



Fundação Universidade Federal do ABC

Pró reitoria de pesquisa

Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha, Santo André/SP, CEP 09210-580

Bloco L, 3º Andar, Fone (11) 3356-7617

iniciacao@ufabc.edu.br

Relatório Parcial de Iniciação Científica
referente ao Edital: 01/2020
(PIC/PIBIC/PIBITI/PIBIC-AF).

Nome do aluno: Beatriz de Faria

Assinatura do aluno: *Beatriz de Faria*

Nome do orientador: André Eterovic

Assinatura do orientador:

Título do projeto: Descrição de padrões espaciais da avifauna paulista: avaliação da efetividade de cidadãos cientistas.

Palavras-chave do projeto: avifauna, biodiversidade, cidadão cientista, WikiAves

Área do conhecimento do projeto: Ciências Naturais: Ecologia

Bolsista: Sim. Modalidade: PIC

Santo André

2021

Sumário

Sumário	2
1 Resumo	3
2 Introdução	3
3 Fundamentação teórica	4
4 Metodologia	5
4.1 Materiais e Métodos	5
4.2 Etapas da pesquisa	5
4.2.1 Análise Univariada	5
4.2.2. Análise Bivariada	6
4.2.3 Mapas Temáticos	6
5 Resultados e discussão dos resultados	6
5.1 Análise Univariada	6
5.1.1. Variáveis Resposta	6
5.1.2. Variáveis Explanatórias	7
5.2 Análise Bivariada	7
5.2.2. Espécies	8
5.2.3. Registros por Espécie	10
5.3 Mapas Temáticos	10
5.4 Discussão dos Resultados	11
6 Conclusões Preliminares e Perspectiva para a Próxima Etapa	12
6.1. Análise de Covariância	12
6.2 Análise de Classificação	12
Apêndice A	13
Apêndice B	14
Referências	15

1 Resumo

Num cenário de limitação de informações ecológicas sobre a biodiversidade, a ciência cidadã conquista um ofício relevante: a possibilidade de ampliar a quantidade de dados disponíveis. O esforço de cientistas profissionais no acúmulo de registros ornitológicos permitiu o delineamento de padrões de distribuição de espécies. Entretanto, resta quantificar o poder da participação massiva de leigos no levantamento desses dados, bem como em sua validade para o manejo conservacionista. O número de registros e de espécies de aves para os municípios do estado de São Paulo oriundos da atividade de cientistas cidadãos no portal Wikiaves foi comparado à sua contraparte gerada por especialistas no sítio SpeciesLink. Preliminarmente, análises univariadas e pareamentos a variáveis explanatórias indicam (1) maior intensidade e abrangência amostral, (2) maiores níveis de riqueza específica e (3) maior associação entre o esforço e a riqueza obtida com fatores externos (altitude, latitude, longitude, área municipal e tamanho da população humana) no banco de dados Wikiaves. Comparações formais entre os bancos de dados e suas relações com as variáveis explanatórias, além da abordagem multivariada da composição da comunidade complementarão o estudo na próxima etapa.

2 Introdução

Ecologia é o estudo da distribuição e abundância dos organismos (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2009). Determinar os padrões espaciais e temporais da biodiversidade tem implicações diretas sobre o manejo de recursos e serviços naturais (GROOM; MEFFE; CARROLL, 2006; ROQUE *et al.*, 2018), consideradas as diferentes escalas em que ela se manifesta – desde o nível molecular até o nível da paisagem, incluindo a riqueza de espécies (MAGURRAN, 2013).

Os estudos em Ecologia abrangem espaços importantes quanto à conservação da biodiversidade (PIMM *et al.*, 2014; ROQUE *et al.*, 2018; SANDERSON; HURON, 2011) e monitoramento de espécies (JORDAN *et al.*, 2012; MATTESON; TARON; MINOR, 2012; NEATE-CLEGG *et al.*, 2020; VIANNA *et al.*, 2014). Para realizá-los, é necessária uma grande quantidade de dados, com registros que ultrapassem as barreiras temporais e geográficas focais (AMANO; LAMMING; SUTHERLAND, 2016; COHN, 2008; PIMM *et al.*, 2014).

Em vista disso, o número de pesquisadores aptos a conduzir a descrição pormenorizada dos referidos padrões é exígua ante a demanda (AMANO; LAMMING; SUTHERLAND, 2016; GREENWOOD, 2007). Por exemplo, embora haja uma diversidade notável de aves que, no estado de São Paulo, são listadas desde o final do século XIX (SILVEIRA; UEZU, 2011), a ausência de uma quantidade abundante de registros limita o monitoramento e a conservação da avifauna (AMANO; LAMMING; SUTHERLAND, 2016). Portanto, tornam-se necessárias estratégias que otimizem tempo e esforço destinados a descrever padrões espaciais (AMANO; LAMMING; SUTHERLAND, 2016; GREENWOOD, 2007). O recrutamento massivo de leigos para o cumprimento de alguma das etapas desse tipo de levantamento é uma delas (HORNS; ADLER; ŞEKERCIOĞLU, 2018; LEPCZYK, 2005; PHILLIPS *et al.*, 2014; TREDICK *et al.*, 2017). Reconhece-se esse esforço como ciência cidadã (SILVERTOWN, 2009).

Esses cidadãos cientistas atuam principalmente na coleta de informações em campo, aprimorando gradualmente sua performance (KIESLINGER *et al.*, 2019; PHILLIPS *et al.*, 2014), sob tutela de um cientista profissional (com formação acadêmica e vinculado a algum órgão de pesquisa). Devido à alta quantidade de indivíduos ativos envolvidos, estes bancos de dados podem reunir uma quantidade massiva de registros (ALEXANDRINO *et al.*, 2018).

Projetos desenvolvidos com dados coletados por cientistas cidadãos são cada vez mais recorrentes (KULLENBERG; KASPEROWSKI, 2016; SILVERTOWN, 2009); devido à facilidade de acesso aos programas de contribuições de registros (BONNEY *et al.*, 2014; SILVERTOWN,

2009). Para Wood (2011), sua quantidade está atrelada ao fato de que qualquer um, em qualquer lugar e a qualquer momento pode submeter suas observações. Tais projetos proporcionam um cenário favorável ao desenvolvimento do pensamento científico a nível particular (FREITAG; PFEFFER, 2013) e comunitário (JORDAN *et al.*, 2012), por conseguinte, dando oportunidade à democratização da ciência (BONNEY *et al.*, 2016; MCCORMICK, 2007) e promovendo a premência da conservação e educação ambiental (BONNEY *et al.*, 2016; DIAS DA SILVA; NERY, 2019).

Não obstante, mais que quantidade, estes registros devem apresentar qualidade equivalente aos registros de profissionais (DICKINSON; ZUCKERBERG; BONTER, 2010; GOMMERMAN; MONROE, 2012; NOV; ARAZY; ANDERSON, 2014). A qualidade e validade dos bancos de dados assim obtidos deve ser testada para a plena aplicação dos resultados advindos de sua interpretação (KIESLINGER *et al.*, 2019; PHILLIPS *et al.*, 2014; TREDICK *et al.*, 2017).

Portanto, faz-se necessária a avaliação de se (e quanto) essa descrição baseada no trabalho dos cientistas cidadãos desvia-se daquela obtida sem sua participação, valendo-se apenas dos esforços dos cientistas profissionais (KLEMANN-JUNIOR *et al.*, 2017). Esse estudo aborda tais questões no que concerne à avifauna, baseando-se em duas bases de dados “concorrentes” do estado de São Paulo, na região Sudeste do Brasil. O sítio SpeciesLink (2020) reúne registros em coleções biológicas institucionais adquiridas primordialmente durante a atividade de pesquisadores. O sítio WikiAves reúne registros fotográficos e fonográficos de espécies em território brasileiro conduzidos por populares e com curadoria sob regência de especialistas (WikiAves 2020). Como referência, até o dia 25/04/2020 (portanto, pré-pandemia), contava com 3.119.856 registros de 33.918 contribuintes para 1.890 espécies.

3 Fundamentação teórica

A ocorrência de populações de aves em determinada localidade é empregada amplamente como um indicador de condição ambiental (GREENWOOD, 2007; LEPCZYK, 2005; SCHUBERT; MANICA; GUARALDO, 2019), inclusive como um descritor alternativo e correlacionado à diversidade de outros grupos zoológicos e botânicos. Dadas as características marcantes e diagnósticas de grande parte das espécies de aves, sua determinação é plenamente possível por um iniciado com treino moderado. A disseminação global da atividade de birdwatching indica o apelo popular desse táxon (ALEXANDRINO *et al.*, 2018; LEPCZYK, 2005). Por conseguinte, o estado de São Paulo reúne uma grande quantidade de registros de aves provenientes de cientistas cidadãos.

Contudo, embora a ciência cidadã tenha uma vasta capacidade de reunir dados, sua qualidade é um desafio, em especial, para países subdesenvolvidos como é o Brasil (HORNS; ADLER; ŞEKERCIOĞLU, 2018). Ela pode ser afetada por aspectos como o interesse dos cidadãos em contribuir (NOV; ARAZY; ANDERSON, 2014; SAUERMANNA; FRANZONIB, 2015), o treinamento e idade dos coletores (DICKINSON; ZUCKERBERG; BONTER, 2010), o sítio em que se situa o projeto (SAUERMANNA; FRANZONIB, 2015), o número de voluntários e a quantidade de locais cobertos pela pesquisa (MATTESON; TARON; MINOR, 2012). Para o monitoramento de aves, há a incapacidade dos observadores de acessar terras privadas onde residem grande parte das espécies raras (LEPCZYK, 2005). Todos estes são fatores característicos para a qualificação dos dados obtidos por esforços de cientistas cidadãos.

Consequentemente, a validação dos dados é necessária para atender o rigor exigido por estudos acadêmicos (COX *et al.*, 2012; GOMMERMAN; MONROE, 2012; NEATE-CLEGG *et al.*, 2020; TREDICK *et al.*, 2017). Alguns autores defendem que cidadãos com treinamento prévio conseguem reunir dados semelhantes aos de cientistas, sem variações fundamentais (CALLAGHAN; GAWLIK, 2015; COX *et al.*, 2012; JORDAN *et al.*, 2012; KREMEN; ULLMAN; THORP, 2011). Os protocolos de treinamento variam conforme o sítio analisado.

Não obstante, faz-se necessário um equilíbrio em relação à austeridade de protocolos, a fim de não desanimar o público contribuinte (NOV; ARAZY; ANDERSON, 2014; SULLIVAN *et al.*, 2014). O WikiAves é um portal cujos protocolos são flexíveis, isto é, não é necessário curso ou treinamento formal para tornar-se um contribuinte. Adicionalmente, a acessibilidade deste sítio torna-o um portal propício para que cidadãos documentem seus registros (SULLIVAN *et al.*, 2014).

Neste estudo serão determinadas as semelhanças e divergências que o sítio apresenta em relação aos dados coletados por profissionais na rede SpeciesLink. Para tanto, serão consideradas variáveis com potencial associação à composição de espécies de aves em determinado local (LADLE; WHITTAKER, 2011). Gradientes geográficos (altitude, latitude, longitude) são exemplos de fatores que alteram a riqueza e a distribuição de espécies em um local (GENTRY, 1988; KARR, 1980). Outrossim, a extensão da área em que a amostra é coletada tem influência direta sobre a riqueza (LADLE; WHITTAKER, 2011). Igualmente, o número de habitantes de um município interfere na quantidade de cidadãos aptos a serem voluntários; o número de registros, por sua vez, é determinado pela quantidade de voluntários envolvidos (MATTESSON; TARON; MINOR, 2012).

4 Metodologia

4.1 Materiais e Métodos

As análises foram conduzidas a partir de três bancos de dados de referência: (1) WAV, valendo-se de todos os registros fotográficos obtidos para o estado de São Paulo e publicados no sítio Wikiaves até 20/01/2020; (2) SLI, valendo-se de todos os registros obtidos para o estado de São Paulo, com testemunho físico (exemplar taxidermizado) tombado em coleção e publicados no sítio SpeciesLink até 12/02/2020; (3) WAV2, reunindo apenas os registros de WAV obtidos nos municípios que também foram contemplados em SLI e possibilitando uma análise pareada com base nessas unidades amostrais administrativas.

O número de registros e o número de espécies por município foram os usados como descritores da comunidade avaliada. Valores referentes a variáveis explanatórias associadas às sedes dos municípios (latitude, longitude, altitude, tamanho da população humana, área municipal) foram obtidas no sítio do IBGE (2020). Neste relatório parcial, foram incluídas análises uni e bivariadas, além de mapas temáticos. As análises foram conduzidas com o programa R (CORETEAM, 2017).

4.2 Etapas da pesquisa

No período de janeiro a fevereiro de 2020, foram coletados os registros provenientes de cientistas cidadãos no portal Wikiaves e aqueles provenientes de cientistas nas coleções disponíveis na rede SpeciesLink. As espécies foram denominadas em acordo com a lista das aves do Brasil do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (PIACENTINI *et al.*, 2015).

4.2.1 Análise Univariada

Estatísticas de posição e dispersão foram empregadas na análise exploratória dos dados (BORCARD; GILLET; LEGENDRE, 2011; FIELD; MILES; FIELD, 2012; NICHOLAS J. GOTELLI; AARON M. ELLISON, 2010). Visando distribuições mais simétricas, foram removidos os valores discrepantes relativos às variáveis explanatórias (FIELD; MILES; FIELD, 2012; VALENTIN, 2000) e aplicada a transformação logarítmica para todas as variáveis, exceto altitude, latitude e longitude (BORCARD; GILLET; LEGENDRE, 2011; FIELD; MILES; FIELD, 2012; NICHOLAS J. GOTELLI; AARON M. ELLISON, 2010). Testes formais na comparação entre os bancos de dados serão conduzidos na próxima etapa.

4.2.2. Análise Bivariada

A partir dos dados reformatados para a análise anterior, foi conduzida uma análise de regressão linear entre as variáveis indicadas (NICHOLAS J. GOTELLI; AARON M. ELLISON, 2010). Foram estimados o intercepto e a inclinação da reta ajustada, além do respectivo coeficiente de determinação (e valor-p) para o pareamento entre cada variável resposta (número de registros e número de espécies) e cada variável explanatória, nos bancos de dados distintos. Resíduos discrepantes (outliers bivariados) também foram excluídos (FIELD; MILES; FIELD, 2012).

A relação entre as duas variáveis resposta foi avaliada por um modelo de regressão não linear (NICHOLAS J. GOTELLI; AARON M. ELLISON, 2010), e de seus parâmetros estimados. Posteriormente, comparações entre curvas dos diferentes bancos de dados serão feitas por análise de covariância (BORCARD; GILLET; LEGENDRE, 2011; FIELD; MILES; FIELD, 2012; NICHOLAS J. GOTELLI; AARON M. ELLISON, 2010).

4.2.3 Mapas Temáticos

Foram construídos mapas temáticos que apresentam as variáveis conforme sua distribuição de valores nos municípios analisados, para cada banco de dados (BORCARD; GILLET; LEGENDRE, 2011).

5 Resultados e discussão dos resultados

5.1 Análise Univariada

5.1.1. Variáveis Resposta

O estudo das variáveis resposta demonstra que o Wikiaves, quando comparado ao SpeciesLink, possui um número maior de registros, de espécies e de municípios contemplados em valores absolutos (Tabela A-1), associados a valores maiores do número médio de registros por município (Tabela A-2), do número de espécies por município (Tabela A-3) e do número de registros por espécie (Tabela A-4). A assimetria na distribuição das versões originais dessas variáveis foi reduzida com a transformação logarítmica (NICHOLAS J. GOTELLI; AARON M. ELLISON, 2010) (Figura 1).

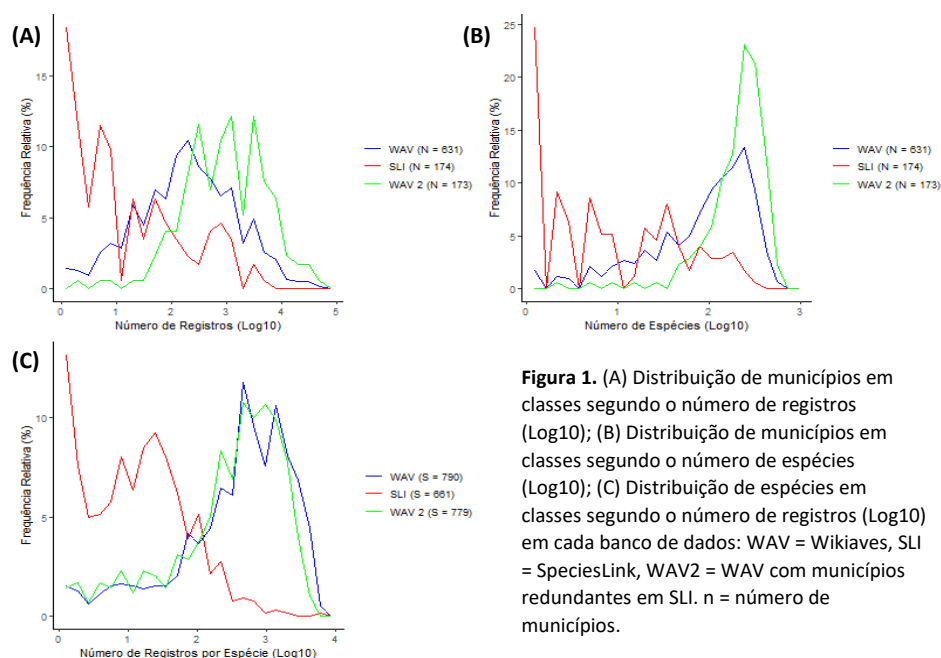


Figura 1. (A) Distribuição de municípios em classes segundo o número de registros (Log10); (B) Distribuição de municípios em classes segundo o número de espécies (Log10); (C) Distribuição de espécies em classes segundo o número de registros (Log10) em cada banco de dados: WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink, WAV2 = WAV com municípios redundantes em SLI. n = número de municípios.

5.1.2. Variáveis Explanatórias

Quanto as variáveis independentes, foi analisada a distribuição de seus valores nos 631 municípios amostrados no Wikiaves e nos 174 municípios amostrados no SpeciesLink. Para reduzir a assimetria das curvas referentes à área e ao número de habitantes, foi executada a transformação logarítmica assim como para as variáveis dependentes (NICHOLAS J. GOTELLI; AARON M. ELLISON, 2010) (Figura 2).

Alguns grupos de municípios (ou municípios individuais) portavam-se de forma distinta do padrão predominante em relação a determinados fatores. Em particular, ao tratar-se da altitude, o litoral representa um conjunto de municípios que provoca uma quebra abrupta no padrão da curva (Figura 2). Considerados como outliers, foram excluídos das avaliações pertinentes (FIELD; MILES; FIELD, 2012). O Apêndice B traz as estatísticas após tal exclusão.

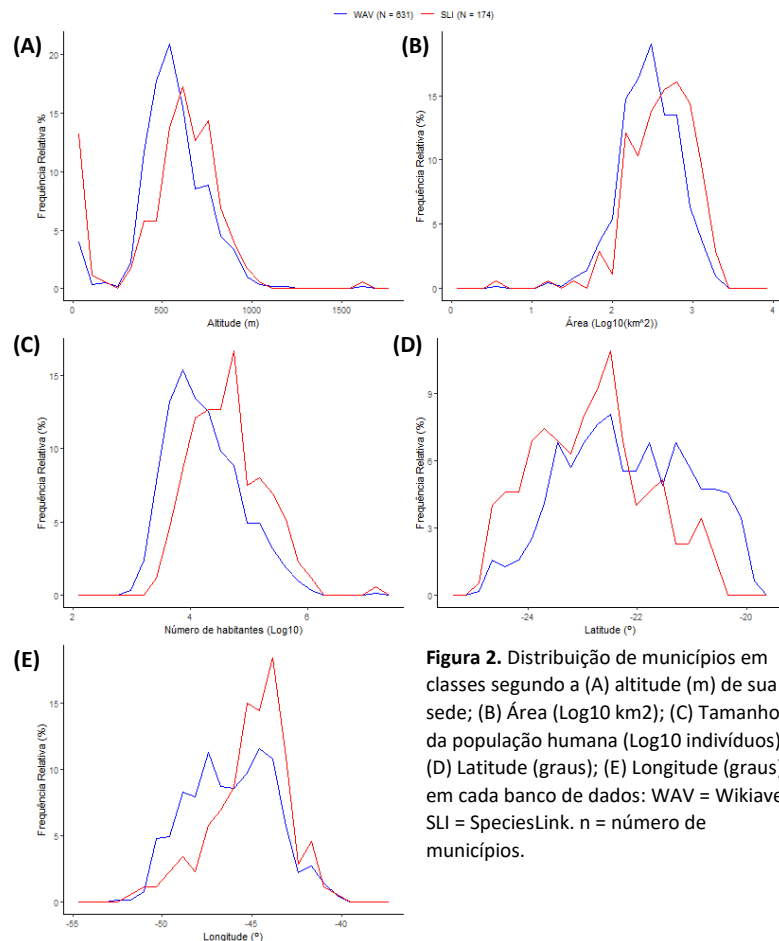


Figura 2. Distribuição de municípios em classes segundo a (A) altitude (m) de sua sede; (B) Área (Log10 km²); (C) Tamanho da população humana (Log10 indivíduos); (D) Latitude (graus); (E) Longitude (graus) em cada banco de dados: WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink. n = número de municípios.

5.2 Análise Bivariada

5.2.1. Registros

O número de registros por município teve relação direta significativa ($P < 0,05$) com a grande maioria das variáveis explanatórias, em todos os bancos de dados (Tabela 1, Figura 3). São exceções a essa regra a relação inversa (e significativa) com a latitude, e relações não significantes com a área para WAV2 e com o tamanho da população para SLI, além da associação marginalmente significativa com a altitude em SLI. Predominantemente, as associações são mais intensas (como indicado pelos coeficientes de determinação e pela inclinação das curvas) no banco de dados WAV.

Tabela 1. Regressão linear entre o número de registros (Log10) por município em cada banco de dados e variáveis explanatórias. WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink, WAV2 = WAV com municípios redundantes em SLI. Número de municípios (n), coeficiente de determinação (r^2), inclinação da reta (a) e intercepto (b) para cada pareamento, com outliers bivariados excluídos. Valores significantes ($p < 0.05$) em negrito.

Variável	Estatística	WAV	SLI	WAV 2
Altitude (m)	n	598	145	143
	r^2	0,21	0,03	0,09
	a	0,00	0,00	0,00
	b	0,67	0,33	2,00
	p	0,0001	0,0493	0,0002
Área (Log10(km ²))	n	624	171	168
	r^2	0,09	0,05	0,02
	a	0,82	0,66	0,28
	b	0,24	-0,57	2,27
	p	0,0001	0,0035	0,0768
População (Log10 indivíduos)	n	619	173	167
	r^2	0,43	0,02	0,26
	a	0,93	0,22	0,59
	b	-1,70	0,12	0,23
	p	0,0001	0,0818	0,0001
Latitude (°)	n	629	174	170
	r^2	0,15	0,22	0,07
	a	-0,30	-0,45	-0,17
	b	-4,36	-9,11	-0,89
	p	0,0001	0,0001	0,0006
Longitude (°)	n	627	174	170
	r^2	0,36	0,09	0,26
	a	0,31	0,20	0,25
	b	17,44	10,92	14,80
	p	0,0001	0,0001	0,0001

5.2.2. Espécies

Há grande similaridade entre a relação variáveis explanatórias – número de espécies por município e o comportamento descrito para o número de registros (Tabela 2, Figura 3): predominam as associações diretas significantes e há a associação negativa (e significativa) com a latitude. Em SLI, não foi significativa a associação com a altitude e com o tamanho da população. Predominantemente, as associações são mais intensas (como indicado pelos coeficientes de determinação e pela inclinação das curvas) no banco de dados WAV.

Tabela 2. Regressão linear entre o número de espécies (Log10) por município em cada banco de dados e variáveis explanatórias. WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink, WAV2 = WAV com municípios redundantes em SLI. Número de municípios (n), coeficiente de determinação (r^2), inclinação da reta (a), e intercepto (b) para cada pareamento, com outliers bivariados excluídos. Valores significantes ($p < 0.05$) em negrito.

Variável	Estatística	WAV	SLI	WAV 2
Altitude (m)	n	577	147	138
	r^2	0,20	0,02	0,16
	a	0,00	0,00	0,00
	b	1,03	0,29	1,84
	p	0,0001	0,0601	0,0001
Área (Log10(km ²))	n	605	171	161
	r^2	0,08	0,05	0,06
	a	0,43	0,50	0,16
	b	0,84	-0,43	1,89
	p	0,0001	0,0024	0,0015
População (Log10 indivíduos)	n	611	173	158
	r^2	0,32	0,02	0,18
	a	0,48	0,16	0,16
	b	-0,11	0,14	1,58
	p	0,0001	0,0960	0,0001
Latitude (°)	n	605	174	164
	r^2	0,15	0,15	0,13
	a	-0,16	-0,28	-0,08
	b	-1,60	-5,44	0,57
	p	0,0001	0,0001	0,0001
Longitude (°)	n	602	174	167
	r^2	0,34	0,09	0,25
	a	0,19	0,15	0,09
	b	11,00	7,91	6,57
	p	0,0001	0,0001	0,0001

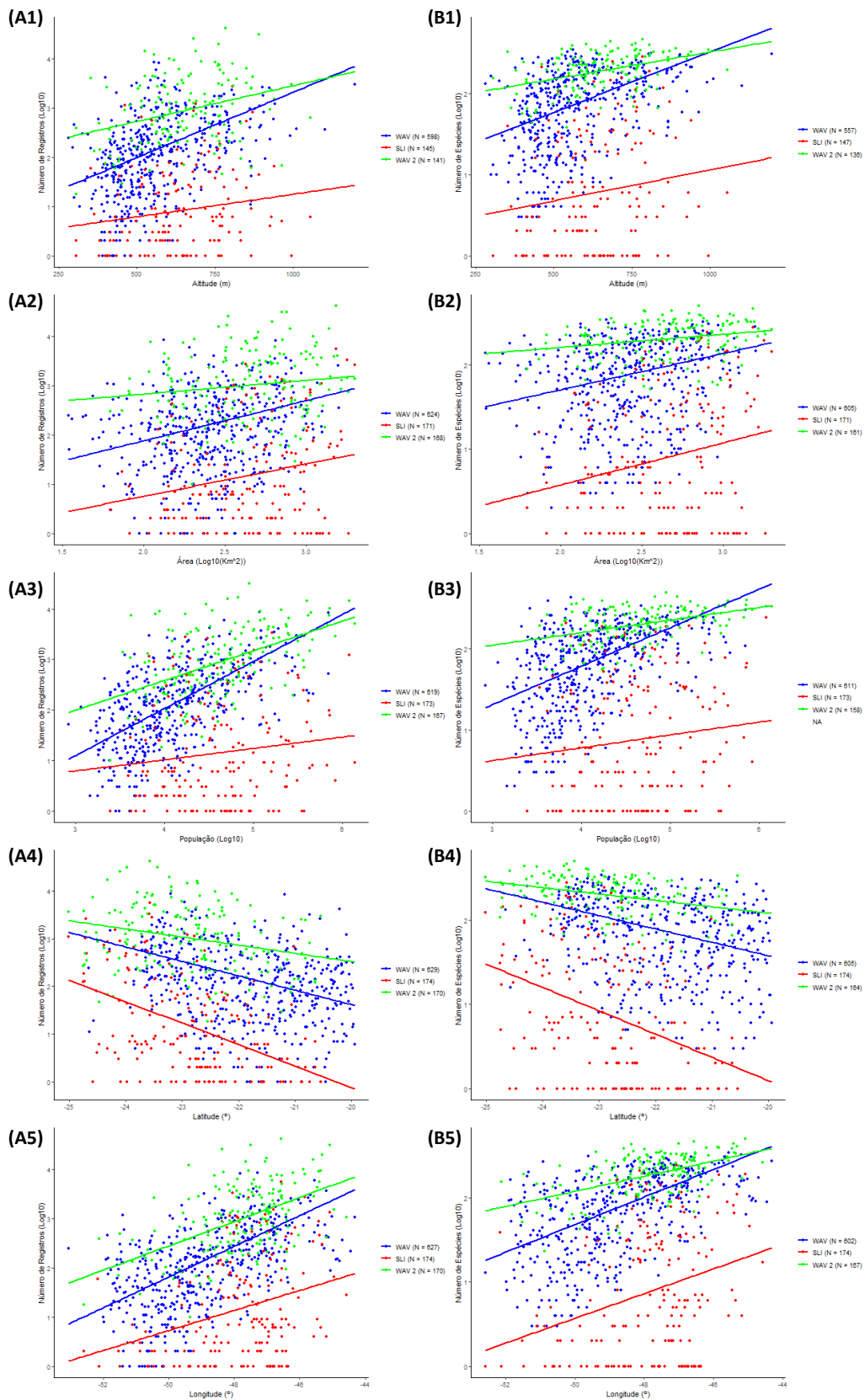


Figura 3. Regressão linear entre as variáveis resposta (A) número de registros (Log10) e (B) número de espécies (Log10) por município em cada banco de dados e as variáveis explanatórias (1) altitude (m) da sede; (2) Área (Log10 km2); (3) Tamanho da população humana (Log10 indivíduos); (4) Latitude (graus); (5) Longitude (graus). Outliers bivariados foram excluídos.

5.2.3. Registros por Espécie

Tanto o número de registros quanto o número de espécies aumentam simultaneamente nos bancos de dados SLI e WAV2, em pareamentos por município (Figura 4). A relação quadrática entre o (log do) número de espécies e o (log do) número de registros por município é um análogo da curva do coletor nos três bancos de dados, com um retorno decrescente na taxa de espécies obtidas com o aumento do esforço amostral, culminando com a riqueza máxima esperada para uma unidade administrativa (NICHOLAS J. GOTELLI; AARON M. ELLISON, 2010).

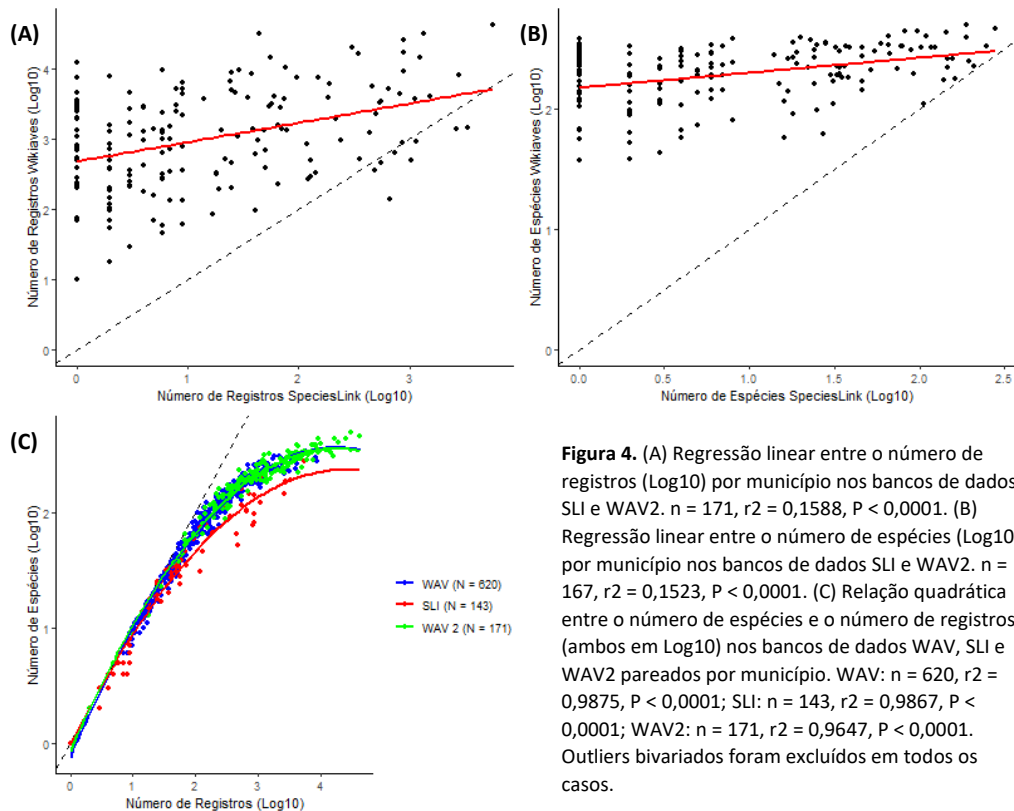


Figura 4. (A) Regressão linear entre o número de registros (Log10) por município nos bancos de dados SLI e WAV2. $n = 171$, $r^2 = 0,1588$, $P < 0,0001$. (B) Regressão linear entre o número de espécies (Log10) por município nos bancos de dados SLI e WAV2. $n = 167$, $r^2 = 0,1523$, $P < 0,0001$. (C) Relação quadrática entre o número de espécies e o número de registros (ambos em Log10) nos bancos de dados WAV, SLI e WAV2 pareados por município. WAV: $n = 620$, $r^2 = 0,9875$, $P < 0,0001$; SLI: $n = 143$, $r^2 = 0,9867$, $P < 0,0001$; WAV2: $n = 171$, $r^2 = 0,9647$, $P < 0,0001$. Outliers bivariados foram excluídos em todos os casos.

5.3 Mapas Temáticos

A distribuição espacial do número de registros e do número de espécies indica uma concentração de dados oriundos das porções sul e sudeste do estado, além da capital e adjacências (Figura 5) em todos os bancos de dados. A distribuição espacial das variáveis explanatórias (Figura 6), analisada em conjunto com o número de registros e espécies e com as regressões executadas (Tabelas 1 e 2, Figura 3), apontam para um predomínio da riqueza onde o esforço amostral é maior: municípios mais populosos, de maior área, situados em menores longitudes, maiores latitudes e maiores altitudes. Apesar da cobertura espacial mais ampla decorrente da amostragem massiva em WAV, tal padrão é replicado em SLI.

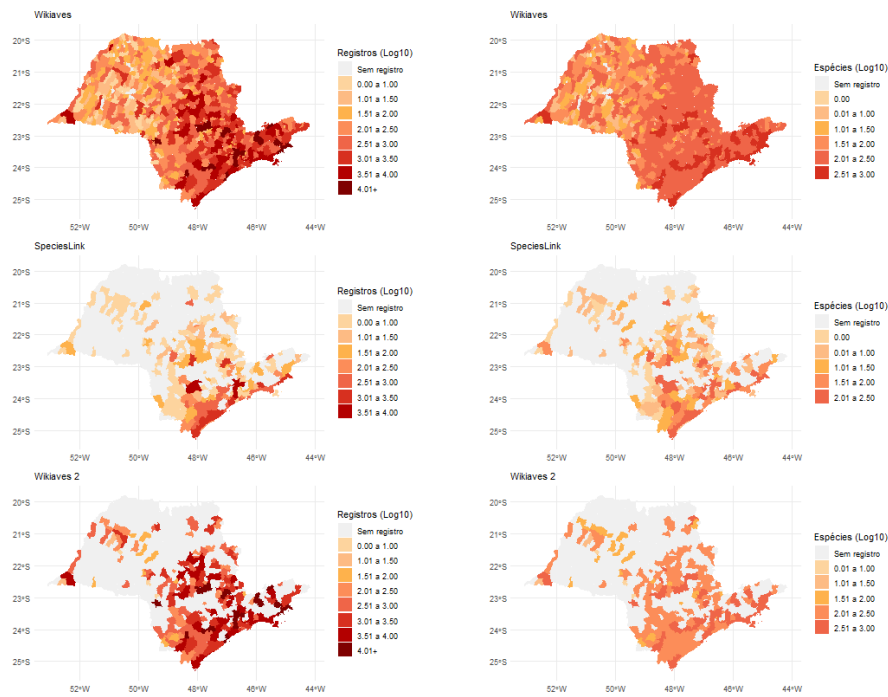


Figura 5. Distribuição espacial dos municípios do estado de São Paulo em classes segundo o número de registros (Log10, esquerda) e o número de espécies (Log10, direita) em cada banco de dados (WAV = superior, SLI = central, WAV2 = inferior).

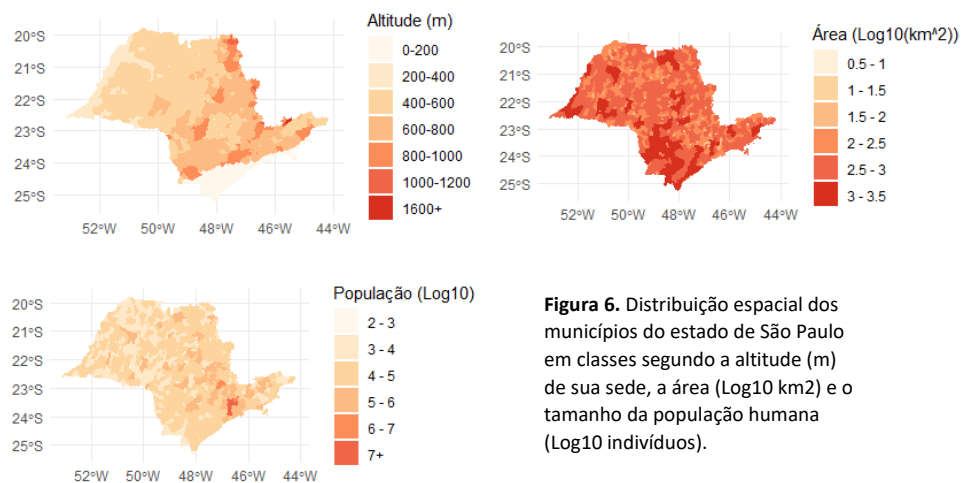


Figura 6. Distribuição espacial dos municípios do estado de São Paulo em classes segundo a altitude (m) de sua sede, a área (Log10 km²) e o tamanho da população humana (Log10 indivíduos).

5.4 Discussão dos Resultados

Os resultados reforçam as perspectivas de outros autores que a ciência cidadã tem capacidade maior de amostragem, tanto pelo número de municípios cobertos pela amostragem quanto pelo número de espécies registradas (ALEXANDRINO *et al.*, 2018; CALLAGHAN; GAWLIK, 2015; DICKINSON; ZUCKERBERG; BONTER, 2010; NOV; ARAZY; ANDERSON, 2014; WOOD *et al.*, 2011). Ressalta-se que, enquanto os cientistas cidadãos conseguem cobrir mais de 97% do estado, a base de dados do SpeciesLink cobre, apenas, cerca de 27% do estado de São Paulo, restringindo-se a um número menor de unidades administrativas.

Mesmo ao se comparar o esforço dos cientistas cidadãos restrito aos municípios que contém, no mínimo, um registro no SpeciesLink, o Wikiaves (no caso, WAV2) ainda apresenta uma quantidade maior de registros em valores absolutos e relativos aos municípios analisados.

No entanto, esta base é, também, suscetível à influência de gradientes geográficos, extensão da área analisada e número de habitantes do município (DICKINSON; ZUCKERBERG; BONTER, 2010; MATTESON; TARON; MINOR, 2012), como indicado pela maior declividade predominante das curvas de regressão (e valores elevados do coeficiente de determinação) entre as variáveis resposta e os fatores explanatórios (a despeito da falta de uma comparação formal; a análise de covariância será tratada na próxima etapa). A variação no número de espécies conforme o esforço amostral é semelhante nas bases analisadas, indício de que, mesmo sem treinamento prévio, os voluntários conseguem mapear espécies de modo semelhante aos cientistas. Este resultado é similar ao obtido por Callaghan & Gawlik (2015), na análise da qualidade dos registros apresentados pelo e-bird.

6 Conclusões Preliminares e Perspectiva para a Próxima Etapa

A ciência cidadã pode prestar uma contribuição significativa à Ecologia (ALEXANDRINO *et al.*, 2018; CALLAGHAN; GAWLIK, 2015; DICKINSON; ZUCKERBERG; BONTER, 2010; JORDAN *et al.*, 2012; LEPCZYK, 2005; MATTESON; TARON; MINOR, 2012; WOOD *et al.*, 2011) e o trabalho desenvolvido nesta primeira etapa já apresenta evidências. Até então, este estudo demonstrou que os registros provenientes de ciência cidadã apresentam relações lineares predominantemente mais fortes com variáveis externas (DICKINSON; ZUCKERBERG; BONTER, 2010; LADLE; WHITTAKER, 2011). Os testes formais na comparação das curvas para bases de dados distintas e abordagem multivariada devem complementar o contraste.

6.1. Análise de Covariância

A análise de covariância será um teste formal de como as bases de dados variam conforme estímulo externo. Por este intermédio, será possível avaliar formalmente as semelhanças e diferenças entre o Wikiaves e o SpeciesLink quando pareados com variáveis explanatórias (FIELD; MILES; FIELD, 2012).

6.2 Análise de Classificação

Para a realização de uma análise multivariada, serão computadas matrizes de distância, valendo-se do índice de similaridade de Jaccard (GREENACRE; PRIMICERIO, 2014; VALENTIN, 2000) e serão construídos dendogramas hierárquicos para determinar grupos de municípios similares conforme a composição de espécies (BORCARD; GILLET; LEGENDRE, 2011; GREENACRE; PRIMICERIO, 2014; VALENTIN, 2000). A posteriori, serão elaborados cartogramas conforme os grupos descritos para determinados limiares de similaridade e será empregado o teste de mantel para comparar as matrizes de distância quanto às variáveis explanatórias (BORCARD; GILLET; LEGENDRE, 2011; VALENTIN, 2000). Enquanto a análise bivariada pautou-se na riqueza específica apresentada por cada município (NICHOLAS J. GOTELLI; AARON M. ELLISON, 2010), a análise multivariada determinará as semelhanças conforme a composição de espécies por município (BORCARD; GILLET; LEGENDRE, 2011; GREENACRE; PRIMICERIO, 2014; VALENTIN, 2000).

Apêndice A

Tabela 1. Número de municípios amostrados, de registros e de espécies nos bancos de dados: WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink, WAV2 = WAV com municípios redundantes em SLI.

Variável	WAV	SLI	WAV 2
Municípios	631	174	173
Registros	719094	36320	535711
Espécies	790	661	779

Tabela 2. Estatísticas de tendência central e dispersão para o número de registros por município em cada banco de dados: WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink, WAV2 = WAV com municípios redundantes em SLI. Valores de média (m) e desvio-padrão (dp) em Log10 foram retrotransformados (Retro). min-max = valores extremos, q1-q3 = quartis.

Valores	Estatística	WAV	SLI	WAV 2
Originais	m (dp)	1139,9 (3325,2)	208,7 (623,1)	3096,6 (5752,0)
	mediana	204	7,0	996,0
	min-max	1 - 41840	1 - 5680	2 - 41840
	q1-q3	47,5 - 787,5	2 - 67,5	314,0 - 3270,0
Log10	m (dp)	2,27 (0,90)	1,17 (1,01)	2,97 (0,74)
	mediana	2,31	0,85	3
	min-max	0,00 - 4,62	0,00 - 3,75	0,30 - 4,62
	q1-q3	1,68 - 2,90	0,30 - 1,83	2,50 - 3,51
Retro	m (dp)	184,79 (7,93)	14,71 (10,28)	941,96 (5,54)

Tabela 3. Estatísticas de tendência central e dispersão para o número de espécies por município em cada banco de dados: WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink, WAV2 = WAV com municípios redundantes em SLI. Valores de média (m) e desvio-padrão (dp) em Log10 foram retrotransformados (Retro). min-max = valores extremos, q1-q3 = quartis.

Valores	Estatística	WAV	SLI	WAV 2
Originais	m (dp)	126,7 (103,3)	29,7 (50,6)	214,3 (105,3)
	mediana	105	6	213
	min-max	1 - 500	1 - 281	2 - 500
	q1-q3	35,0 - 195,5	2,0 - 33,0	137,0 - 292,0
Log10	m (dp)	1,86 (0,58)	0,89 (0,74)	2,25 (5,55)
	mediana	2,02	0,78	2,33
	min-max	0,00 - 2,70	0,00 - 2,45	0,30 - 2,70
	q1-q3	1,54 - 2,29	0,30 - 1,52	2,14 - 2,47
Retro	m (dp)	71,99 (3,81)	7,71 (5,56)	175,94 (2,19)

Tabela 4. Estatísticas de tendência central e dispersão para o número de registros por espécie em cada banco de dados: WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink, WAV2 = WAV com municípios redundantes em SLI. Valores de média (m) e desvio-padrão (dp) em Log10 foram retrotransformados (Retro). min-max = valores extremos, q1-q3 = quartis.

Valores	Estatística	WAV	SLI	WAV 2
Originais	m (dp)	910,2(1069,9)	54,9 (233,8)	687,7 (777,6)
	mediana	484	13,0	423,0
	min-max	1 - 5813	1 - 5009	1 - 4490
	q1-q3	147,5 - 1287,0	3,0 - 36,0	113,5 - 1013,5
Log10	m (dp)	2,51 (0,83)	1,09 (0,72)	2,40 (0,82)
	mediana	2,68	1,11	2,63
	min-max	0,00 - 3,76	0,00 - 3,70	0,00 - 3,65
	q1-q3	2,17 - 3,11	2,17 - 3,11	2,05 - 3,01
Retro	m (dp)	323,80 (6,77)	12,16 (5,21)	253,09 (6,60)

Apêndice B

Tabela 1. Estatísticas de tendência central e dispersão para a altitude (m) da sede dos municípios em cada banco de dados: WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink. n = número de municípios, m = média, dp = desvio-padrão, min-max = valores extremos, q1-q3 = quartis. Foram excluídos dessa análise os municípios com altitude inferior a 250 m e superior a 1200 m.

Estatística	WAV	SLI
n	600	147
m (dp)	582,4 (149,3)	645,7 (146,9)
mediana	555,7	637,0
min-max	280,7 - 1196,6	305,9 - 1055,5
q1-q3	469,0 - 675,1	556,7 - 762,2

Tabela 2. Estatísticas de tendência central e dispersão para a área (Log10 km2) dos municípios em cada banco de dados: WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink. n = número de municípios, m = média, dp = desvio-padrão, min-max = valores extremos, q1-q3 = quartis. Foram excluídos dessa análise os municípios com área inferior a 20 km2 no WAV e 40km2 no SLI.

Estatística	WAV	SLI
n	626	171
m (dp)	2,47 (0,34)	2,64 (0,34)
mediana	2,46	2,66
min-max	1,47 - 3,30	1,80 - 3,30
q1-q3	2,22 - 2,72	2,38 - 2,91

Tabela 3. Estatísticas de tendência central e dispersão para o tamanho da população humana (Log10 indivíduos) dos municípios em cada banco de dados: WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink. n = número de municípios, m = média, dp = desvio-padrão, min-max = valores extremos, q1-q3 = quartis. Foi excluído dessa análise o município com 12252023 habitantes (São Paulo).

Estatística	WAV	SLI
n	630	173
m (dp)	4,24 (0,60)	4,63 (0,59)
mediana	2,46	4,61
min-max	2,92 - 6,14	3,40 - 6,14
q1-q3	3,78 - 4,64	4,17 - 5,01

Tabela 4. Estatísticas de tendência central e dispersão para a latitude (graus) da sede dos municípios em cada banco de dados: WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink. n = número de municípios, m = média, dp = desvio-padrão, min-max = valores extremos, q1-q3 = quartis.

Estatística	WAV	SLI
n	631	174
m (dp)	-22,2 (1,2)	-22,9 (1,0)
mediana	-22,2	-22,8
min-max	-25,0 ; -19,9	-25,0 ; -20,5
q1;q3	-23,1 ; -21,2	-23,6 ; -22,2

Tabela 5. Estatísticas de tendência central e dispersão para a longitude (graus) da sede dos municípios em cada banco de dados: WAV = Wikiaves, SLI = SpeciesLink. n = número de municípios, m = média, dp = desvio-padrão, min-max = valores extremos, q1-q3 = quartis.

Estatística	WAV	SLI
n	631	174
m (dp)	-48,6 (1,7)	-47,8 (1,5)
mediana	-47,5	-48,6
min-max	-53,1 ; -44,3	-52,6 ; -44,6
q1;q3	-49,9 ; -47,3	-48,6 ; -46,8

Referências

- ALEXANDRINO, Eduardo Roberto; LOPES, Ricardo; FERRAZ, Kátia Maria Paschoaletto Micchi de Barros; COUTO, Hilton Thadeu Zarate. Regiões paulistas carentes de registros ornitológicos feitos por cidadãos cientistas. **Atualidades Ornitológicas**, vol. 201, no. March, p. 33–39, 2018. .
- AMANO, Tatsuya; LAMMING, James D.L.; SUTHERLAND, William J. Spatial Gaps in Global Biodiversity Information and the Role of Citizen Science. **BioScience**, vol. 66, no. 5, p. 393–400, 2016. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw022>.
- BEGON, M; TOWNSEND, C R; HARPER, J L. **Ecologia: De indivíduos a ecossistemas**. [S. l.]: Artmed Editora, 2009. Available at: <https://books.google.com.br/books?id=cAAIn606VrIC>.
- BONNEY, Rick; PHILLIPS, Tina B.; BALLARD, Heidi L.; ENCK, Jody W. Can citizen science enhance public understanding of science? **Public Understanding of Science**, vol. 25, no. 1, p. 2–16, 2016. <https://doi.org/10.1177/0963662515607406>.
- BONNEY, Rick; SHIRK, Jennifer L.; PHILLIPS, Tina B.; WIGGINS, Andrea; BALLARD, Heidi L.; MILLER-RUSHING, Abraham J.; PARRISH, Julia K. Next steps for citizen science. **Science**, vol. 343, no. 6178, p. 1436–1437, 2014. <https://doi.org/10.1126/science.1251554>.
- BORCARD, Daniel; GILLET, Francois; LEGENDRE, Pierre. **Numerical Ecology with R**. [S. l.: s. n.], 2011. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7976-6>.
- CALLAGHAN, Corey T.; GAWLIK, Dale E. Efficacy of eBird data as an aid in conservation planning and monitoring. **Journal of Field Ornithology**, vol. 86, no. 4, p. 298–304, 2015. <https://doi.org/10.1111/jofo.12121>.
- COHN, Jeffrey P. Citizen science: Can volunteers do real research? **BioScience**, vol. 58, no. 3, p. 192–197, 2008. <https://doi.org/10.1641/B580303>.
- CORETEAM, R. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. [S. l.: s. n.], 2017. vol. 2, . Available at: <https://www.r-project.org/>.
- COX, T. E.; PHILIPPOFF, J.; BAUMGARTNER, E.; SMITH, C. M. Expert variability provides perspective on the strengths and weaknesses of citizen-driven intertidal monitoring program. **Ecological Applications**, vol. 22, no. 4, p. 1201–1212, 2012. <https://doi.org/10.1890/11-1614.1>.
- DIAS DA SILVA, José Antônio; NERY, Aline Silva Dejesi. Uma proposta de uso da plataforma Wiki Aves como um facilitador na aprendizagem de temas ambientais relacionados à ornitologia. **Revista Thema**, vol. 16, no. 3, p. 607–616, 2019. <https://doi.org/10.15536/thema.v16.2019.607-616.1344>.
- DICKINSON, Janis L.; ZUCKERBERG, Benjamin; BONTER, David N. Citizen science as an ecological research tool: Challenges and benefits. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, vol. 41, p. 149–172, 2010. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636>.
- FIELD, Andy; MILES, Jeremy; FIELD, Zoe. **Discovering Statistics Using R**. [S. l.: s. n.], 2012. <https://doi.org/10.7326/M16-0968>.
- FREITAG, Amy; PFEFFER, Max J. Process, Not Product: Investigating Recommendations for Improving Citizen Science “Success.” **PLoS ONE**, vol. 8, no. 5, p. 1–5, 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064079>.
- GENTRY, Alwyn H. **Changes in Plant Community Diversity and Floristic Composition on Environmental and Geographical Gradients**. [S. l.: s. n.], 1988.

GOMMERMAN, Luke; MONROE, Martha C. Lessons learned from evaluations of citizen science programs. **IFAS Extension, University of Florida**, no. 1, p. 1–5, 2012. .

GREENACRE, M; PRIMICERIO, R. **Multivariate Analysis of Ecological Data**. [S. l.]: Fundación BBVA, 2014(Manuales Fundación BBVA). Available at: <https://books.google.com.br/books?id=0H6IAgAAQBAJ>.

GREENWOOD, Jeremy J.D. Citizens, science and bird conservation. **Journal of Ornithology**, vol. 148, no. SUPPL. 1, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10336-007-0239-9>.

GROOM, M J; MEFFE, G K; CARROLL, C R. **Principles of Conservation Biology**. [S. l.]: Oxford University Press, Incorporated, 2006. Available at: <https://books.google.com.br/books?id=sBR0QgAACAAJ>.

HORNS, Joshua J.; ADLER, Frederick R.; ŞEKERCIOĞLU, Çağan H. Using opportunistic citizen science data to estimate avian population trends. **Biological Conservation**, vol. 221, no. October 2017, p. 151–159, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.027>.

JORDAN, Rebecca C.; BROOKS, Wesley R.; HOWE, David V.; EHRENFELD, Joan G. Evaluating the performance of volunteers in mapping invasive plants in public conservation lands. **Environmental Management**, vol. 49, no. 2, p. 425–434, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9789-y>.

KARR, James R. **Geographical Variation in The Avifaunas of Tropical Forest Undergrowth**. [S. l.: s. n.], 1980. Available at: <https://academic.oup.com/auk/article/97/2/283/5188568>. Accessed on: 8 Mar. 2021.

KIESLINGER, Barbara; SCHÄFER, Teresa; HEIGL, Florian; DÖRLER, Daniel; RICHTER, Anett; BONN, Aletta. Evaluating citizen science: **Citizen Science**, , p. 81–96, 2019. <https://doi.org/10.2307/j.ctv550cf2.13>.

KLEMMANN-JUNIOR, Louri; VALLEJOS, Marcelo Alejandro Villegas; SCHERER-NETO, Pedro; VITULE, Jean Ricardo Simões. 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**, vol. 12, no. 12, p. 1–27, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188819>.

KREMEN, C.; ULLMAN, K. S.; THORP, R. W. Evaluación de la Calidad de Datos de Comunidades de Polinizadores Tomados por Ciudadanos-Científicos. **Conservation Biology**, vol. 25, no. 3, p. 607–617, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01657.x>.

KULLENBERG, Christopher; KASPEROWSKI, Dick. What is citizen science? - A scientometric meta-analysis. **PLoS ONE**, vol. 11, no. 1, p. 1–16, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147152>.

LADLE, Richard J.; WHITTAKER, Robert J. **Conservation Biogeography**. [S. l.: s. n.], 2011. <https://doi.org/10.1002/9781444390001>.

LEPCZYK, Christopher A. Integrating published data and citizen science to describe bird diversity across a landscape. **Journal of Applied Ecology**, vol. 42, no. 4, p. 672–677, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01059.x>.

MAGURRAN, A E. **Measuring Biological Diversity**. [S. l.]: Wiley, 2013. Available at: https://books.google.com.br/books?id=fljsaxmL_S8C.

MATTESON, K. C.; TARON, D. J.; MINOR, E. S. Assessing Citizen Contributions to Butterfly Monitoring in Two Large Cities. **Conservation Biology**, vol. 26, no. 3, p. 557–564, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01825.x>.

MCCORMICK, Sabrina. Democratizing science movements: A new framework for mobilization and contestation. **Social Studies of Science**, vol. 37, no. 4, p. 609–623, 2007. <https://doi.org/10.1177/0306312707076598>.

NEATE-CLEGG, Montague H.C.; HORNS, Joshua J.; ADLER, Frederick R.; KEMAHLI AYTEKIN, M. Çisel; ŞEKERCIOĞLU, Çağan H. Monitoring the world's bird populations with community science data. **Biological Conservation**, vol. 248, no. January, p. 108653, 2020. DOI 10.1016/j.biocon.2020.108653. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108653>.

NICHOLAS J. GOTELLI; AARON M. ELLISON. **Princípios de Estatística em Ecologia**. [S. l.: s. n.], 2010.

NOV, Oded; ARAZY, Ofer; ANDERSON, David. Scientists@Home: What drives the quantity and quality of online citizen science participation? **PLoS ONE**, vol. 9, no. 4, p. 1–11, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090375>.

PHILLIPS, Tina; BONNEY, Rick; MINARCHEK, Matthew; PORTICELLA, Norman; BONNEY, Rick. Evaluating Learning Outcomes From Citizen Science. no. November 2015, p. 1–58, 2014. .

PIACENTINI, Q; ALEIXO, Alexandre; AGNE, Carlos Eduardo; MAURÍCIO, Giovanni Nachtigall; PACHECO, José Fernando; BRAVO, Gustavo A; BRITO, Guilherme R R; NAKA, Luciano N; OLMOS, Fabio; POSSO, Sergio; SILVEIRA, Luís Fábio; BETINI, Gustavo S; CARRANO, Eduardo; FRANZ, Ismael; LEES, Alexander C; LIMA, Luciano M; BRASIL, Permian; PAULO, São; 10, Brasil. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee / Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Revista Brasileira de Ornitologia**, vol. 23, no. 2, p. 91–298, 2015. .

PIMM, S. L.; JENKINS, C. N.; ABELL, R.; BROOKS, T. M.; GITTLEMAN, J. L.; JOPPA, L. N.; RAVEN, P. H.; ROBERTS, C. M.; SEXTON, J. O. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. **Science**, vol. 344, no. 6187, 2014. <https://doi.org/10.1126/science.1246752>.

ROQUE, Fabio de Oliveira; UEHARA-PRADO, Marcio; VALENTE-NETO, Francisco; QUINTERO, Jose Manuel Ochoa; RIBEIRO, Katia Torres; MARTINS, Marlucia Bonifacio; DE LIMA, Marcelo Gonçalves; SOUZA, Franco L.; FISCHER, Erich; DA SILVA, Urbano Lopes; ISHIDA, Françoise Yoko; GRAY-SPENCE, Andrew; PINTO, João Onofre Pereira; RIBEIRO, Danilo Bandini; MARTINS, Clarissa de Araujo; RENAUD, Pierre Cyril; PAYS, Olivier; MAGNUSSON, William E. A network of monitoring networks for evaluating biodiversity conservation effectiveness in Brazilian protected areas. **Perspectives in Ecology and Conservation**, vol. 16, no. 4, p. 177–185, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.003>.

SANDERSON, Eric W.; HURON, Amanda. Conservation in the City. **Conservation Biology**, vol. 25, no. 3, p. 421–423, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01683.x>.

SAUERMANNA, Henry; FRANZONIB, Chiara. Crowd science user contribution patterns and their implications. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, vol. 112, no. 3, p. 679–684, 2015. <https://doi.org/10.1073/pnas.1408907112>.

SCHUBERT, Stephanie Caroline; MANICA, Lilian Tonelli; GUARALDO, André De Camargo. Revealing the potential of a huge citizen-science platform to study bird migration. **Emu**, vol. 119, no. 4, p. 364–373, 2019. DOI 10.1080/01584197.2019.1609340. Available at: <https://doi.org/10.1080/01584197.2019.1609340>.

SILVEIRA, Luís Fábio; UEZU, Alexandre. Checklist das aves do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, vol. 11, no. suppl 1, p. 83–110, 2011. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032011000500006>.

SILVERTOWN, Jonathan. A new dawn for citizen science. **Trends in Ecology & Evolution**, vol. 24, no. 9, p. 467–471, 2009. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.017>. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016953470900175X>.

SpeciesLink (2020) Disponível em: <<http://www.splink.org.br>>. Acesso em: 20/04/2020.

SULLIVAN, Brian L.; AYCRIGG, Jocelyn L.; BARRY, Jessie H.; BONNEY, Rick E.; BRUNS, Nicholas; COOPER, Caren B.; DAMOULAS, Theo; DHONDT, André A.; DIETTERICH, Tom; FARNSWORTH, Andrew; FINK, Daniel; FITZPATRICK, John W.; FREDERICKS, Thomas; GERBRACHT, Jeff; GOMES, Carla; HOCHACHKA, Wesley M.; ILIFF, Marshall J.; LAGOZE, Carl; LA SORTE, Frank A.; ... KELLING, Steve. The eBird enterprise: An integrated approach to development and application of citizen science. **Biological Conservation**, vol. 169, p. 31–40, 2014. DOI 10.1016/j.biocon.2013.11.003. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.003>.

TREDICK, Catherine A.; LEWISON, Rebecca L.; DEUTSCHMAN, Douglas H.; HUNT, Timothy Ann; GORDON, Karen L.; VON HENDY, Phoenix. A Rubric to Evaluate Citizen-Science Programs for Long-Term Ecological Monitoring. **BioScience**, vol. 67, no. 9, p. 834–844, 2017. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix090>.

VALENTIN, JL. **Ecologia numérica**. [S. l.: s. n.], 2000.

VIANNA, Gabriel M.S.; MEEKAN, Mark G.; BORNOVSKI, Tova H.; MEEUWIG, Jessica J. Acoustic telemetry validates a citizen science approach for monitoring sharks on coral reefs. **PLoS ONE**, vol. 9, no. 4, p. 1–12, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095565>.

WikiAves. A enciclopédia das aves do Brasil. Disponível em: <<http://www.wikiaves.com.br>>. Acesso em: 25/04/2020.

WOOD, Chris; SULLIVAN, Brian; ILIFF, Marshall; FINK, Daniel; KELLING, Steve. eBird: Engaging birders in science and conservation. **PLoS Biology**, vol. 9, no. 12, 2011. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001220>.