorrência de espécies residentes (A) e migrantes altitudinais (B) ao longo do gradiente altitudinal a partir de GLMMs para dados inflados em zero. Em (A), as ocorrências das espécies residentes não se mostraram variáveis entre estações, portanto estão sobrepostas no gráfico

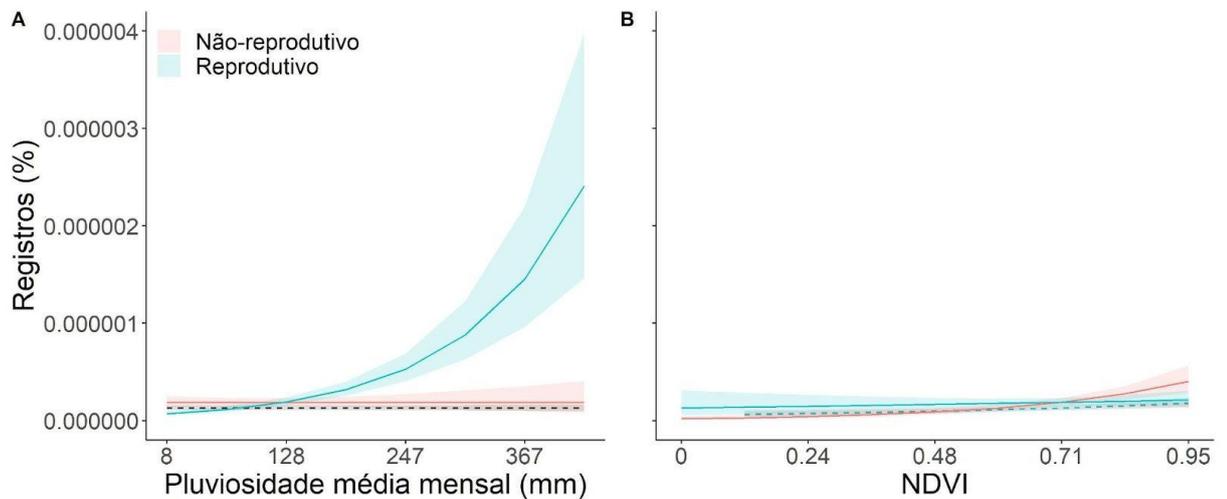


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Seguindo o esperado, as espécies residentes não apresentaram diferença temporal significativa nos seus registros de ocorrência em função da pluviosidade ( $LRT_{\text{período:pluviosidade}}=1,06$ ;  $p=0,60$ ), com os resultados indicando que estas espécies não

responderam às variações de pluviosidade média mensal ( $\beta=-0,002\pm0,02$ ;  $z=-0,10$ ;  $p=0,92$ ; figura 4A). Em contraste, a produtividade primária (*i.e.*, NDVI) influenciou discretamente, mas positivamente a proporção de registros de ocorrência dessas espécies, com efeito semelhante nos períodos não-reprodutivo ( $\beta=0,14\pm0,05$ ;  $z=2,90$ ;  $p=0,004$ ) e reprodutivo ( $\beta=0,16\pm0,05$ ;  $z=3,31$ ;  $p<0,001$ ; figura 4B). Em relação às espécies migratórias altitudinais, a proporção de seus registros de ocorrência não respondeu à variação da pluviosidade durante o período não-reprodutivo ( $\beta=0,00004353\pm0,07194$ ;  $z=0$ ;  $p=1$ ), mas sofreu efeito positivo e significativo no período reprodutivo ( $\beta=0,51\pm0,05$ ;  $z=10,20$ ;  $p<0,001$ ; figura 4A). Com relação à produtividade primária, os registros desse grupo apresentaram aumento discreto e significativo no período não-reprodutivo ( $\beta=0,38\pm0,07$ ;  $z=5,39$ ;  $p<0,001$ ), mas se mantiveram estáveis no período reprodutivo ( $\beta=0,062\pm0,07$ ;  $z=0,84$ ;  $p=0,40$ ; figura 4B).

**Figura 4.** Previsões da proporção de registros de ocorrência de espécies residentes (linhas tracejadas) e migrantes altitudinais (linhas contínuas) em função de variações de pluviosidade média (A) e de NDVI (B) a partir de GLMMs para dados inflados em zero. Para residentes, não houve interação significativa entre pluviosidade e período do ciclo anual das aves, portanto somente o efeito principal de cada preditora é apresentado.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

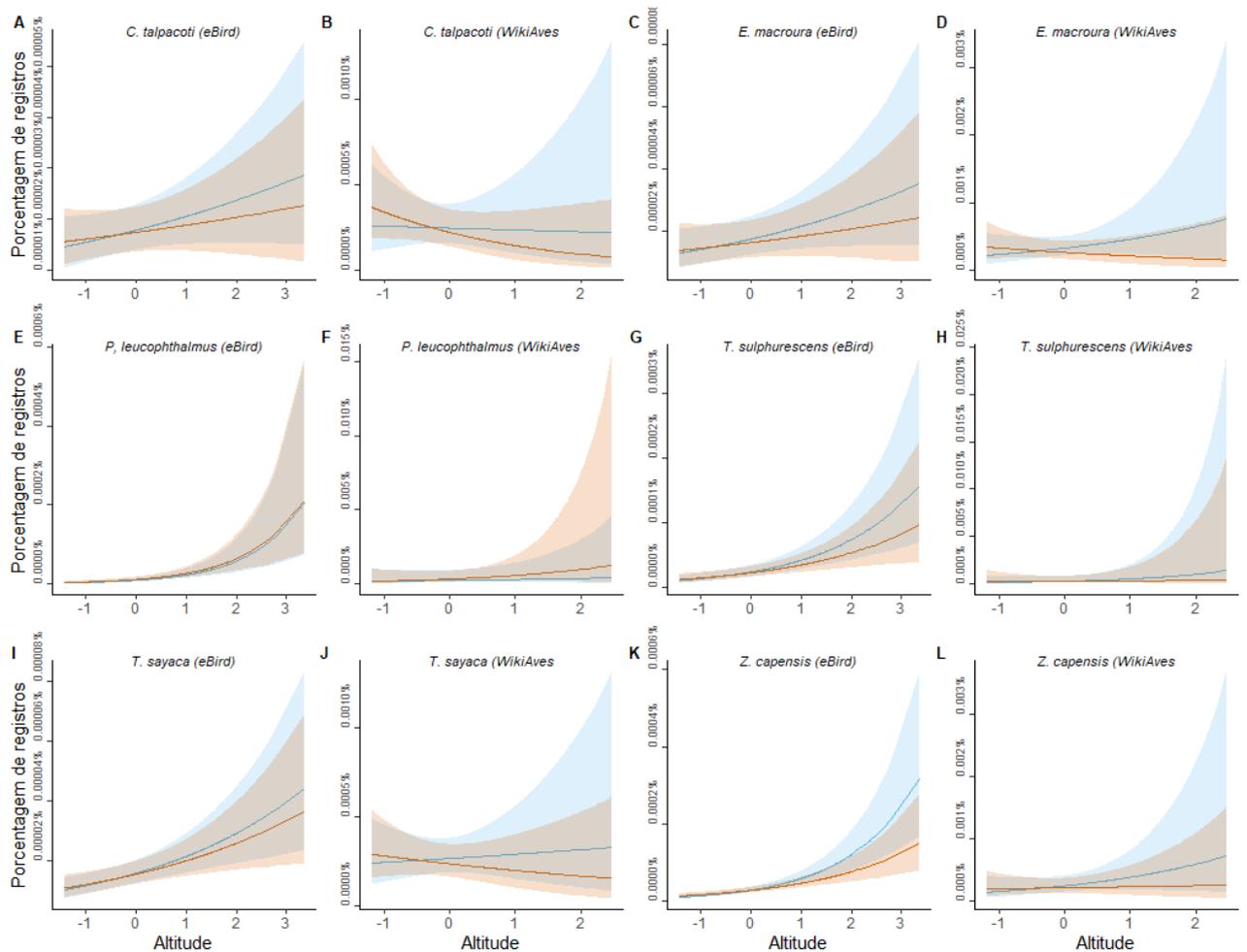
A grande variância da espécie como fator de efeito aleatório associada aos registros de migrantes (variância  $\pm$  DP:  $166,95\pm12,92$ ) indica particularidades nas probabilidades de ocorrência das espécies migratórias em função das preditoras consideradas, ou seja, que diferentes espécies responderam de modos distintos a essas variáveis. Este resultado contrasta

com a baixa variância obtida no modelo associado às espécies residentes ( $0,0056 \pm 0,075$ ), confirmando as expectativas de menor variabilidade comportamental para as espécies residentes.

Nos modelos em nível de espécie, todas as residentes seguiram o esperado na interação entre altitude e período para ambas as plataformas, isto é, não apresentaram variação de proporção de registros de ocorrência ao longo da altitude entre as estações reprodutiva e não-reprodutiva. Por outro lado, apenas três espécies migratórias seguiram o padrão esperado nessa interação, isto é, apresentando mudança na proporção de registros ao longo do gradiente altitudinal entre as estações. Esta resposta foi detectada em duas espécies a partir dos dados do eBird (*A. pretrei* e *A. nigricollis*) e em uma com dados do WikiAves (*P. rubinus*). Os valores estão presentes no Apêndice A.

Para a interação entre período e altitude, em ambas as plataformas, os resultados dos modelos seguiram o esperado para as espécies residentes, não havendo variação na resposta dessas espécies entre os períodos reprodutivo e não-reprodutivo em função da altitude. Ao utilizarmos dados do eBird, duas espécies — *C. talpacoti* e *E. macroura* — apresentaram número estável de registros em função da altitude em ambos os períodos, enquanto as demais quatro — *P. leucophthalmus*, *T. sayaca*, *T. sulphurescens* e *Z. capensis* — apresentaram aumento significativo de registros de ocorrência em ambos os períodos. Os dados do WikiAves revelaram que todas as residentes apresentaram proporções de registros semelhantes ao longo do gradiente altitudinal e entre os dois períodos (Figura 5).

**Figura 5.** Porcentagem de registros das espécies residentes em função da altitude com dados de ambas as plataformas (resultados do eBird seguidos pelos do WikiAves para cada espécie), demonstrando que não houve variação na resposta entre os períodos reprodutivo, em vermelho, e não-reprodutivo, em azul. Os valores de altitude estão centralizados e, assim, 0 representa a média (em metros, A: 439,8; B: 318,1; C: 467,2; D: 328; E: 479,2; F: 455,7; G: 485,2; H: 357,3; I: 439; J: 318,1; K: 439,5; L: 318,1)

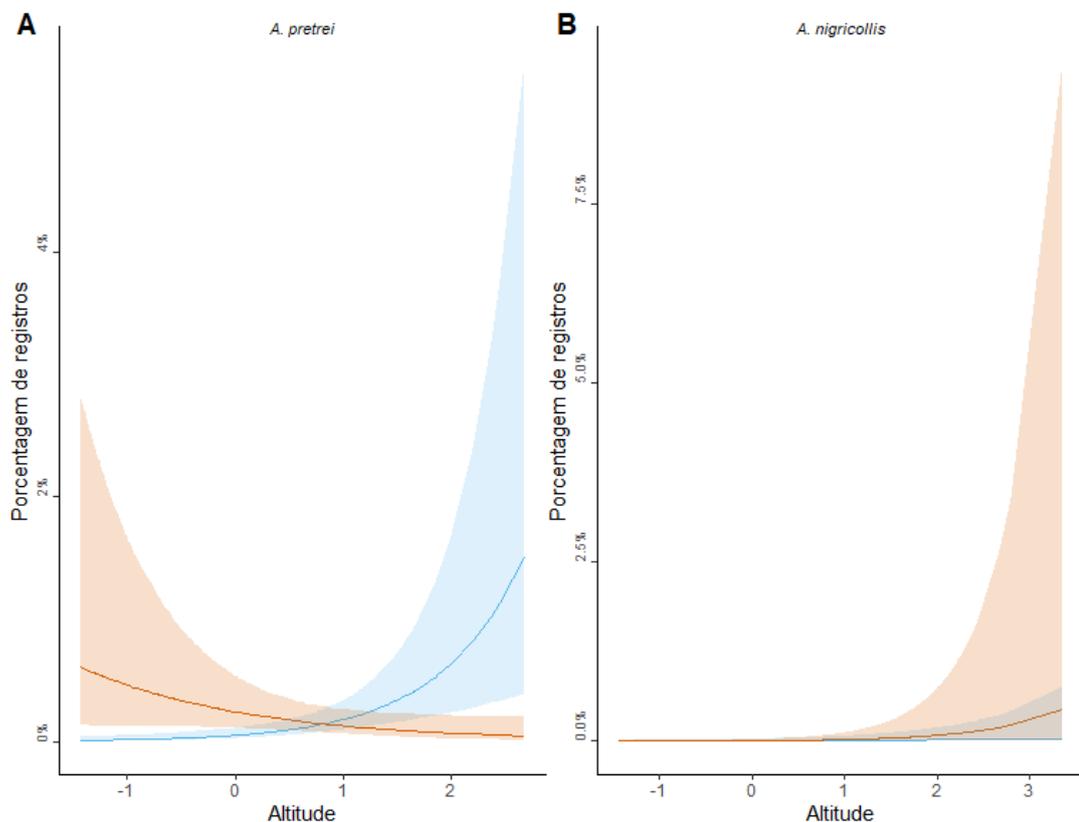


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Ainda relativo à interação entre altitude e período, para as espécies migratórias, os resultados foram menos convergentes entre as plataformas. No caso do eBird, apenas duas espécies apresentaram resultados semelhantes ao esperado. *Amazona pretrei* apresentou aumento significativo de registros em função da altitude no período não-reprodutivo e estabilidade no período reprodutivo, enquanto *A. nigricollis* apresentou aumento significativo no período reprodutivo e estabilidade no não-reprodutivo (Figura 6). Assim, *A. pretrei* esteve mais presente em locais de maior altitude no período não-reprodutivo, distribuindo-se

posteriormente, enquanto *A. nigricollis* esteve mais presente em locais de maior altitude no período reprodutivo.

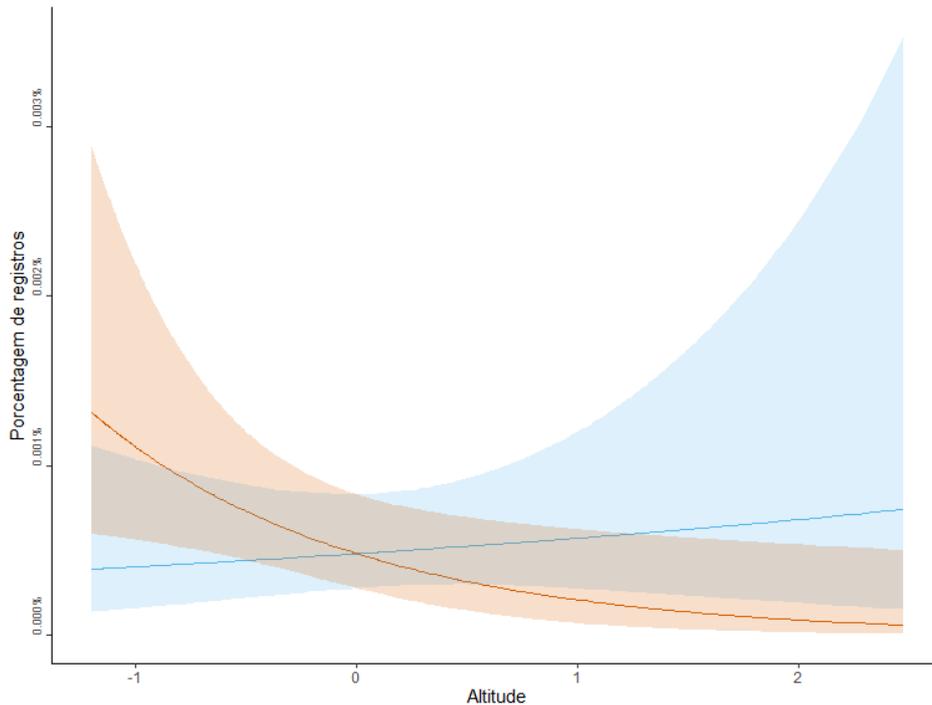
**Figura 6.** Espécies migratórias, (A) *Amazona pretrei* e (B) *Anthracothorax nigricollis*, que apresentaram comportamento de acordo com o esperado nos dados do eBird. Os valores de altitude estão centralizados e, assim, 0 representa a média (A: 476,7m; B: 460,4m). O período reprodutivo está representado em vermelho e o não-reprodutivo, em azul.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

As demais espécies migratórias analisadas a partir dos dados do eBird apresentaram padrões divergentes do esperado: *F. fusca*, *P. flava*, *P. nudicollis*, *P. rubinus*, *S. icterophys* e *T. flavipes* não apresentaram variação significativa de registros ao longo da altitude em nenhum dos períodos; *K. nigerrimus*, *M. maculatus*, *P. plumbea* e *T. viridis* tiveram aumento significativo de registros ao longo da altitude em ambos os períodos. Já para os dados derivados do WikiAves, dentre as oito espécies migratórias analisadas, não houve variação significativa dependente das estações para sete delas, com apenas *P. rubinus* apresentando resultado condizente com as expectativas para um comportamento migratório altitudinal, com diminuição significativa da proporção de registros de ocorrência em função da altitude apenas durante o período reprodutivo (Figura 7).

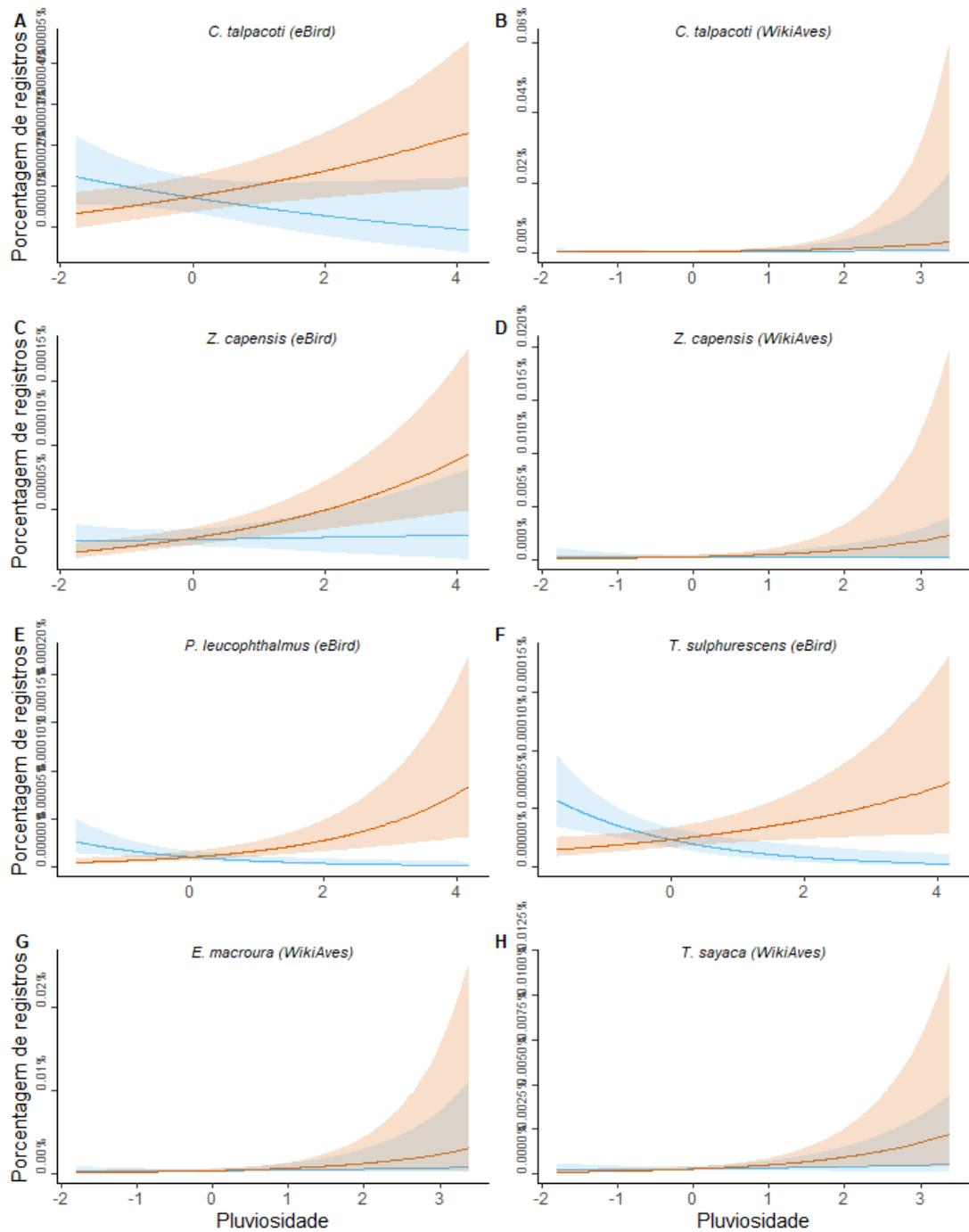
**Figura 7.** Resultados de *Pyrocephalus rubinus* ao utilizarmos dados do WikiAves demonstrando movimento altitudinal, com diminuição significativa de registros de ocorrência em função da altitude durante o período reprodutivo, em vermelho, e aumento não significativo durante o período não-reprodutivo, em azul. Os valores de altitude estão centralizados e, assim, 0 representa a média (423m)



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Em relação à pluviosidade, quatro espécies residentes reagiram à mudança de pluviosidade em cada plataforma, com convergência apenas para duas espécies entre as duas plataformas, *C. talpacoti* e *Z. capensis*, as quais apresentaram aumento significativo de registros em função da pluviosidade no período reprodutivo e homogeneidade no período não-reprodutivo para ambas. Já para *P. leucophthalmus* e *T. sulphurescens*, ao utilizarmos dados do eBird, houve diminuição significativa de registros no período não-reprodutivo e aumento significativo no período reprodutivo, enquanto *E. macroura* e *T. sayaca* mantiveram número estável de registros em ambos os períodos independente das variações de pluviosidade. A partir dos dados do WikiAves, *C. talpacoti*, *E. macroura*, *T. sayaca* e *Z. capensis* tiveram aumento significativo de registros apenas no período reprodutivo, enquanto *P. leucophthalmus* e *T. sulphurescens* não apresentaram mudança significativa da proporção de registros de ocorrência em função dessa preditora entre os períodos (Figura 8).

**Figura 8.** Espécies residentes que responderam às alterações de pluviosidade. Os valores de pluviosidade estão centralizados e, assim, 0 representa a média (em mm/mês, A: 107,3; B: 103,3; C: 107,4; D: 103,3; E: 128,8; F: 109,3; G: 95,7; H: 103,3). O período reprodutivo está representado em vermelho e o não-reprodutivo, em azul.

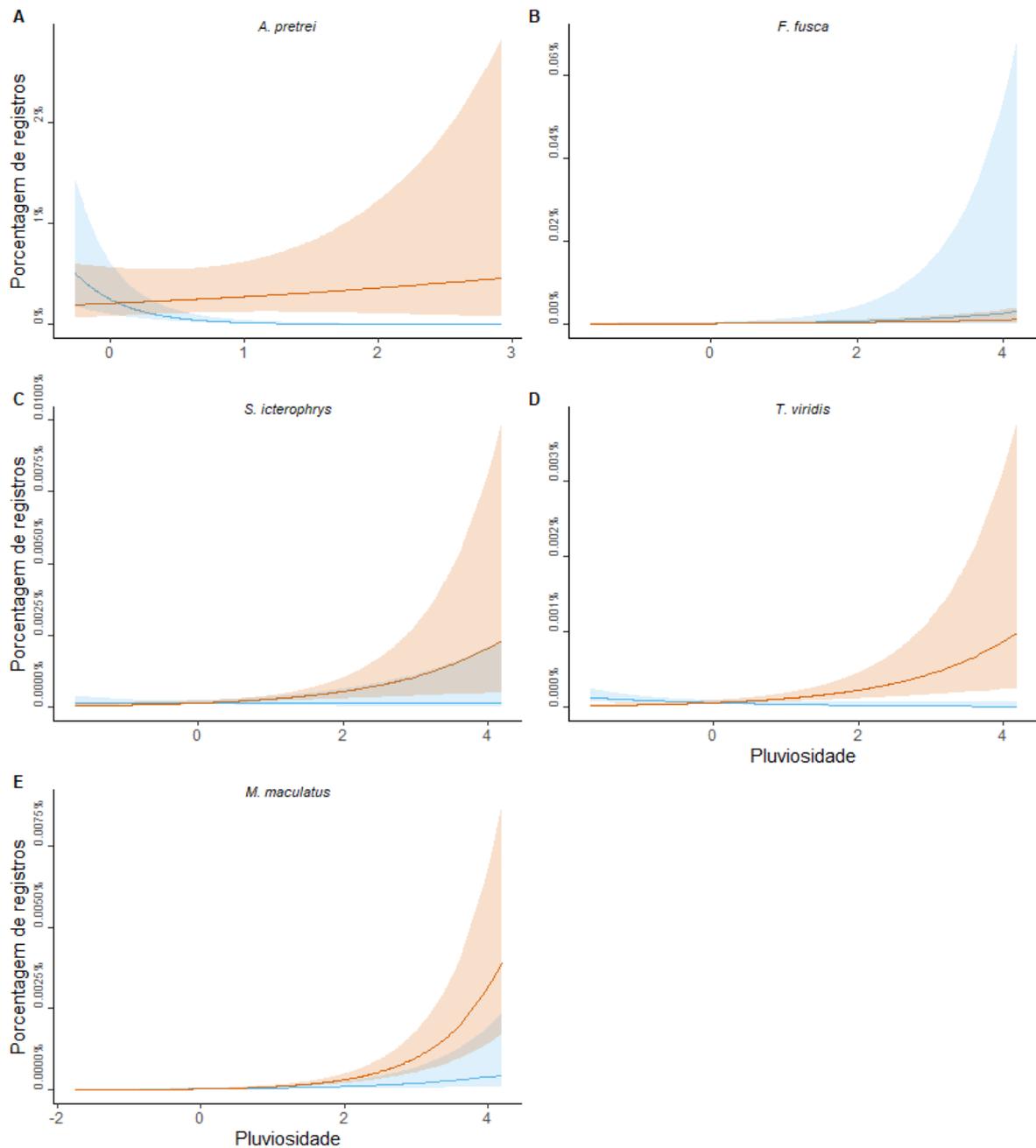


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Para as espécies migratórias, cinco (*A. pretrei*, *F. fusca*, *M. maculatus*, *S. icterophrys* e *T. viridis*) apresentaram variações de ocorrência em função das mudanças de pluviosidade nos dados do eBird e apenas uma, *M. maculatus*, nos dados do WikiAves. Dentre as sete espécies em que foi possível estimar modelos confiáveis com tal interação para ambas as plataformas, os resultados foram convergentes apenas para três: *A. nigricollis*, *P. nudicollis* e *T. flavipes*.

Mais especificamente, ao utilizarmos dados do eBird, *A. nigricollis*, *K. nigerrimus*, *P. plumbea*, *P. flava*, *P. nudicollis*, *P. rubinus* e *T. flavipes* apresentaram homogeneidade de ocorrência em ambos os períodos, independente da variação altitudinal da pluviosidade. Dentre as espécies que apresentaram variação de ocorrência em função das mudanças de pluviosidade, *A. pretrei* apresentou diminuição significativa de registros no período não-reprodutivo e estabilidade de registros no período reprodutivo; *F. fusca* e *S. icterophrys* apresentaram aumento significativo de registros de ocorrência apenas no período reprodutivo; *T. viridis* apresentou diminuição significativa de ocorrências no período não-reprodutivo e aumento significativo no reprodutivo. Já *M. maculatus* foi a única entre as cinco que teve aumento significativo de registros de ocorrência em ambos os períodos em função da pluviosidade (Figura 9).

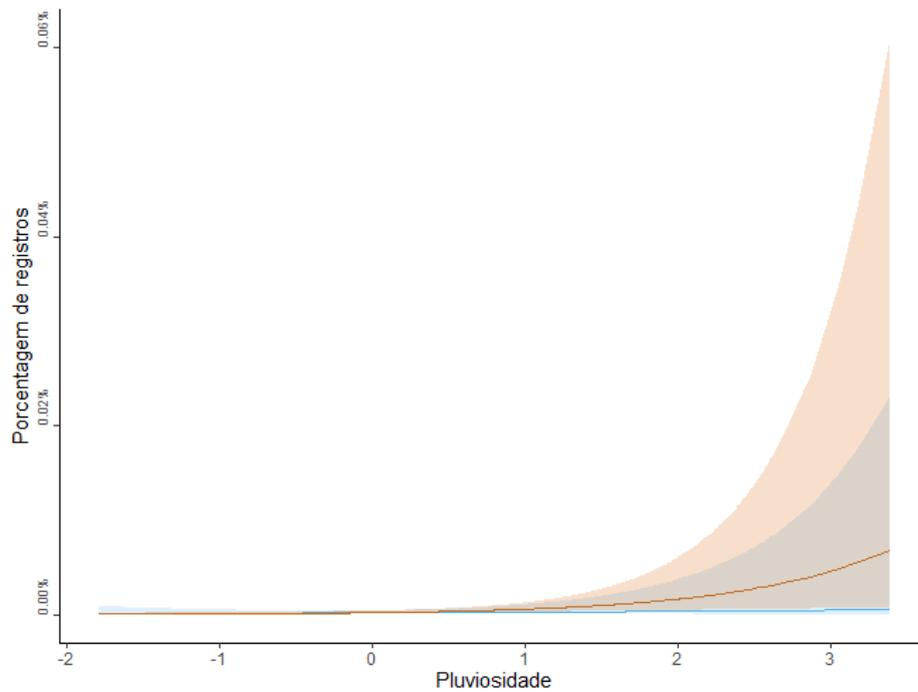
**Figura 9.** Espécies que responderam a mudanças de pluviosidade nos dados do eBird. Os valores de pluviosidade estão centralizados e, assim, 0 representa a média (em mm/mês, A: 151,5; B: 120,6; C: 119,4; D: 108,6; E: 107,4). O período reprodutivo está representado em vermelho e o não-reprodutivo, em azul.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Já a partir dos dados do WikiAves, apenas *M. maculatus* apresentou alguma significância em relação às preditoras consideradas, especificamente um aumento significativo dos registros em função da pluviosidade no período reprodutivo (Figura 10).

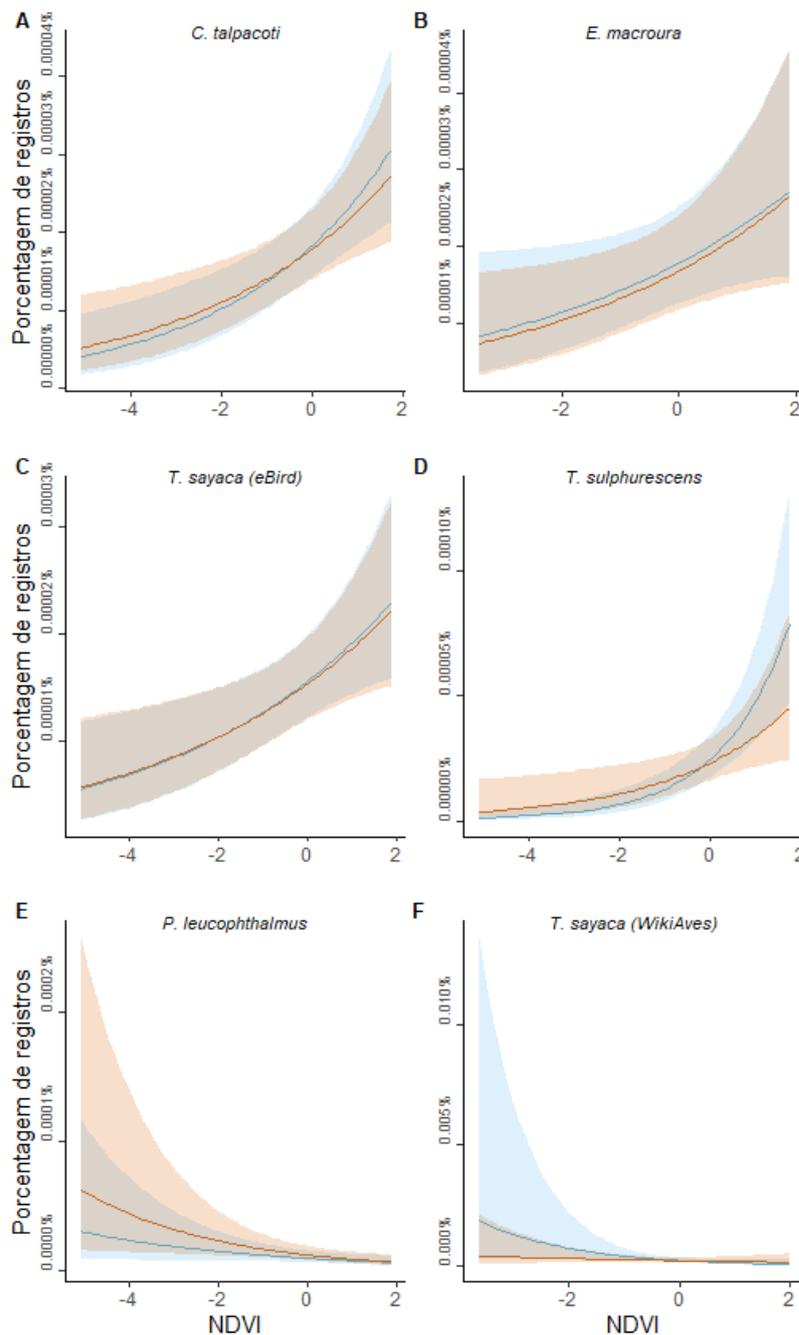
**Figura 10.** Resultados de registros de ocorrência de *Myiodynastes maculatus* mediante a alteração na pluviosidade a partir dos dados do WikiAves, com aumento dos registros em função da pluviosidade no período reprodutivo, em vermelho, e homogeneidade no período reprodutivo, em azul. Os valores de pluviosidade estão centralizados e, assim, 0 representa a média (103,3 mm/mês)



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Quanto ao NDVI, cinco espécies residentes reagiram de modo significativo à variável ao utilizarmos os dados do eBird e uma, *T. sayaca*, nos dados do WikiAves. No eBird, *C. talpacoti*, *E. macroura*, *T. sayaca* e *T. sulphurescens* apresentaram aumento significativo de registros em função do NDVI em ambos os períodos, enquanto *P. leucophthalmus* apresentou diminuição significativa no período reprodutivo e homogeneidade no não-reprodutivo. *Z. capensis*, por outro lado, apresentou homogeneidade de registros em ambos os períodos. Nos dados do WikiAves, *T. sayaca* apresentou diminuição de registros no período não-reprodutivo (Figura 11).

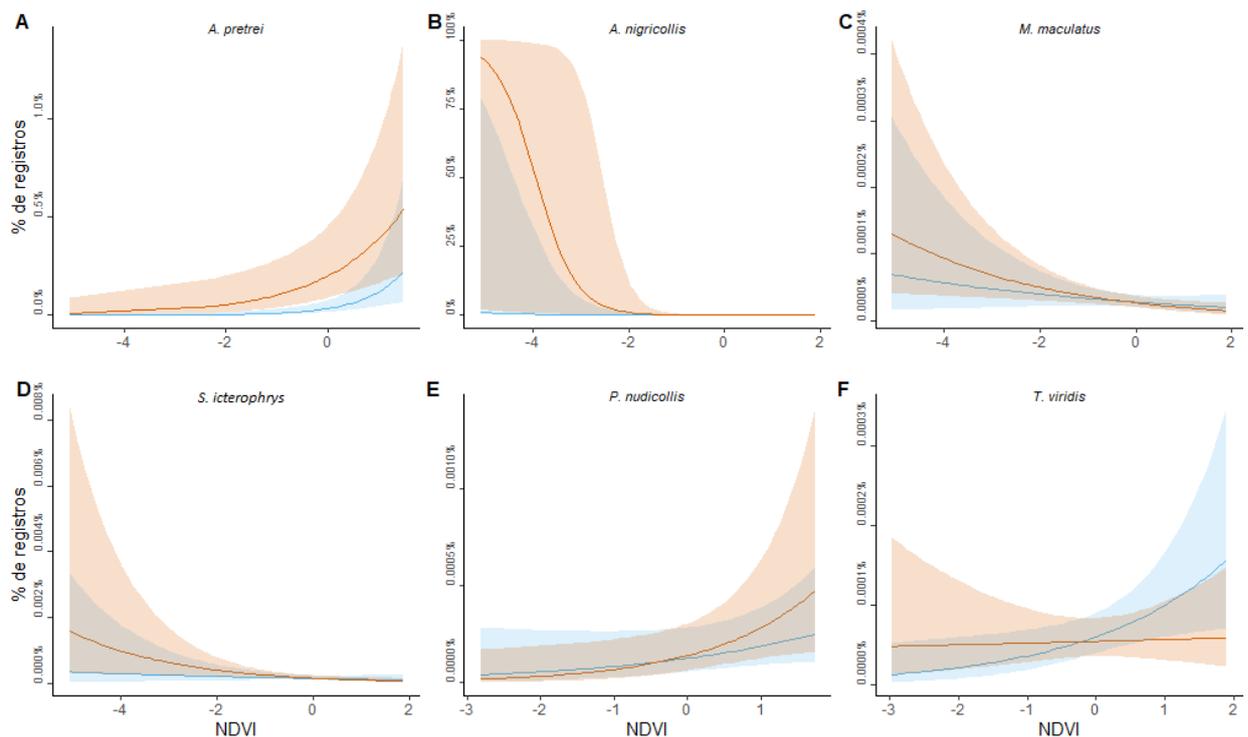
**Figura 11.** Espécies residentes que responderam às mudanças de NDVI, com aumento de registros de *Columbina talpacoti* (A), *Eupetomena macroura* (B), *Thraupis sayaca* com dados do eBird (C) e *Tolmomyias sulphurescens* (D) em ambos os períodos; diminuição de *Psittacara leucophthalmus* (E) no período reprodutivo, em vermelho; com dados do WikiAves, houve diminuição de *Thraupis sayaca* (F) no período não-reprodutivo, em azul. Os valores de NDVI estão centralizados e, assim, 0 representa a média (A. 0,63; B. 0,63; C. 0,63; D. 0,64; E. 0,67; F. 0,59)



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Já para as espécies migratórias, seis responderam às mudanças no NDVI a partir dos dados do eBird. No WikiAves, nenhuma das três espécies em que foi possível a inclusão da interação entre período e NDVI nos modelos respondeu à variável ambiental. No eBird, *F. fusca*, *K. nigerrimus*, *P. plumbea*, *P. flava*, *P. rubinus* e *T. flavipes* não apresentaram significância em nenhum dos períodos. *Amazona pretrei* teve aumento significativo de registros em função do NDVI em ambos os períodos, enquanto *A. nigricollis*, *M. maculatus* e *S. icterophrys* apresentaram diminuição significativa no período reprodutivo. *Tersina viridis* apresentou aumento significativo no período não-reprodutivo e *P. nudicollis*, no reprodutivo (Figura 12).

**Figura 12.** Espécies que responderam às mudanças de NDVI nos dados do eBird, O período reprodutivo está representado em vermelho e o não reprodutivo, em azul. Os valores de NDVI estão centralizados e, assim, 0 representa a média (A. 0,69; B. 0,66; C. 0,63; D. 0,66; E.0,67; F. 0,65)



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

### 3.4 DISCUSSÃO

Em linhas gerais, nossa estratégia analítica permitiu distinguir o comportamento de migração altitudinal e de residência das espécies-modelo utilizando os dados do eBird. As espécies residentes apresentaram padrões semelhantes de aumento de registros de ocorrência ao longo da altitude entre os períodos reprodutivo e não-reprodutivo. Identificar os processos que embasam esse padrão para as espécies residentes, no entanto, está além dos objetivos deste estudo, mas propomos algumas hipóteses não-excludentes para guiar estudos futuros: (i) há variações naturais de densidade das populações das espécies residentes ao longo do gradiente altitudinal (*e.g.*, mediadas por variações de estrutura de hábitat), (ii) há variação de detectabilidade mesmo para estas espécies conspícuas no gradiente considerado e (iii) há vieses altitudinais de esforço amostral dos observadores.

Apesar do resultado inesperado, uma vez que espécies residentes não realizam deslocamentos altitudinais sazonais, utilizar os dados de ocorrência de residentes como referência permanece sendo uma base segura para as interpretações comparativas de determinação do comportamento das espécies migratórias altitudinais. Nesse sentido, nossos modelos evidenciam que o padrão sazonal de ocorrência das espécies migrantes se distinguiu das residentes, conforme esperado em caso de validação dos dados da plataforma eBird para estudo de migração altitudinal no Brasil. Mais especificamente, a proporção de registros de espécies migratórias altitudinais aumentou conforme a altitude durante o período não-reprodutivo, mas permaneceu estável no período reprodutivo (figura 2B). Esta divergência em relação ao padrão observado para os dados de ocorrência das espécies residentes no período não-reprodutivo (figura 2A) evidencia que o comportamento de migração altitudinal das espécies pôde ser inferido a partir dos dados do eBird, incluindo suas respostas em função de variáveis ambientais como pluviosidade e produtividade primária.

Para a pluviosidade, conforme esperado, as variações inter e intrasazonais não alteraram o padrão de ocorrência das espécies residentes no modelo geral. Afinal, a residência de espécies em determinada localidade implica em adaptações evolutivas às condições ambientais bióticas e abióticas ali encontradas (Chapman *et al.*, 2011; Guaraldo *et al.*, 2016). Por outro lado, o comportamento dos migrantes se distinguiu daquele de residentes no período reprodutivo, exibindo presença acentuada em locais onde houve maior pluviosidade. Fatores climáticos, como a chuva, podem impactar indiretamente a migração ao afetar a oferta de alimentos como flores, frutos e invertebrados (*e.g.*, Frith e Frith, 1985; Van Schaik *et al.*, 1993; Morellato *et al.*, 2000; Neves *et al.*, 2010). Como a reprodução é uma etapa da história de vida dos organismos

geralmente vinculada a uma maior demanda energética (e.g., gasto energético com estabelecimento de território, construção do ninho, atração e defesa de par sexual, postura e incubação de ovos, cuidado parental; Monaghan e Nager, 1997; Mainwaring e Hartley, 2013), é possível que esses migrantes altitudinais se desloquem para locais de maior pluviosidade por serem, indiretamente, locais com maior oferta de alimentos. Num contexto aparentemente contraditório, no entanto, extremos de pluviosidade podem desencadear a migração altitudinal. Por exemplo, tempestades em locais de maior altitude já foram apontadas como gatilho para migração altitudinal de *Corapipo altera*, na Costa Rica, em direção a locais de baixa altitude, onde as condições climáticas eram mais favoráveis, i.e., com menores níveis de pluviosidade (Boyle *et al.*, 2010). Esse cenário, no entanto, não é observado no conjunto de espécies que analisamos, possivelmente pela ausência de tempestades fortes e/ou longas o suficiente para alterar a movimentação dos migrantes. Enquanto no trabalho de Boyle *et al.* (2010) o valor anual de pluviosidade era de  $8267 \pm 227$  mm, a Amazônia brasileira, região em que há os maiores índices pluviométricos do país, recebe apenas cerca de 3.000 mm anuais (Quadro *et al.*, 1996).

O NDVI influenciou significativa e positivamente a proporção de registros de ocorrência de residentes em ambos os períodos, sugerindo maior concentração dos indivíduos destas espécies em sítios com maiores ofertas de alimentos. Os migrantes, por sua vez, apresentaram aumento significativo de ocorrência em relação ao NDVI apenas no período não-reprodutivo. Como o NDVI é um indicador indireto da oferta de alimentos em uma dada localidade, esperava-se que, especialmente no período reprodutivo, por envolver maiores demandas energéticas, os migrantes altitudinais se concentrassem em áreas com maiores valores desse índice (Loiselle e Blake, 1991; Wu *et al.*, 2014). Essa divergência do esperado é potencialmente explicada pela hipótese da dominância intraespecífica, reconhecidamente uma das hipóteses subjacentes sobre os fatores intrínsecos que motivam a migração altitudinal parcial. De acordo com tal hipótese, a qualidade do hábitat (i.e., disponibilidade de recursos, risco de predação e disponibilidade de locais para nidificação), varia ao longo do gradiente altitudinal. Assim, indivíduos dominantes (i.e., competidores mais eficientes) dominam os habitats de melhor qualidade no gradiente altitudinal, fazendo com que os competidores inferiores tenham de migrar para habitats de qualidade inferior (Ketterson e Nolan, 1979; Hsiung *et al.*, 2018). Um exemplo de espécie em que isso ocorre é o *Cinclus mexicanus*. Nessa espécie, os indivíduos passam o período não-reprodutivo em locais de baixa altitude, mas, ainda que se movimentem durante o período reprodutivo para maiores altitudes, os migrantes apresentam sucesso reprodutivo inferior ao dos indivíduos residentes da população, indicando que esses últimos detêm os habitats de melhor qualidade nas regiões de menores altitudes no período reprodutivo

(e.g., Mackas *et al.*, 2010; Green *et al.*, 2015). Isso explicaria, por exemplo, nossos resultados indicarem a ocorrência de migrantes em locais de baixa produção primária mesmo durante o período reprodutivo. No entanto, como diferentes espécies podem demandar diferentes atributos de qualidade do hábitat, incluindo outros parâmetros além da oferta de alimentos, inferida indiretamente pelo NDVI, somente análises aprofundadas e espécie-específicas podem avaliar as causas dessa movimentação (e.g., avaliação do sucesso reprodutivo entre diferentes cotas de altitude e da sobrevivência dos indivíduos migrantes *versus* residentes, além de detalhes sazonais da dieta da espécie).

A grande variância observada nos resultados para migrantes sugeriu uma ampla diversidade de comportamentos migratórios entre as espécies, expectativa confirmada nos 32 modelos individuais calculados, 18 feitos com dados do eBird e 14 do WikiAves (*cf.* Metodologia). Em nossos modelos específicos, no entanto, apesar do comportamento de registros de ocorrência de residentes ser semelhante ao do modelo geral (*i.e.*, padrões semelhantes de ocorrência das espécies em função da altitude entre os períodos), as respostas das espécies migratórias desviaram, de forma geral, do que era esperado para o movimento migratório altitudinal, seja parcial ou total. Apenas três dos vinte modelos feitos para estas espécies indicaram mudança na proporção de registros ao longo do gradiente altitudinal entre as estações. *Amazona pretrei* esteve mais presente em áreas de maior altitude no período não-reprodutivo, distribuindo-se uniformemente ao longo do gradiente altitudinal no período reprodutivo, enquanto *A. nigricollis* esteve mais presente em regiões de maior altitude no período reprodutivo, distribuindo-se de forma uniforme no período não-reprodutivo. Já *P. rubinus* teve ocorrência registrada em regiões de menor altitude no período reprodutivo, com uniformidade no período não-reprodutivo. Assim, mesmo os modelos que indicam movimento migratório altitudinal das espécies apresentaram respostas diferenciadas, com a indicação de movimentação de *P. rubinus* para áreas de baixa altitude durante o período reprodutivo, enquanto *A. nigricollis* se movimenta para áreas de maior altitude no período reprodutivo, e *A. pretrei*, no período não-reprodutivo.

O resultado encontrado para *A. pretrei* está de acordo com o movimento migratório descrito por Martinez e Prestes (2002), em que, após abandonarem os sítios reprodutivos, os indivíduos migravam de pontos diversos do Rio Grande do Sul para o nordeste do estado e sudeste de Santa Catarina, onde as altitudes são maiores. Nossos resultados para *A. nigricollis*, por outro lado, contrastam com a literatura. Enquanto em nosso modelo a espécie está presente em áreas de maior altitude durante o período reprodutivo, Schuchmann (1999, *apud* Somenzari *et al.*, 2018) aponta que a migração é para áreas de alta altitude em agosto e setembro e, segundo

Somenzari *et al.* (2018), a partir de dados do Sistema Nacional de Anilhas e WikiAves, e confirmado por dados de museus, os registros de atividade reprodutiva nas regiões Sul e Sudeste são restritos a regiões de baixa altitude (<600 m). Esse contraste pode ser devido à ampla distribuição geográfica de *A. nigricollis*, que permitiria a detecção de comportamento não descrito ainda na literatura e/ou de efeitos de confusão devido a variações regionais do comportamento migratório da espécie. Infelizmente, *P. rubinus* não possui movimento altitudinal bem documentado para maiores comparações com os resultados que obtivemos (*cf.* Ellison *et al.*, 2021; Fitzpatrick, 2004).

As diferenças nas respostas encontradas entre nossos modelos e os dados da literatura são plausíveis e esperadas para o movimento migratório altitudinal, visto que esse comportamento é regido por variáveis diversas que podem interagir entre si e variar no tempo, no espaço e entre populações de uma mesma espécie (*cf.* Boyle, 2017; Hsiung *et al.*, 2018). A falta de convergência entre as plataformas, no entanto, pode decorrer tanto do recorte feito para os dados do WikiAves quanto pela natureza distinta das plataformas, sendo o maior contraponto entre as duas a presença ou ausência de geolocalização dos registros. Enquanto o eBird fornece as coordenadas aproximadas do local em que o registro foi feito pelo observador, o WikiAves exhibe apenas o município em que a ave foi registrada. Dessa forma, o georreferenciamento dos registros do WikiAves para as nossas análises seguiu o protocolo de Schubert *et al.* (2019), em que as coordenadas da sede do município foram atribuídas aos dados. Por conseguinte, municípios com variações altas das variáveis ambientais, especialmente em relação à altitude, poderiam causar um marcado viés analítico. Apesar de termos buscado controlar esses problemas ao selecionar municípios com amplitude de altitude de até 300m, nosso conjunto de dados do WikiAves foi reduzido drasticamente, impossibilitando a execução de quatro modelos para espécies migratórias, além da inclusão das interações para diversos outros.

Essa pluralidade de respostas foi observada também nos resultados para pluviosidade e NDVI, convergindo com a diversidade apontada no modelo geral para as espécies migratórias nos dados do eBird. Além da complexidade do movimento migratório altitudinal mencionada anteriormente, é possível que haja variações entre as populações das espécies, o que resulta em fontes adicionais e não controláveis de ruídos nos modelos.

Ainda assim, os resultados obtidos nos modelos gerais, a partir dos dados do eBird, se mostraram confiáveis frente às predições estabelecidas, demonstrando que, em determinadas circunstâncias, é possível utilizar esses dados de ciência cidadã no estudo da migração altitudinal de aves na Mata Atlântica brasileira. Os dados do WikiAves, no entanto, apesar de também detectarem o movimento altitudinal, mostraram-se menos viáveis devido à natureza

pouco amigável da plataforma para pesquisa, falta de georreferenciamento dos registros e consequentes recortes necessários para as análises. Ademais, ao utilizar dados de ciência cidadã, análises mais refinadas em nível de espécie podem ser afetadas por ruídos como as variações interpopulacionais e com os tamanhos amostrais reduzidos, o que tornaria esses dados mais viáveis de serem analisados no contexto de migração altitudinal quando em conjunto ou após estudos mais refinados da ecologia da movimentação das espécies (*i.e.*, rastreamento de indivíduos) em diferentes populações e localidades.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nossos modelos gerais, feitos utilizando dados oriundos do eBird, comprovaram nossas predições, demonstrando diferenças no padrão temporal de ocorrência entre espécies residentes e migratórias altitudinais. Não apenas isso, como, dentre os modelos feitos em nível de espécie, três delas demonstraram padrões de ocorrência condizentes com a migração altitudinal. Assim, apesar de muitos casos não terem corroborado nossas expectativas, concluímos que os dados de ciência cidadã podem ser utilizados com cautela para estudar a migração altitudinal de aves no Brasil, demandando que futuros trabalhos refinem os dados de história natural das espécies para que os dados de ciência cidadã sejam ainda mais eficazes.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M. A. S. Sistemas de migrações de aves em ambientes terrestres no Brasil: exemplos, lacunas e propostas para o avanço do conhecimento. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, n. 2, p. 231-238, 2007.
- ANDERSON, B. W.; OHMART, R. D. Phainopepla Utilization of Honey Mesquite Forests in the Colorado River Valley. **The Condor**, v. 80, n. 3, p. 334–338, out. 1978.
- BARÇANTE, L.; VALE, M.; ALVES, M. A. Altitudinal migration by birds: a review of the literature and a comprehensive list of species. **Journal of Field Ornithology**, v. 88, n. 4, p. 321–335, dez. 2017.
- BIRDLIFE. BirdLife International and Handbook of the Birds of the World. **Bird species distribution maps of the world**. Version 2022.2, 2022 Disponível em: <http://datazone.birdlife.org/species/requestdis>
- BOROWIK, T. *et al.* Normalized difference vegetation index (NDVI) as a predictor of forage availability for ungulates in forest and field habitats. **European Journal of Wildlife Research**, v. 59, n. 5, p. 675–682, out. 2013.
- BOYLE, W. A.; NORRIS, D. R.; GUGLIELMO, C. G. Storms drive altitudinal migration in a tropical bird. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 277, n. 1693, p. 2511–2519, 22 ago. 2010.
- BOYLE, W. A. Altitudinal bird migration in North America. **The Auk**, v. 134, n. 2, p. 443–465, abr. 2017.
- BRAVO, S. P.; CUETO, V. R.; GOROSITO, C. A. Migratory timing, rate, routes and wintering areas of White-crested Elaenia (*Elaenia albiceps chilensis*), a key seed disperser for Patagonian forest regeneration. **PLOS ONE**, v. 12, n. 2, p. e0170188, 9 fev. 2017.
- BROOKS, M. *et al.* glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. **The R Journal**, v. 9, n. 2, 378-400, 2017. doi: <https://doi.org/10.32614/RJ-2017-066>
- CHAPMAN, B. B. *et al.* The ecology and evolution of partial migration. **Oikos**, v. 120, n. 12, p. 1764–1775, dez. 2011.
- CHAVES-CAMPOS, J. Elevational movements of large frugivorous birds and temporal variation in abundance of fruits along an elevational gradient. **Ornitologia Neotropical**, v. 15, n. 4, p. 433-445, 2004.
- COOPER, C. B.; SHIRK, J.; ZUCKERBERG, B. The Invisible Prevalence of Citizen Science in Global Research: Migratory Birds and Climate Change. **PLoS ONE**, v. 9, n. 9, p. e106508, 3 set. 2014.
- DEVELEY, P. F.; PERES, C. A. Resource seasonality and the structure of mixed species bird flocks in a coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 16, n. 1, p. 33–53, jan. 2000.

DIDAN, K.; HUETE, A. MOD13C2 MODIS/Terra Vegetation Indices Monthly L3 Global 0.05Deg CMG. NASA LP DAAC, 2015. Available at <https://adsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/missions-and-measurements/products/MOD13C2#overview>

EBIRD. **eBird Basic Dataset. Version:** EBD\_relMarch-2022. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, 2022.

EDEVANG, C. *et al.* Tracking of Arctic terns *Sterna paradisaea* reveals longest animal migration. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 5, p. 2078–2081, 2 fev. 2010.

ELLISON, K.; WOLF, B. O.; JONES, S. L. Vermilion Flycatcher (*Pyrocephalus rubinus*). *Em: BILLERMAN, S. M. et al. (Eds.). . Birds of the World.* [s.l.] Cornell Lab of Ornithology, 2021.

ENGEL, V. L.; MARTINS, F. R. Reproductive phenology of Atlantic forest tree species in Brazil: an eleven year study. **Tropical ecology**, v. 46, n. 1, 1-16, 2005.

FERNÁNDEZ-TIZÓN, M.; EMMENEGGER, T.; PERNER, J.; HAHN, S. Arthropod biomass increase in spring correlates with NDVI in grassland habitat. **The Science of Nature**, v. 107, n. 5, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00114-020-01698-7>

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302–4315, 2017.

FITZPATRICK, J. W. Family Tyrannidae (Tyrant-Flycatchers). In: DEL HOYO, J.; ELLIOT, A.; CHRISTIE, D. (eds). **Handbook of the birds of the world. Vol. 9. Cotingas to Pipits and Wagtails.** Lynx Editions, Barcelona, p. 170-462, 2004

FRITH, C. B.; FRITH, D. W. Seasonality of insect abundance in an Australian upland tropical rainforest. **Austral Ecology**, v. 10, n. 3, p. 237–248, set. 1985.

GREEN, D. J. *et al.* Do American Dippers Obtain a Survival Benefit from Altitudinal Migration? **PLOS ONE**, v. 10, n. 4, p. e0125734, 23 abr. 2015.

GUARALDO, A. C.; KELLY, J. F.; MARINI, M. Â. Contrasting annual cycles of an intratropical migrant and a tropical resident bird. **Journal of Ornithology**, v. 157, n. 3, p. 695–705, jul. 2016.

GUARALDO, A. DE C.; BCZUSKA, J. C.; MANICA, L. T. *Turdus flavipes* altitudinal migration in the Atlantic Forest The Yellow-legged Thrush is a partial altitudinal migrant in the Atlantic Forest. **Avian Biology Research**, p. 175815592210972, 3 maio 2022.

HADLEY, A. S.; BETTS, M. G. Tropical deforestation alters hummingbird movement patterns. **Biology Letters**, v. 5, n. 2, p. 207–210, 23 abr. 2009.

HARTIG, F. DHARMA: **Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level/Mixed) Regression Models.** R package version 0.4.6, 2022. <<https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>>.

HSIUNG, A. C. *et al.* Altitudinal migration: ecological drivers, knowledge gaps, and conservation implications: Animal altitudinal migration review. **Biological Reviews**, v. 93, n. 4, p. 2049–2070, nov. 2018.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

INOUYE, D. W. *et al.* Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, n. 4, p. 1630–1633, 15 fev. 2000.

IVERSON, A. R. *et al.* Land cover and NDVI are important predictors in habitat selection along migration for the Golden-crowned Sparrow, a temperate-zone migrating songbird. **Movement Ecology**, v. 11, n. 1, p. 2, 13 jan. 2023.

JAHN, A. E. *et al.* Bird migration within the Neotropics. **The Auk**, v. 137, n. 4, p. ukaa033, 24 dez. 2020.

KARGER, D. N. *et al.* Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. **Scientific Data**, v. 4, n. 1, p. 170122, 5 set. 2017.

\_\_\_\_\_. **Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas CHELSA V2.1 (current)** EnviDat, , 2021. Disponível em: <<https://www.envodat.ch/#/metadata/chelsa-climatologies>>. Acesso em: 24 set. 2023

KETTERSON, E. D; NOLAN, V. Seasonal, annual, and geographic variation in sex ratio of wintering populations of dark-eyed juncos (*Junco hyemalis*). **The Auk**, v. 96, 532–536, 1979.

LEVEAU, L. M.; ISLA, F. I.; BELLOCQ, M. I. Predicting the seasonal dynamics of bird communities along an urban-rural gradient using NDVI. **Landscape and Urban Planning**, v. 177, p. 103–113, set. 2018.

LIMA, A. L. C.; MANHÃES, M. A. Seasonal variation of understory insectivorous birds and arthropods in an area of secondary Atlantic Forest, southeast Brazil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 25, n. 1, p. 47–53, mar. 2017.

LOISELLE, B. A.; BLAKE, J. G. Temporal Variation in Birds and Fruits Along an Elevational Gradient in Costa Rica. **Ecology**, v. 72, n. 1, p. 180–193, fev. 1991.

LOUCKS, C. J. *et al.* The Giant Pandas of the Qinling Mountains, China: a Case Study in Designing Conservation Landscapes for Elevational Migrants. **Conservation Biology**, v. 17, n. 2, p. 558–565, abr. 2003.

LÜDECKE, D. *et al.* performance: An R Package for Assessment, Comparison and Testing of Statistical Models. **Journal of Open Source Software**, v. 6, n. 60, p. 3139, 21 abr. 2021.

MACKAS, R. H. *et al.* Altitudinal migration in American Dippers (*Cinclus mexicanus*): Do migrants produce higher quality offspring? **Canadian Journal of Zoology**, v. 88, n. 4, p. 369–377, abr. 2010.

MAINWARING, M. C.; HARTLEY, I. R. The Energetic Costs of Nest Building in Birds. **Avian Biology Research**, v. 6, n. 1, p. 12–17, mar. 2013.

- MARTINEZ, J.; PRESTES, N. P. Ecologia e conservação do papagaio-charão *Amazona pretrei*. In: Galetti, M. & Pizo, M.A. (Eds.). **Ecologia e conservação de psitacídeos no Brasil**. Belo Horizonte, Melopsittacus. p. 173-192, 2002.
- MCGUIRE, L. P.; BOYLE, W. A. Altitudinal migration in bats: evidence, patterns, and drivers: Bat altitudinal migration. **Biological Reviews**, v. 88, n. 4, p. 767–786, nov. 2013.
- MILNER-GULLAND, E. J.; FRYXELL, J. M.; SINCLAIR, A. R. E. (EDS.). **Animal migration: a synthesis**. Oxford ; New York: Oxford University Press, 2011.
- MONAGHAN, P.; NAGER, R. G. Why don't birds lay more eggs? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 12, n. 7, p. 270–274, jul. 1997.
- MORELLATO, L. P. C. *et al.* Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study1. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811–823, dez. 2000.
- MYSTERUD, A. Seasonal migration pattern and home range of roe deer ( *Capreolus* ) in an altitudinal gradient in southern Norway. **Journal of Zoology**, v. 247, n. 4, p. 479–486, abr. 1999.
- NEVES, F. *et al.* Successional and Seasonal Changes in a Community of Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Brazilian Tropical Dry Forest. **Natureza & Conservação**, v. 08, n. 02, p. 160–164, 2010.
- NEWTON, I. Obligate and facultative migration in birds: ecological aspects. **Journal of Ornithology**, v. 153, n. S1, p. 171–180, ago. 2012.
- QGIS Development Team. **QGIS geographic information system, version 3.22**. QGIS Association, 2023.
- QUADRO M. F. L. *et al.* Climatologia e Precipitação e Temperatura no período de 1986 a 1996. **Revista Climanálise** - Edição Comemorativa de 10 anos, CPTEC/INPE. 1996.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2022.
- SCHUBERT, Stephanie Caroline; MANICA, Lilian Tonelli; GUARALDO, André De Camargo. Revealing the potential of a huge citizen-science platform to study bird migration. **Emu - Austral Ornithology**, v. 119, n. 4, p. 364–373, 2 out. 2019. <https://doi.org/10.1080/01584197.2019.1609340>.
- SCHUNCK, F.; SILVEIRA, L. F.; CANDIA-GALLARDO, C. Seasonal altitudinal movements of birds in Brazil: a review. **Zoologia (Curitiba)**, v. 40, p. e22037, 2023.
- SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira. Portuguese, 1997.
- SOMENZARI, M. *et al.* An overview of migratory birds in Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 58, p. 3, 20 fev. 2018.

SPARKS, Tim H. Phenology and the changing pattern of bird migration in Britain. **International Journal of Biometeorology**, v. 42, p. 134-138, 1999.

STEFANESCU, C. The nature of migration in the red admiral butterfly *Vanessa atalanta*: evidence from the population ecology in its southern range: *Migration and population ecology in V. atalanta*. **Ecological Entomology**, v. 26, n. 5, p. 525–536, out. 2001.

TSAI, P. *et al.* New insights into the patterns and drivers of avian altitudinal migration from a growing crowdsourcing data source. **Ecography**, v. 44, n. 1, p. 75–86, jan. 2021.

VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The Phenology of Tropical Forests: Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, n. 1, p. 353–377, nov. 1993.

WEBSTER, M. S. *et al.* Links between worlds: unraveling migratory connectivity. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 17, n. 2, p. 76–83, fev. 2002.

WU, X. *et al.* Normalized difference vegetation index dynamic and spatiotemporal distribution of migratory birds in the Poyang Lake wetland, China. **Ecological Indicators**, v. 47, p. 219–230, dez. 2014.

### APÊNDICE A - Resultados dos modelos

\*EP = Erro-Padrão; alt = altitude; pr = pluviosidade; períodoR = período reprodutivo; períodoNR = período não-reprodutivo.

\*\*Dois pontos indicam a interação entre as variáveis.

Comportamento	Espécie	Variável**	Estimate	eBird		WikiAves		
				EP	P-valor	Estimate	EP	P-valor
Migrante	<i>Amazona pretrei</i>	intercepto	-6,392	0,5286	<0,05	-11,885	4,19072	<0,05
Migrante	<i>Amazona pretrei</i>	alt:períodoNR	1,2829	0,3257	<0,05	0,27202	1,81419	0
Migrante	<i>Amazona pretrei</i>	alt:períodoR	-0,648	0,3494	0,063646	0,06347	3,3894	0,98506
Migrante	<i>Amazona pretrei</i>	pr:períodoNR	-2,7709	0,4672	<0,05	1,25356	5,33129	0,81411
Migrante	<i>Amazona pretrei</i>	pr:períodoR	0,2738	0,3929	0,485868	1,03077	4,46546	0,81745
Migrante	<i>Amazona pretrei</i>	NDVI:períodoNR	1,2795	0,3574	<0,05	0,9884	2,75291	0,71957
Migrante	<i>Amazona pretrei</i>	NDVI:períodoR	0,6689	0,232	<0,05	-0,55203	2,58072	0,83062
Migrante	<i>Anthracothorax nigricollis</i>	intercepto	-9,3566	0,663	<0,05	-12,5711	0,46594	<0,05
Migrante	<i>Anthracothorax nigricollis</i>	alt:períodoNR	0,4023	0,3669	0,27284	0,11758	0,63523	0,853
Migrante	<i>Anthracothorax nigricollis</i>	alt:períodoR	1,2569	0,4047	<0,05	-0,21772	0,53566	0,684
Migrante	<i>Anthracothorax nigricollis</i>	pr:períodoNR	0,4402	0,7104	0,53549	0,04706	0,76259	0,951
Migrante	<i>Anthracothorax nigricollis</i>	pr:períodoR	-0,405	0,7416	0,58498	0,6662	0,51519	0,196
Migrante	<i>Anthracothorax nigricollis</i>	NDVI:períodoNR	-0,9042	0,5454	0,09734	NA	NA	NA

Migrante	<i>Anthracothorax nigricollis</i>	NDVI:períodoR	-2,4055	0,6742	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Florisuga fusca</i>	intercepto	-13,0553	0,37454	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Florisuga fusca</i>	alt:períodoNR	0,30834	0,240606	0,2102	NA	NA	NA
Migrante	<i>Florisuga fusca</i>	alt:períodoR	0,13514	0,18837	0,4731	NA	NA	NA
Migrante	<i>Florisuga fusca</i>	pr:períodoNR	0,63801	0,3352	0,057	NA	NA	NA
Migrante	<i>Florisuga fusca</i>	pr:períodoR	0,399	0,1648	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Florisuga fusca</i>	NDVI:períodoNR	-0,06294	0,22562	0,7803	NA	NA	NA
Migrante	<i>Florisuga fusca</i>	NDVI:períodoR	-0,20941	0,25423	0,4101	NA	NA	NA
Migrante	<i>Knipolegus nigerrimus</i>	intercepto	-15,8653	0,8102	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Knipolegus nigerrimus</i>	alt:períodoNR	1,1518	0,4578	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Knipolegus nigerrimus</i>	alt:períodoR	1,082	0,5332	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Knipolegus nigerrimus</i>	pr:períodoNR	-0,6315	0,6425	0,3256	NA	NA	NA
Migrante	<i>Knipolegus nigerrimus</i>	pr:períodoR	0,4261	0,4688	0,3634	NA	NA	NA
Migrante	<i>Knipolegus nigerrimus</i>	NDVI:períodoNR	0,4508	0,5445	0,4077	NA	NA	NA
Migrante	<i>Knipolegus nigerrimus</i>	NDVI:períodoR	-0,214	0,6932	0,7575	NA	NA	NA
Migrante	<i>Myiodynastes maculatus</i>	intercepto	-14,9865	0,1583	<0,05	-13,0908	0,32241	<0,05
Migrante	<i>Myiodynastes maculatus</i>	alt:períodoNR	0,3368	0,1613	<0,05	0,33556	0,46347	0,46906
Migrante	<i>Myiodynastes maculatus</i>	alt:períodoR	0,2258	0,1077	<0,05	0,08759	0,36459	0,81015

Migrante	<i>Myiodynastes maculatus</i>	pr:períodoNR	0,6378	0,1969	<0,05	0,28213	0,54534	0,60492
Migrante	<i>Myiodynastes maculatus</i>	pr:períodoR	1,149	0,0988	<0,05	1,02627	0,3514	<0,05
Migrante	<i>Myiodynastes maculatus</i>	NDVI:períodoNR	-0,1785	0,1504	0,2351	-0,40786	0,51517	0,42853
Migrante	<i>Myiodynastes maculatus</i>	NDVI:períodoR	-0,3131	0,1176	<0,05	-0,23972	0,33434	0,47338
Migrante	<i>Patagioenas plumbea</i>	intercepto	-13,5705	0,4295	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Patagioenas plumbea</i>	alt:períodoNR	0,3932	0,1975	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Patagioenas plumbea</i>	alt:períodoR	0,4092	0,1827	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Patagioenas plumbea</i>	pr:períodoNR	-0,0982	0,2954	0,7396	NA	NA	NA
Migrante	<i>Patagioenas plumbea</i>	pr:períodoR	0,2814	0,1852	0,1287	NA	NA	NA
Migrante	<i>Patagioenas plumbea</i>	NDVI:períodoNR	0,3904	0,2532	0,1231	NA	NA	NA
Migrante	<i>Patagioenas plumbea</i>	NDVI:períodoR	0,2527	0,2913	0,3855	NA	NA	NA
Migrante	<i>Piranga flava</i>	intercepto	-14,2002	0,79815	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Piranga flava</i>	alt:períodoNR	0,69637	0,46375	0,133	NA	NA	NA
Migrante	<i>Piranga flava</i>	alt:períodoR	0,6596	0,50383	0,19	NA	NA	NA
Migrante	<i>Piranga flava</i>	pr:períodoNR	-0,58364	0,67021	0,384	NA	NA	NA
Migrante	<i>Piranga flava</i>	pr:períodoR	0,1815	0,56383	0,748	NA	NA	NA
Migrante	<i>Piranga flava</i>	NDVI:períodoNR	-0,07163	0,53582	0,894	NA	NA	NA
Migrante	<i>Piranga flava</i>	NDVI:períodoR	-0,18584	0,58679	0,751	NA	NA	NA

Migrante	<i>Procnias nudicollis</i>	intercepto	-13,527	0,4004	<0,05	-12,9604	1,9509	<0,05
Migrante	<i>Procnias nudicollis</i>	alt:períodoNR	-0,1526	0,192	0,4268	-0,2777	1,4801	0,851
Migrante	<i>Procnias nudicollis</i>	alt:períodoR	0,2975	0,1766	0,092	0,7813	1,4677	0,594
Migrante	<i>Procnias nudicollis</i>	pr:períodoNR	-0,2711	0,2959	0,3596	-0,4876	2,1264	0,819
Migrante	<i>Procnias nudicollis</i>	pr:períodoR	0,0538	0,1877	0,7744	0,2756	1,5619	0,86
Migrante	<i>Procnias nudicollis</i>	NDVI:períodoNR	0,3945	0,2534	0,1195	1,1695	1,9769	0,554
Migrante	<i>Procnias nudicollis</i>	NDVI:períodoR	0,707	0,3231	<0,05	0,6271	1,4729	0,67
Migrante	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	intercepto	-12,2178	0,4284	<0,05	-12,2457	0,2797	<0,05
Migrante	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	alt:períodoNR	-0,1562	0,298	0,6	0,1746	0,3302	0,5969
Migrante	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	alt:períodoR	-0,4056	0,3616	0,262	-0,838	0,3727	<0,05
Migrante	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	pr:períodoNR	-0,4847	0,4355	0,266	NA	NA	NA
Migrante	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	pr:períodoR	-0,3547	0,4729	0,453	NA	NA	NA
Migrante	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	NDVI:períodoNR	0,1149	0,3068	0,708	NA	NA	NA
Migrante	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	NDVI:períodoR	0,0113	0,3282	0,973	NA	NA	NA
Migrante	<i>Satrapa icterophrys</i>	intercepto	-13,3748	0,20993	<0,05	-11,839	0,35348	<0,05
Migrante	<i>Satrapa icterophrys</i>	alt:períodoNR	-0,03862	0,2496	0,87704	-0,38967	0,38792	0,315
Migrante	<i>Satrapa icterophrys</i>	alt:períodoR	0,18686	0,19574	0,33976	-0,0862	0,47142	0,855
Migrante	<i>Satrapa icterophrys</i>	pr:períodoNR	-0,00411	0,31011	0,98943	0,07109	0,5255	0,892

Migrante	<i>Satrapa icterophrys</i>	pr:períodoR	0,65461	0,20608	<0,05	-0,44024	0,62273	0,48
Migrante	<i>Satrapa icterophrys</i>	NDVI:períodoNR	-0,16257	0,21937	0,45865	NA	NA	NA
Migrante	<i>Satrapa icterophrys</i>	NDVI:períodoR	-0,44723	0,17189	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Tersina viridis</i>	intercepto	-14,3695	0,21472	<0,05	-12,8075	0,4646	<0,05
Migrante	<i>Tersina viridis</i>	alt:períodoNR	0,37868	0,16586	<0,05	0,3753	0,592	0,526
Migrante	<i>Tersina viridis</i>	alt:períodoR	0,46705	0,15522	<0,05	0,8324	0,6677	0,213
Migrante	<i>Tersina viridis</i>	pr:períodoNR	-0,44932	0,22392	<0,05	-0,207	0,7045	0,769
Migrante	<i>Tersina viridis</i>	pr:períodoR	0,6741	0,16599	<0,05	0,1322	0,6096	0,828
Migrante	<i>Tersina viridis</i>	NDVI:períodoNR	0,50435	0,2101	<0,05	NA	NA	NA
Migrante	<i>Tersina viridis</i>	NDVI:períodoR	0,04064	0,21828	0,8523	NA	NA	NA
Migrante	<i>Turdus flavipes</i>	intercepto	-13,297	0,33866	<0,05	-12,3183	0,916	<0,05
Migrante	<i>Turdus flavipes</i>	alt:períodoNR	0,01412	0,17151	0,934	0,2069	0,9242	0,823
Migrante	<i>Turdus flavipes</i>	alt:períodoR	0,26902	0,16559	0,104	0,6114	0,9693	0,528
Migrante	<i>Turdus flavipes</i>	pr:períodoNR	-0,36488	0,25531	0,153	-0,8629	1,3113	0,511
Migrante	<i>Turdus flavipes</i>	pr:períodoR	0,1473	0,14476	0,309	0,4546	0,9844	0,644
Migrante	<i>Turdus flavipes</i>	NDVI:períodoNR	0,19144	0,20315	0,346	NA	NA	NA
Migrante	<i>Turdus flavipes</i>	NDVI:períodoR	0,18558	0,23423	0,428	NA	NA	NA
Residente	<i>Columbina talpacoti</i>	intercepto	-15,509	0,12702	<0,05	-12,9483	0,23229	<0,05

Residente	<i>Columbina talpacoti</i>	alt:períodoNR	0,14214	0,08907	0,110517	-0,04497	0,34482	0,8962
Residente	<i>Columbina talpacoti</i>	alt:períodoR	0,07796	0,09007	0,386696	-0,42272	0,29901	0,1574
Residente	<i>Columbina talpacoti</i>	pr:períodoNR	-0,14692	0,09441	0,119659	0,22524	0,37373	0,5467
Residente	<i>Columbina talpacoti</i>	pr:períodoR	0,15256	0,05608	<0,05	0,71552	0,29773	<0,05
Residente	<i>Columbina talpacoti</i>	NDVI:períodoNR	0,2945	0,07981	<0,05	-0,48108	0,36147	0,1832
Residente	<i>Columbina talpacoti</i>	NDVI:períodoR	0,243	0,0799	<0,05	-0,22649	0,287	0,43
Residente	<i>Eupetomena macroura</i>	intercepto	-15,5748	0,18168	<0,05	-12,6952	0,22891	<0,05
Residente	<i>Eupetomena macroura</i>	alt:períodoNR	0,21113	0,11359	0,0631	0,33849	0,31212	0,2781
Residente	<i>Eupetomena macroura</i>	alt:períodoR	0,11841	0,11904	0,3199	-0,22054	0,30349	0,4674
Residente	<i>Eupetomena macroura</i>	pr:períodoNR	-0,21643	0,12809	0,0911	0,23388	0,37976	0,538
Residente	<i>Eupetomena macroura</i>	pr:períodoR	0,08542	0,0816	0,2952	0,65753	0,32582	<0,05
Residente	<i>Eupetomena macroura</i>	NDVI:períodoNR	0,22246	0,10997	<0,05	-0,52058	0,32575	0,11
Residente	<i>Eupetomena macroura</i>	NDVI:períodoR	0,24051	0,10939	<0,05	-0,06774	0,32468	0,8347
Residente	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	intercepto	-16,0824	0,2403	<0,05	-12,6473	0,5679	<0,05
Residente	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	alt:períodoNR	0,9414	0,1526	<0,05	0,228	0,4218	0,589
Residente	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	alt:períodoR	0,8822	0,1537	<0,05	0,556	0,5306	0,295
Residente	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	pr:períodoNR	-0,5623	0,1713	<0,05	-0,877	0,664	0,187
Residente	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	pr:períodoR	0,5142	0,1211	<0,05	0,3434	0,6073	0,572

Residente	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	NDVI:períodoNR	-0,2326	0,1214	0,05541	-0,3867	0,4397	0,379
Residente	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	NDVI:períodoR	-0,3308	0,1306	<0,05	-0,4024	0,4065	0,322
Residente	<i>Thraupis sayaca</i>	intercepto	-15,6524	0,12623	<0,05	-12,9063	0,18938	<0,05
Residente	<i>Thraupis sayaca</i>	alt:períodoNR	0,30897	0,08807	<0,05	0,08601	0,2732	0,7529
Residente	<i>Thraupis sayaca</i>	alt:períodoR	0,25797	0,0892	<0,05	-0,17371	0,25493	0,4956
Residente	<i>Thraupis sayaca</i>	pr:períodoNR	-0,12585	0,09059	0,164762	0,19298	0,31072	0,5346
Residente	<i>Thraupis sayaca</i>	pr:períodoR	0,0767	0,05205	0,140548	0,63238	0,25878	<0,05
Residente	<i>Thraupis sayaca</i>	NDVI:períodoNR	0,20703	0,07401	<0,05	-0,56872	0,2855	<0,05
Residente	<i>Thraupis sayaca</i>	NDVI:períodoR	0,19741	0,07448	<0,05	-0,16581	0,24271	0,4945
Residente	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	intercepto	-15,2598	0,181	<0,05	-12,9774	0,607	<0,05
Residente	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	alt:períodoNR	0,5597	0,1202	<0,05	0,7098	0,6116	0,246
Residente	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	alt:períodoR	0,4282	0,1285	<0,05	0,163	0,7031	0,817
Residente	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	pr:períodoNR	-0,5228	0,1532	<0,05	-0,5261	0,8438	0,533
Residente	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	pr:períodoR	0,2681	0,1079	<0,05	0,5563	0,7467	0,456
Residente	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	NDVI:períodoNR	0,6693	0,1301	<0,05	0,1051	0,7124	0,883
Residente	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	NDVI:períodoR	0,3837	0,1571	<0,05	0,1811	0,7397	0,807
Residente	<i>Zonotrichia capensis</i>	intercepto	-15,0235	0,12249	<0,05	-12,9515	0,25516	<0,05
Residente	<i>Zonotrichia capensis</i>	alt:períodoNR	0,7137	0,09211	<0,05	0,43699	0,33275	0,1891

Residente	<i>Zonotrichia capensis</i>	alt:períodoR	0,49217	0,09209	<0,05	0,07042	0,3298	0,8309
Residente	<i>Zonotrichia capensis</i>	pr:períodoNR	0,02944	0,11197	0,7926	-0,05332	0,42611	0,9004
Residente	<i>Zonotrichia capensis</i>	pr:períodoR	0,29016	0,07217	<0,05	0,66424	0,33851	<0,05
Residente	<i>Zonotrichia capensis</i>	NDVI:períodoNR	0,16809	0,09047	0,0632	-0,28316	0,37674	0,4523
Residente	<i>Zonotrichia capensis</i>	NDVI:períodoR	0,07943	0,09163	0,386	-0,0691	0,3184	0,8282

**APÊNDICE B** - Valores obtidos de variação dos fatores de efeito aleatório aninhados incluídos nos modelos lineares generalizados para dados inflados em zero a partir de dados do eBird e do WikiAves

Comportamento	Espécie	eBird (célula + espécie)		WikiAves (município + espécie)	
		Variância	Desvio-Padrão	Variância	Desvio-Padrão
Migrante	<i>Amazona pretrei</i>	2,562	1,601	3,701E-13	6,08E-07
Migrante	<i>Anthracothorax nigricollis</i>	0,6453	0,8033	2,97E-12	1,72E-06
Migrante	<i>Florisuga fusca</i>	2,187	1,479	NA	NA
Migrante	<i>Knipolegus nigerrimus</i>	5,566	2,359	NA	NA
Migrante	<i>Myiodynastes maculatus</i>	2,095	1,447	7,24E-10	2,69E-05
Migrante	<i>Patagioenas plumbea</i>	2,151	1,466	NA	NA
Migrante	<i>Piranga flava</i>	0,0005576	0,02361	NA	NA
Migrante	<i>Procnias nudicollis</i>	2,3	1,517	2,33E-09	4,83E-05
Migrante	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	4,16E-08	0,0002039	2,62E-09	5,12E-05
Migrante	<i>Satrapa icterophrys</i>	1,03E-09	3,21E-05	1,94E-09	4,41E-05
Migrante	<i>Tersina viridis</i>	1,31	1,145	5,43E-26	2,33E-13
Migrante	<i>Turdus flavipes</i>	2,168	1,472	6,96E-19	8,34E-10
Residente	<i>Columbina talpacoti</i>	3,856	1,964	2,49E-59	4,99E-30
Residente	<i>Eupetomena macroura</i>	4,717	2,172	0,0002034	0,01426
Residente	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	5,203	2,281	2,28E-12	1,51E-06

Residente	<i>Thraupis sayaca</i>	4,055	2,014	0,2881	0,5367
Residente	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	3,161	1,778	2,34E-11	4,83E-06
Residente	<i>Zonotrichia capensis</i>	2,742	1,656	3,305	1,818