



# Distribuição das Espécies de Aves Ameaçadas de Extinção no Estado do Paraná de Acordo com a Ciência Cidadã

Marcella Rosa Rossoni de Paula<sup>1</sup>, Carlos Alberto Mucelin<sup>2</sup> & Vagner Cavarzere<sup>2</sup>

Recebido em 01/02/2021 – Aceito em 05/05/2022

<sup>1</sup> Colégio Estadual Humberto de Alencar Castelo Branco, Brasil. <marcellinha\_rossoni@hotmail.com>.

<sup>2</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil. <mucelin@utfpr.edu.br, vagnera@utfpr.edu.br>.

**RESUMO** – O estado do Paraná possui 766 espécies de aves, das quais 126 estão ameaçadas de extinção. Como as aves ameaçadas constituem importante ferramenta para tomadores de decisão de conservação, objetivamos avaliar a situação das aves ameaçadas no Paraná e determinar suas distribuições. Coletamos dados em *site* de ciência cidadã, o que nos permitiu determinar o número de espécies registradas por município. Ao todo foram utilizados 4.598 registros realizados em 126 municípios paranaenses de 96 espécies ameaçadas, das quais 15 são classificadas como Criticamente Ameaçadas, 34 como Em Perigo e 47 como Vulneráveis em nível estadual. Espécies endêmicas da Mata Atlântica representam 30% da assembleia de aves, mas respondem por 46% de todos os registros, o que sugere que usuários procuram essas espécies não aleatoriamente. As suas distribuições estão associadas à presença de vegetação remanescente e à população humana em cada município. A maioria das espécies foi encontrada em municípios litorâneos, onde se encontram a Serra do Mar e os grandes centros urbanos. O número de registros de determinada espécie independe do número de municípios em que é relatada. A ciência cidadã colabora grandemente com informações para o conhecimento da distribuição das espécies ameaçadas.

**Palavras-chave:** Categorias de ameaça; listas de espécies; WikiAves.

## Distribution of Threatened Bird Species in the State of Paraná, Southern Brazil, Based on Citizen Science

**ABSTRACT** – The state of Paraná in southern Brazil has 766 bird species, of which 126 are threatened. Because threatened birds (and their distributions) are an important tool for informing conservation decision-makers, we evaluated information on a citizen science website that provided the number of species by municipality. Citizen scientists posted 4,598 records of 96 threatened species in 126 municipalities, of which 15 are Critically Endangered, 34 are Endangered, and 47 are Vulnerable at the state level. Atlantic Forest endemic species comprise 30% of the bird assemblage, but account for 46% of all records, which suggests that users search for these species non-randomly, favoring threatened species. Species distributions are associated with the remaining vegetation, and human population in each municipality. Most species were found in coastal municipalities, where the Serra do Mar Mountain range, and large urban centers, come together. The number of records of a given species is independent of the number of municipalities in which it is reported. Citizen science greatly contributes to improve our knowledge of threatened species' distributions.

**Keywords:** Threat categories; species lists; WikiAves.

## Distribución de Especies de Aves Amenazadas en el Estado de Paraná, Sur de Brasil, Basada en Ciencia Ciudadana

**RESUMEN** – En el estado de Paraná se registran 766 especies de aves, de las cuales 126 están amenazadas de extinción. Como las aves amenazadas constituyen una herramienta importante en la toma de decisiones sobre conservación, nuestro objetivo fue evaluar la situación de las aves amenazadas en este estado y determinar sus distribuciones. Para esto, colectamos información de una página web de ciencia ciudadana y determinamos el número de especies registradas por municipio. En total fueron realizados 4.598 registros de 96 especies amenazadas en 126 municipios

paranaenses, de las cuales 15 están clasificadas como “En Peligro Crítico”, 34 “En Peligro” y 47 “Vulnerables”. Las especies endémicas de la Mata Atlántica representan el 30% del conjunto de aves, pero representan el 46% de estos registros, sugiriendo que la busca de los usuarios por estas especies y sus registros no son al azar. Sus distribuciones están asociadas a la presencia de vegetación remanente y de población humana en cada municipio. La mayoría de las especies se encontraron en los municipios costeros, donde se ubican la Serra do Mar y los grandes centros urbanos. El número de registros de una determinada especie es independiente del número de municipios en los que se informa. La información proporcionada por la ciencia ciudadana contribuye significativamente en el conocimiento de la distribución de especies amenazadas.

**Palabras clave:** Categorías de amenaza; listas de especies; WikiAves.

## Introdução

A Mata Atlântica brasileira ocupa aproximadamente 150 milhões de hectares (Galindo-Leal & Câmara, 2003). Embora sua fragmentação atual seja alarmante, pois estima-se que restem entre 11 e 28% de sua vegetação original (Ribeiro *et al.*, 2009; Rezende *et al.*, 2018), a Mata Atlântica detém os maiores índices de endemismo e ameaça do planeta, sendo considerado um *hotspot* de biodiversidade (Myers *et al.*, 2000; Mittermeier *et al.*, 2011). Cerca de 200 espécies de aves são endêmicas da Mata Atlântica (Vale *et al.*, 2018) e mais da metade delas apresenta algum grau de ameaça de extinção no país (ICMBio/MMA, 2018).

Após as contribuições de J. Natterer (entre 1820 e 1821) para a ornitologia paranaense (Straube, 2012), os estudos direcionados às aves no estado se iniciaram em 1910 com a chegada do naturalista polonês Tadeusz Chrostowski. Chrostowski publicou parte de suas descobertas, o que gerou o primeiro artigo científico sobre as aves do Paraná (Chrostowski, 1911; Straube, 2016). Ao longo dos anos, diversos pesquisadores contribuíram para a ornitologia paranaense. Até 1980, havia 380 espécies catalogadas; esta riqueza subiu para 593 em 1983, para 623 em 1985, para 712 em 1995, para 744 em 2011 (Scherer-Neto *et al.*, 2011).

Tais listas faunísticas são componente fundamental para o avanço da ciência, pois são fontes indispensáveis em diversas áreas do conhecimento e, a partir delas, são tomadas decisões sobre o manejo de áreas naturais (Silveira *et al.*, 2010). No entanto, essas informações tornam-se obsoletas rapidamente devido ao avanço do conhecimento e à realização de mais pesquisas locais.

Uma ferramenta apenas recentemente utilizada no Brasil, a ciência cidadã, mostrou-se

revolucionária para contribuir com a produção da ciência tradicional. A ciência cidadã é constituída pela relação formal em que voluntários vão para campo e seguem as instruções de como coletar dados padronizados (Silvertown, 2009). Ao embasarem-se na compilação mais robusta das aves com ocorrência no Paraná (Scherer-Neto *et al.*, 2011) aliando os dados obtidos por cidadãos cientistas, Klemann-Junior *et al.* (2017) puderam apontar outras 22 espécies de aves (766) com documentação em território paranaense. De fato, cidadãos cientistas possuem inestimável valor para a ciência tradicional, pois um contingente muito grande é capaz de coletar quantidades impressionantes de informação que seria inviável, temporal, espacial e economicamente, de ser obtida com esforço de poucos pesquisadores (e.g. Lees & Martin, 2015; Schubert *et al.*, 2019; Degroote, *et al.* 2020).

A compilação mais recente indica a presença documentada de 766 espécies no estado, estejam elas extintas (25 espécies desde 1989) ou ainda com ocorrência em território estadual (Klemann-Junior *et al.*, 2017). Atualmente, há no Paraná 107 (14% do total) espécies de aves ameaçadas de extinção em nível estadual. Destas, 19 estão categorizadas como Criticamente Ameaçadas, 37 como Em Perigo e 51 como Vulneráveis (Paraná, 2018). Listas de espécies ameaçadas foram pensadas para fornecer estimativas qualitativas de fácil compreensão do risco de extinção, embora tenham sido utilizadas, dentre outros propósitos, para priorizar alocação de recursos com base em categorias de ameaça dos táxons, delimitar limites de áreas protegidas ou inferir sobre a conservação de *habitat*. São especialmente úteis para explicar aos diversos setores da sociedade sobre as extinções de espécies (Possingham *et al.*, 2002).

Deste modo, pretendeu-se fazer uma revisão, com base na ciência cidadã, das espécies de aves ameaçadas de extinção no estado do

Paraná e determinar seus padrões de distribuição. Adicionalmente, objetivou-se verificar dentre as espécies mencionadas, se a documentação daquelas endêmicas ou não endêmicas da Mata Atlântica são mais almejadas por cidadãos cientistas.

## Material e Métodos

### Área de estudo

A área considerada foi o estado do Paraná, o qual engloba 399 municípios (Figura 1). O clima do Paraná pode ser simplificado em dois tipos

segundo a classificação de Koeppen: subtropical com concentração das chuvas nos meses de verão e sem estação seca definida (Cfa) e temperado sem estação seca definida (Cfb). O primeiro predomina nas porções norte, oeste e sudoeste, enquanto o segundo está presente apenas no sul paranaense (Koeppen, 1948). Nas maiores elevações do estado as chuvas são bem distribuídas durante o ano e os verões, amenos (IAPAR, 1994). Em intervalo de 30 anos (1977-2006), a amplitude pluviométrica no estado variou entre 1.134 e 2.702mm (Fritzsons *et al.*, 2011), enquanto as variações de temperatura ficaram entre -1,3°C e 31,1°C (Silva *et al.*, 2015).

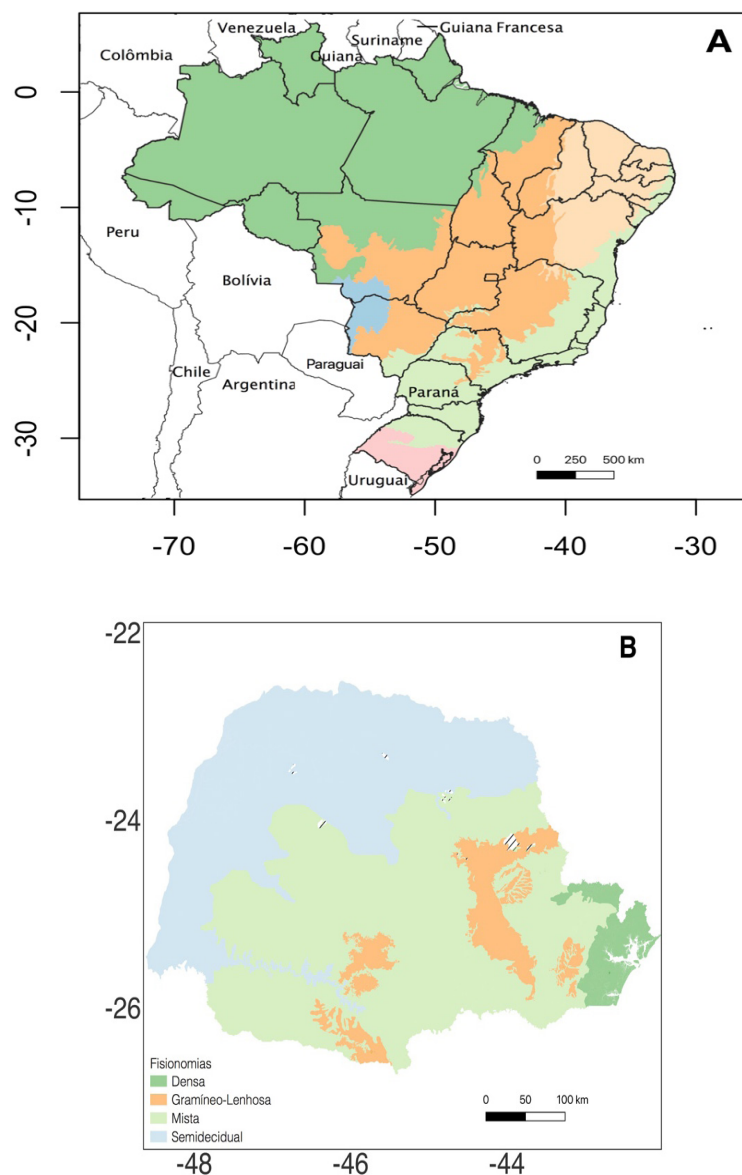


Figura 1 – Localização do Paraná no sul do Brasil e a predominância da vegetação do domínio da Mata Atlântica (verde claro) no estado (A), e as fisionomias vegetais do estado do Paraná, nas quais o Cerrado e os campos estão representados no mapa pela fisionomia gramíneo-lenhosa (B).

Cerca de 83% da superfície do estado é coberta pela Mata Atlântica. As formações restantes constituem Cerrado (1%), bem como restingas, mangues, várzeas, campos de altitude e vegetação rupestre (Galindo-Leal & Câmara, 2003; Maack, 2017; Projeto MapBiomas, 2022). As principais fitofisionomias do Paraná incluem a Floresta Ombrófila Densa, localizada predominantemente na porção leste; a Floresta Ombrófila Mista, na qual predominam as araucárias (*Araucaria angustifolia* Mart.), espécie ameaçada no Brasil (Martinelli & Moraes, 2013); e a Floresta Estacional Semidecidual, que se encontra nas regiões leste e oeste, assim como nos vales dos rios formadores da bacia do rio Paraná. Nas regiões norte e nordeste situa-se o Cerrado, onde os campos ocupam áreas nas porções mais elevadas dos três planaltos, entremeadas por capões e matas de galeria (Galindo-Leal & Câmara, 2003; IBGE, 2012; Maack, 2017).

### **Revisão das espécies ameaçadas de extinção no Paraná de acordo com a ciência cidadã**

Utilizou-se o site de ciência cidadã WikiAves (<https://www.wikiaves.com.br>), no qual usuários podem registrar, e fazer *uploads* de registros de espécies de aves de qualquer região do Brasil por meio de fotografias ou gravações de suas vocalizações. O *site*, então, exibe os locais onde as espécies foram registradas com base, ou nas coordenadas exatas do registro (fornecidas pelo usuário), ou nas coordenadas centrais municipais, quando o usuário não informa tais dados.

As espécies ameaçadas no Paraná são aquelas que constam na mais recente atualização da avifauna ameaçada do estado (Paraná, 2018), e a taxonomia e nomenclatura das espécies seguem as recomendações de Pacheco *et al.* (2021). Da plataforma WikiAves foram obtidas as espécies de aves, mas não as datas ou coordenadas geográficas de registros.

Foi realizada correlação de Pearson entre o número de registros das espécies e o número

de municípios onde elas ocorrem, e produzidos gráficos e mapas de distribuição das espécies no ambiente R (R Core Team, 2019). Dentro desse ambiente também foram ajustados modelos lineares generalizados para comparação entre quatro covariáveis preditoras (porcentagem de hectares de vegetação nativa remanescente, população e densidade populacional municipais e número de usuários do WikiAves por município) e suas interações. As três primeiras foram obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (<https://www.ibge.gov.br>).

Foram ajustados modelos com covariáveis isoladas e a interação entre população e densidade populacional municipais e a porcentagem remanescente de vegetação nativa de cada município. Modelos foram ranqueados de acordo com valores do Critério de Informação de Akaike corrigidos para amostras pequenas (Sakamoto *et al.*, 1986). A combinação de covariáveis do modelo com valor de  $\Delta AICc < 2$  foi escolhida.

### **Resultados e Discussão**

Entre 2008 (ano de criação do WikiAves) e 2019, cidadãos cientistas fizeram em 126 (31%) municípios um total de 4.598 registros, entre fotografias (4.023) e gravações (575), de 96 espécies (17 ordens e 40 famílias) ameaçadas no Paraná (Tabela 1), o que corresponde a aproximadamente 6% dos registros do *site* (Klemann-Junior *et al.*, 2017) e 90% das espécies sob níveis de ameaça no estado (Paraná, 2018). O número de espécies e de registros de acordo com as categorias de ameaça de extinção e municípios estão na Tabela 2. Há menos espécies consideradas CR, enquanto a maioria das espécies ameaçadas está na categoria VU, uma proporção similar ao adotado pela IUCN (2019), lista na qual a riqueza de espécies do nível de ameaça mais preocupante (CR) é menor do que no seguinte (EN) que, por sua vez, possui menos espécies em relação à categoria VU.



Tabela 1 – Espécies ameaçadas de extinção no estado do Paraná com registro na plataforma WikiAves, suas categorias de ameaça, endemismo da Mata Atlântica, número de registros fotográficos e sonoros e o número de municípios em que cada espécie possui documentação.

Espécie	Categoria de ameaça	Endemismo	Número de fotos	Número de gravações	Número de municípios
<i>Rhea americana</i>	CR		7	0	6
<i>Tinamus solitarius</i>	EN	Sim	32	12	12
<i>Crypturellus noctivagus</i>	EN		19	27	7
<i>Anhima cornuta</i>	VU		19	2	10
<i>Sarkidiornis sylvicola</i>	VU		22	0	7
<i>Anas flavirostris</i>	VU		9	0	4
<i>Aburria jacutinga</i>	EN	Sim	100	2	12
<i>Patagioenas speciosa</i>	EN		2	0	1
<i>Nyctibius aethereus</i>	CR		5	0	1
<i>Nyctiphrynus ocellatus</i>	EN		18	9	6
<i>Antrostomus sericocaudatus</i>	VU		4	18	12
<i>Hydropsalis anomala</i>	EN		62	8	10
<i>Rallus longirostris</i>	VU		57	7	5
<i>Haematopus palliatus</i>	VU		87	4	7
<i>Gallinago undulata</i>	EN		1	1	2
<i>Sterna hirundinacea</i>	VU		43	0	4
<i>Thalasseus maximus</i>	EN		68	1	6
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	VU		1	0	1
<i>Thalassarche melanophris</i>	VU		2	0	2
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	VU		1	0	1
<i>Tigrisoma fasciatum</i>	EN		27	0	5
<i>Cochlearius cochlearius</i>	CR		1	1	2
<i>Pilherodius pileatus</i>	VU		8	0	3
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	VU		21	0	10
<i>Spizaetus tyrannus</i>	VU		154	15	42
<i>Spizaetus melanoleucus</i>	VU		106	3	24
<i>Spizaetus ornatus</i>	EN		35	2	12
<i>Busarellus nigricollis</i>	EN		16	0	8
<i>Accipiter poliogaster</i>	VU		29	7	17
<i>Buteogallus aequinoctialis</i>	CR		102	3	2
<i>Amadonastur lacermulatus</i>	VU	Sim	88	1	12
<i>Urubitinga coronata</i>	CR		43	2	9
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	CR		1	0	1
<i>Strix huhula</i>	CR		15	3	1
<i>Glaucidium minutissimum</i>	VU	Sim	7	8	5
<i>Aegolius harrisii</i>	VU		20	6	5
<i>Momotus momota</i>	EN		1	0	1



<i>Pteroglossus bailloni</i>	VU	Sim	178	5	32
<i>Pteroglossus aracari</i>	CR		2	1	1
<i>Celeus galeatus</i>	EN	Sim	38	11	10
<i>Touit melanonotus</i>	VU	Sim	4	9	6
<i>Amazona vinacea</i>	VU	Sim	243	40	33
<i>Amazona amazonica</i>	VU		13	0	1
<i>Primolius maracana</i>	EN		9	3	5
<i>Ara ararauna</i>	EN		9	0	7
<i>Ara chloropterus</i>	VU		27	0	8
<i>Formicivora acutirostris</i>	EN	Sim	307	22	3
<i>Dysithamnus xanthopterus</i>	VU	Sim	32	9	6
<i>Merulaxis ater</i>	VU	Sim	32	10	4
<i>Scytalopus iraiensis</i>	EN	Sim	15	22	7
<i>Scytalopus pachecoii</i>	VU	Sim	1	0	1
<i>Chamaeza meruloides</i>	VU	Sim	5	11	2
<i>Campylorhamphus trochilirostris</i>	VU		14	2	3
<i>Phleocryptes melanops</i>	EN		60	4	5
<i>Leptasthenura striolata</i>	EN	Sim	46	3	8
<i>Phacellodomus striaticollis</i>	CR		10	2	2
<i>Phacellodomus ferrugineigula</i>	EN	Sim	13	3	2
<i>Limnocittes rectirostris</i>	CR		1	1	1
<i>Antilophia galeata</i>	VU		7	2	3
<i>Carpornis melanocephala</i>	VU	Sim	79	15	3
<i>Lipaugus lanioides</i>	VU	Sim	51	7	6
<i>Iodopleura pipra</i>	EN	Sim	41	2	1
<i>Pachyramphus marginatus</i>	VU		18	5	4
<i>Onychorhynchus swainsoni</i>	VU	Sim	44	11	14
<i>Piprites chloris</i>	VU		13	11	7
<i>Piprites pileata</i>	CR	Sim	29	2	3
<i>Platyrinchus leucoryphus</i>	VU	Sim	21	6	5
<i>Tachuris rubrigastra</i>	EN		95	6	4
<i>Phylloscartes paulista</i>	VU	Sim	99	10	7
<i>Phylloscartes difficilis</i>	VU	Sim	35	15	4
<i>Phylloscartes sylvicolus</i>	VU	Sim	56	19	8
<i>Hemitriccus kaempferi</i>	EN	Sim	27	7	2
<i>Suiriri suiriri</i>	EN		2	0	2
<i>Culicivora caudacuta</i>	EN		71	7	11
<i>Polystictus pectoralis</i>	CR		29	0	1
<i>Pseudocolopteryx flaviventris</i>	VU		33	0	4
<i>Casiornis rufus</i>	VU		10	1	4
<i>Heteroxolmis dominicanus</i>	EN		46	0	6



<i>Cyanocorax cyanomelas</i>	VU		12	0	2
<i>Cistothorus platensis</i>	EN		44	11	7
<i>Anthus nattereri</i>	EN		23	4	6
<i>Cacicus solitarius</i>	VU		8	0	5
<i>Agelasticus thilius</i>	VU		44	7	3
<i>Coryphaspiza melanotis</i>	CR		1	2	1
<i>Dacnis nigripes</i>	VU	Sim	69	0	4
<i>Sporophila frontalis</i>	EN	Sim	61	34	15
<i>Sporophila falcirostris</i>	EN	Sim	53	18	9
<i>Sporophila plumbea</i>	EN		25	2	3
<i>Sporophila beltoni</i>	EN		84	15	6
<i>Sporophila leucoptera</i>	VU		41	3	14
<i>Sporophila pileata</i>	EN		89	9	6
<i>Sporophila hypoxantha</i>	VU		184	17	20
<i>Sporophila palustris</i>	CR		1	0	1
<i>Sporophila cinnamomea</i>	CR		3	1	2
<i>Sporophila melanogaster</i>	EN		36	2	11
<i>Sporophila angolensis</i>	VU		147	24	27

Tabela 2 – Número de espécies de aves, de registros de espécies e de municípios com registros segundo a plataforma WikiAves, de acordo com categorias de ameaça de extinção.

Categorias de ameaça	Número de espécies	Número de registros	Número de municípios
Criticamente Ameaçada	15	268	31
Em Perigo	34	1.822	68
Vulnerável	47	2.508	116
<b>Total</b>	<b>96</b>	<b>4.598</b>	<b>126</b>

Do total de registros, 2.120 (46%) correspondem a 29 (30%) espécies endêmicas da Mata Atlântica (Vale *et al.*, 2018), registradas em 67 municípios. Antonina foi o que apresentou maior riqueza (21 espécies), sendo uma Criticamente Ameaçada (31 registros), 11 Em Perigo (869) e 17 Vulneráveis (1.220). Embora 30% das espécies ameaçadas do Paraná sejam endêmicas da Mata Atlântica, seus registros contabilizaram quase metade de todos os registros de cidadãos cientistas (Tabela 1). Ao fazer a correlação entre o número de municípios onde dada espécie foi documentada e seu respectivo número de registros, percebeu-se correlação positiva significativa ( $p=0,001$ ), porém baixa ( $r^2=0,56$ ). O mesmo padrão pode ser observado para as espécies não endêmicas ( $p=0,000$ ;  $r^2=0,72$ ).

Com base em nossos resultados, cidadãos cientistas possuem comportamento característico: em média, fotografam e gravam menos as espécies não endêmicas ( $36,9 \pm 43,1$ ) do que as endêmicas ( $73,1 \pm 74,7$ ). Adicionalmente, espécies não endêmicas são encontradas em  $6,3 \pm 6,9$  municípios, enquanto as endêmicas, em  $8,1 \pm 7,7$ .

Os registros das espécies concentram-se em 126 municípios predominantemente localizados ao leste do estado (Figura 3A). A maior parte dos municípios possui riqueza abaixo de 10 espécies (Figura 2). Dentre eles, os que apresentaram maior riqueza de espécies ameaçadas foram Antonina e Morretes ( $n=36$ ). O município que possui maior número de espécies Criticamente Ameaçadas foi Palmas ( $n=3$ ), enquanto aqueles com mais

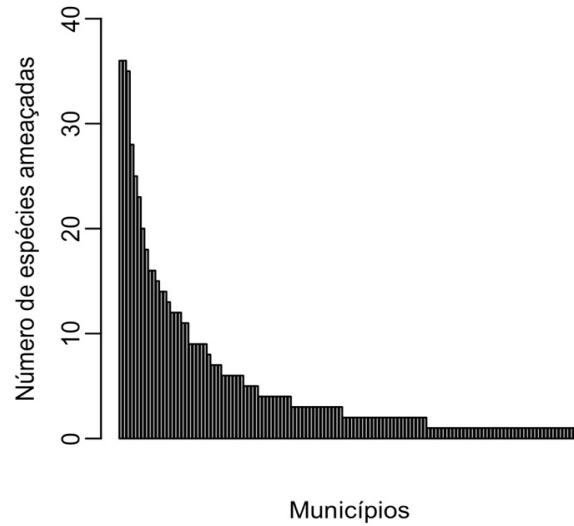


Figura 2 – Número de espécies de aves ameaçadas de extinção registrado por municípios paranaenses.

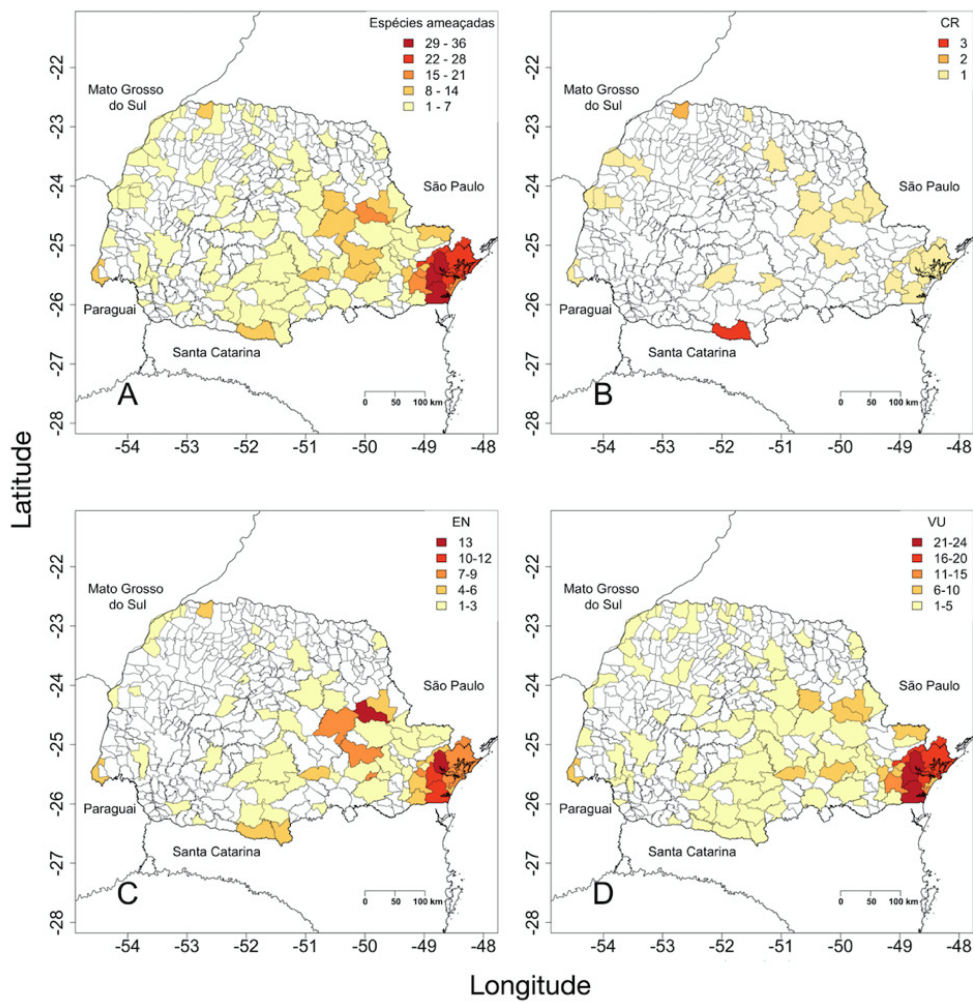


Figura 3 – Riqueza de espécies ameaçadas de extinção registradas na plataforma WikiAves por município paranaense. Total de espécies (A), espécies Criticamente Ameaçadas – CR (B), espécies Em Perigo – EN (C) e espécies Vulneráveis - VU (D).



espécies Em Perigo (n=13) foram Antonina e Pirai do Sul. Morretes e Guaratuba apresentaram mais espécies consideradas Vulneráveis, com 24 e 23 espécies, respectivamente (Figura 3B-D). Estes padrões são congruentes com as microrregiões de maior conhecimento ornitológico do Paraná, como Paranaguá e Curitiba, onde ocorrem espécies características da Floresta Ombrófila Densa, e Jaguaíva, onde estão as espécies típicas do Cerrado (Klemann-Junior *et al.*, 2017).

O número de fotografias e gravações das espécies mais registradas não está relacionado com o fato de ela ocorrer em uma área ampla, mas sim com a predileção de cidadãos cientistas em as documentarem por as considerarem espécies-alvo. Por exemplo, para a espécie *Sporophila hypoxantha* Cabanis 1851 há mais registros (n=201) provenientes de 20 municípios do que

do gavião-pega-macaco *Spizaetus tyrannus* (Wied 1820), documentada 169 vezes em 42 municípios (Figura 4A). A endêmica bicudinho-do-brejo *Formicivora acutirostris* (Bornschein *et al.*, 1995) possui o maior número de fotografias e gravações (n=329), porém provenientes de apenas três municípios (Figura 4B). Assim como na Europa, onde grupos de indivíduos (e.g. motoristas, ambientalistas, estudantes) contribuem com dados para a ciência cidadã priorizando quais táxons relatar para pesquisadores (Bíl *et al.*, 2020), nossos resultados sugerem, similarmente, que cidadãos cientistas do WikiAves possuem predileção por fotografar espécies-alvo, como as endêmicas da Mata Atlântica. Deste modo, o número de registros deve refletir a conspicuidade de dada espécie, uma vez que não há correlação entre a quantidade de registros de uma espécie e o número de municípios nos quais ela ocorre.

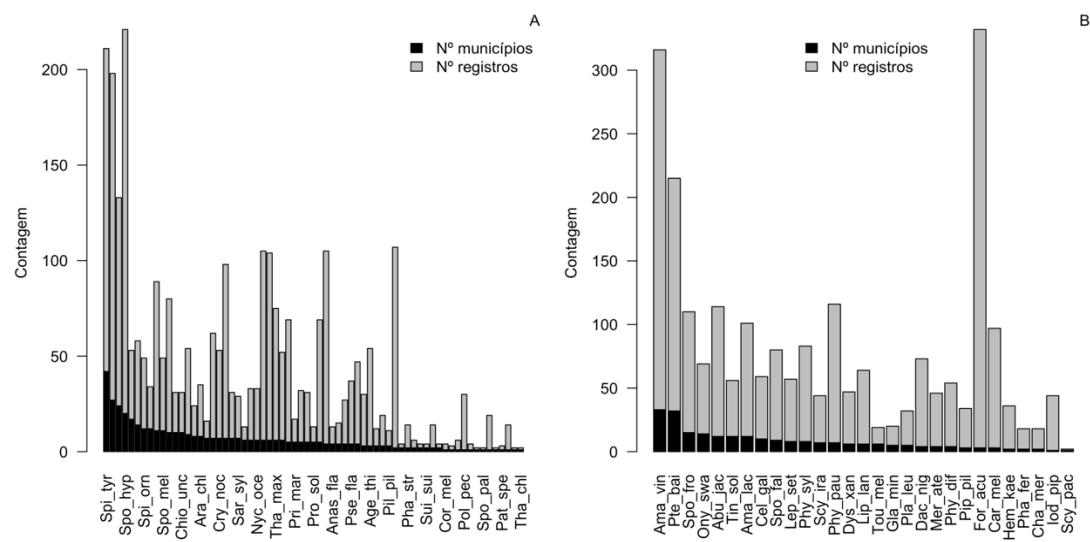


Figura 4 – Número de municípios e de registros (fotografias e gravações da plataforma WikiAves) de espécies de aves não endêmicas (A) e endêmicas no estado do Paraná (B).

### Utilização das plataformas de ciência cidadã

A contribuição de cientistas cidadãos foi incontestável por trazer uma visão mais realística e muito mais abrangente sobre a distribuição das aves ameaçadas de extinção no Paraná. Esta visão consolida para o WikiAves o modelo contributivo de ciência cidadã, no qual a pesquisa tradicional é concebida pelo pesquisador e focada, principalmente, na coleta de dados em larga escala com o auxílio de participantes voluntários (Ballard *et al.*, 2018). No entanto, nossos resultados

evidenciaram que as informações disponíveis não possuem preocupações referentes à padronização da obtenção de dados. A utilização mais adequada desta plataforma foi sugerida com a inclusão de listas de espécies observadas quando as fotografias foram tiradas, de horários de observações e de transecções pré-determinadas e repetidas, o que traria rigor às análises temporais e espaciais, por exemplo (Faria *et al.*, 2022). Adicionalmente, há predileção para o registro de espécies-alvo por parte de cidadãos cientistas. Neste sentido, informações sobre a distribuição das espécies são amplamente válidas. A quantidade de registros

como aproximações de abundância de indivíduos, todavia, deve ser explorada com cautela.

A não presença de espécies ameaçadas não pode ser tratada como ausência verdadeira. Na plataforma WikiAves, por exemplo, não é possível saber se alguma espécie foi registrada, porém não documentada. Deste modo, recomenda-se fortemente a consideração de outras iniciativas da ciência cidadã, como e-Bird (<http://ebird.org/home>), iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>), Taxeus (<https://www.taxeus.com.br/>) e xeno-canto (<https://www.gbif.org/>). Os três primeiros sites incluem listas de espécies, ainda que não passíveis de confirmação da identificação dos registros devido à ausência de material documentado, enquanto o xeno-canto permite a inclusão de registros de vocalizações por localidade. A abrangência de plataformas da ciência cidadã poderá garantir redução de falsas ausências de espécies ameaçadas de extinção e, desta forma, contribuir grandemente para compreensão de tendências (Devictor *et al.*, 2010), complementando dados de pesquisas, especialmente em escalas maiores e em localidades onde não há informação sistematizada disponível (Henckel *et al.*, 2020).

## Ajustes de modelos

O modelo mais plausível revelou interação aditiva entre o número de habitantes e a porcentagem remanescente de vegetação por município (Tabela 3). Isto sugere duas conclusões. Primeiramente que mais espécies de aves ameaçadas são registradas onde há mais *habitat* disponível (Serra do Mar). Segundo que há mais registros de espécies ameaçadas onde há suficiente número de observadores de aves para registrá-las. Tais locais incluem grandes centros urbanos, como Curitiba e sua região metropolitana (Klemann-Junior *et al.*, 2017). A densidade populacional (população/área) não se revelou covariável de grande influência, pois o mais importante para o registro das aves é o grande contingente de cidadãos cientistas que as documentam por fotografias ou gravações, mas não necessariamente sua concentração pelo território.

Cobertura florestal foi a covariável da estrutura da paisagem determinante da ocupação das espécies de aves na Mata Atlântica (Morante-Filho *et al.*, 2021). No entanto, quando considerada isoladamente, a porcentagem de cobertura de vegetação não pode prever a riqueza de espécies

Tabela 3 – Modelos ajustados com covariáveis e suas interações e valores de  $\Delta AICc$  (Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas), graus de liberdade (g.l.) e peso de  $AICc$  (Wt).

Modelos	$\Delta AICc$	g.l.	$AICc$	Wt
população + remanescentes	0,0	3	763,2	1
densidade + remanescentes	11,3	3	774,5	0
remanescentes	23,5	2	786,7	0
usuários	405,8	2	1168,9	0
população	406,9	2	1170,1	0
densidade	411,5	2	1174,7	0

ameaçadas com base nos registros de cientistas cidadãos. Este fato reflete o comportamento dos observadores, os quais, têm a tendência de visitar locais cuja logística de visita é facilitada. Assim, municípios que possuam maior porcentagem de vegetação nativa não serão contemplados por cidadãos cientistas a não ser que haja áreas de fácil acesso.

De forma similar, o número de usuários por município do WikiAves também não indicou qualquer correlação para a presença das espécies, pois este número representa a residência dos

cidadãos, os quais procuram documentar espécies-alvo não apenas em diversas regiões do estado, mas também por todo território nacional. Uma maneira de sobrepujar os vieses mencionados é estabelecer iniciativas para motivar os esforços dos voluntários e para direcionar as observações em áreas não regularmente incluídas em roteiros de observação de aves (Bíl *et al.*, 2020). Sugere-se que áreas não (ou pouco) visitadas sejam inventariadas, como unidades de conservação pouco conhecidas e remanescentes de vegetação nativa de áreas particulares, pois a descoberta de espécies-alvo estimula a turismo

de observadores de aves locais e de fora de seu estado de origem.

## Conclusão

Cidadãos cientistas documentaram 76% de todas as espécies de aves ameaçadas no estado do Paraná, mas estes registros estão distribuídos em 31% dos municípios do estado. Nossos resultados revelaram que a riqueza municipal de espécies de aves está associada aos remanescentes de vegetação nativa conjuntamente com a população de cada município. Adicionalmente, usuários do WikiAves são enviesados pela ocorrência conhecida das aves endêmicas da Mata Atlântica e, assim, não visitam outras áreas que talvez abriguem estas espécies. A ciência cidadã colaborou para a melhor compreensão da distribuição das espécies de aves ameaçadas de extinção no estado do Paraná, porém pode contribuir ainda mais se algumas informações básicas e padronizações, como listas de espécies e tempo de amostragens, além de transecções pré-estabelecidas forem consideradas.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa PIBIC-EM à MRRP. James J. Roper traduziu o resumo para a língua inglesa e auxiliou com análises e *scripts* no ambiente R. Paola M. Sánchez produziu o resumo em espanhol. Três revisores anônimos contribuíram grandemente com sugestões à primeira versão deste manuscrito.

## Referências

Ballard HL, Phillips TB & Robinson L. 2018. Conservation outcomes of citizen science, p. 254-268. In: Hecker S, Haklay M, Bowser A, Makuch Z, Vogel J & Bonn A (orgs.). *Citizen Science – Innovation in Open Science, Society and Policy*. UCL Press. 542p.

Bíl M, Heigl F, Janoška Z, Vercayie D & Perkins SE. Benefits and challenges of collaborating with volunteers: Examples from National Wildlife Roadkill Reporting Systems in Europe. *Journal for Nature Conservation*, 54: 125798, 2020.

Chrostowski T. Z kolonii polskich w Paranie, I. *Ziemia*, 2(49/50): 802-805, 1911.

Degroote LW, Hingst-Zaher E, Lima LM, Whitacre J, Snyder JB & Wenzel JW. Citizen science data reveals

the cryptic migration of the Common Potoo *Nyctibius griseus* in Brazil. *Ibis*, 163(2): 380-389, 2020.

Devictor V, Whittaker RJ & Beltrame C. Beyond scarcity: citizen science programmes as useful tools for conservation biogeography. *Diversity and Distributions*, 16(3): 354-362, 2010.

Farias M, Roper J & Cavarzere V. Bird communities and their conservation priorities are better understood through the integration of traditional and citizen science data: an example from Brazilian Atlantic Forest. *Citizen Science: Theory and Practice*, 7(1): 1-13, 2022.

Fritzsos E, Mantovani LE, Wrege MS & Neto AC. Análise da pluviometria para definição de zonas homogêneas no Estado do Paraná. *RAE GA - O Espaço Geográfico em Análise*, 23: 555-572, 2011.

Galindo-Leal C & Câmara IG. 2003. *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook (vol. 1)*. Island Press.

Henckel L, Bradter U, Jönsson M, Isaac NJB & Snäll T. Assessing the usefulness of citizen science data for habitat suitability modelling: Opportunistic reporting versus sampling based on a systematic protocol. *Diversity and Distributions*, 26(10): 1276-1290, 2020.

ICMBio/MMA. 2018. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume III – Aves*. 1 ed. 709p.

Instituto Agrônomo do Estado do Paraná (IAPAR). 1994. *Cartas climáticas do estado do Paraná*. IAPAR. 49p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 272p.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). *The IUCN Red List of Threatened Species*. 2019. <<https://www.iucnredlist.org>>. Acesso em 01/02/2021.

Johnston A, Moran N, Musgrove A, Fink D & Baillie SR. Estimating species distributions from spatially biased citizen science data. *Ecological Modelling*, 422: 108927, 2020.

Klemann-Junior L, Vallejos MAV, Scherer-Neto P & Vitule JR. Traditional scientific data vs. uncoordinated citizen science effort: a review of the current status and comparison of data on avifauna in Southern Brazil. *PloS One*, 12(12): e0188819, 2017.

Koeppen W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. 1 ed. Fondo de Cultura Económica. 478p.

Lees AC & Martin RW. Exposing hidden endemism in a Neotropical forest raptor using citizen science. *Ibis*, 157(1): 103-114, 2015.

Maack R. 2017. *Geografia física do Estado do Paraná*. 4 ed. UEPG. 526p.

- Martinelli G & Moraes MA. 2013. Livro vermelho da flora do Brasil. 1 ed. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 1102p.
- Mittermeier RA, Turner WR, Larsen FW, Brooks TM & Gascon C. (2011). Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots, p. 3-22. In: Zachos FE & Habel JC (eds.). Biodiversity hotspots. Distribution and protection of conservation priority areas. Springer. 546p.
- Morante-Filho JC, Benchimol M & Faria D. Landscape composition is the strongest determinant of bird occupancy patterns in tropical forest patches. *Landscape Ecology*, 36: 105-117, 2021.
- Myers N, Mittermeier RA, Fonseca GAB & Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772): 853-358, 2000.
- Pacheco JF *et al.* Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee-second edition. *Ornithology Research*, 29: 94-105, 2021.
- Paraná. 2018. Decreto Nº 11.797, de 22 de novembro de 2018. Reconhece e atualiza lista de espécies de aves pertencentes à fauna silvestre ameaçadas de extinção no estado do Paraná e dá outras providências, atendendo o Decreto Nº 3.148, de 2004. Diário Oficial Do Paraná. <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=369613>>. Acesso em 01/02/2021.
- Possingham HP, Andelman SJ, Burgman MA, Medellín RA, Master LL & Keith DA. Limits to the use of threatened species lists. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(11): 503-507, 2002.
- Projeto MapBiomias. 2022. Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. <<https://mapbiomas.org/estatisticas>>. Acesso em 30/04/2022.
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.r-project.org>>. Acesso em: 12/01/2020.
- Rezende CL *et al.* From hotspot to hopespot: an opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 16(4): 208-214, 2018.
- Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ & Hirota MM. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142(6): 1141-1153, 2009.
- Sakamoto Y, Ishiguro M & Kitagawa G. 1986. Akaike information criterion statistics. D. Reidel. 81p.
- Scherer-Neto P, Straube FC, Carrano E & Urben-Filho A. Lista das aves do Paraná. *Hori Cadernos Técnicos*, 2: 1-130, 2011.
- Schubert SC, Manica LT & Guaraldo ADC. Revealing the potential of a huge citizen-science platform to study bird migration. *Emu-Austral Ornithology*, 119(4): 364-373, 2019
- Silva WL *et al.* Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30(2): 181-194, 2015.
- Silveira LF *et al.* Para que servem os inventários de fauna? *Estudos Avançados*, 24(68): 173-207, 2010.
- Silvertown J. A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(9): 467-471, 2009.
- Straube FC. 2012. Ruínas e urubus: história da ornitologia no Paraná. Período de Natterer, 1 (1820 a 1834). Hori Consultoria Ambiental. 241p.
- Straube FC. 2016. Ruínas e urubus: história da ornitologia no Paraná. Período de Chrostowski, 2 (1910). Hori Consultoria Ambiental. 457 p.
- Vale MM, Tourinho L, Lorini ML, Rajão H & Figueiredo MSL. Endemic birds of the Atlantic Forest: traits, conservation status, and patterns of biodiversity. *Journal of Field Ornithology*, 89(3): 193-206, 2018.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.  
Fluxo Contínuo  
n. 2, 2022

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886