

**Projeto de Pesquisa: Registro de espécies de aves em Unidades de
Conservação do Paraná utilizando gravadores autônomos***

**Autor: Luiz dos Anjos, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Universidade
Estadual de Londrina.**

*O presente projeto faz parte de um projeto maior intitulado “Uso de espécies e de comunidades de aves em contextos para a conservação ambiental” aprovado pelo CNPq na Chamada 04/2021. O presente projeto se refere especificamente às amostragens que se pretende realizar em três Unidades de Conservação estaduais que estão sob a administração do IAT.

Resumo: O presente projeto será desenvolvido em três Unidades de Conservação do Estado do Paraná: Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo (Fênix), Área de Relevante Interesse Ecológico de São Domingos (Roncador) e Reserva Florestal de Figueira (Engenheiro Beltrão). Naquelas três Unidades de Conservação serão instalados dois gravadores autônomos que farão o registro sonoro de espécies durante uma semana. Os gravadores serão instalados em árvores de porte médio, a aproximadamente 1,50 m de altura, utilizando cintas específicas para fixação, as que não danificam os espécimes vegetais. Em laboratório as gravações serão ouvidas para a identificação das espécies de aves. A eficiência deste método tem sido reconhecida recentemente e pode registrar espécies de aves raras e esquivas, as quais são mais difíceis de registrar por observadores.

Introdução:

Aves são organismos frequentemente utilizados em contextos que envolvem a conservação ambiental (e.g. Billeter et al. 2008; Larsen et al. 2012; Macchi et al. 2018; Allen et al. 2019). Espécies de aves são sensíveis a modificações da vegetação sendo que variações na abundância de determinadas aves, na riqueza ou composição de espécies tem sido importantes ferramentas para direcionar estratégias de conservação da biodiversidade (Macchi et al. 2018). Um exemplo de um grupo de aves frequentemente citado como bom indicador de perturbação da vegetação são os Passeriformes insetívoros do estrato inferior de floresta (Powell et al. 2015). Como indicadores ecológicos importantes, as aves podem ser utilizadas para atribuir um valor ecológico a um determinado local, um procedimento que envolve cinco critérios de análise, os quais foram recentemente revisados e sintetizados (Amador-Cruz et al. 2021): biodiversidade, vulnerabilidade, fragmentação, conectividade e resiliência. Para cada um destes critérios são utilizadas métricas bióticas, por exemplo as aves, e abióticas (Amador-Cruz et al. 2021). O valor ecológico é intrínseco da paisagem em análise e pode ser definido como o nível de benefícios que componentes abióticos e bióticos fornecem em prol da manutenção da conservação ambiental (Chana et al. 2016).

Paralelamente, há uma crescente tendência em ligar conceitos da teoria de comunidades ecológicas à contextos de conservação (Harvey et al. 2017), tornando o estabelecimento de prioridades conservacionistas alvo de análises multifacetadas da

diversidade (Cadotte e Tucker 2018). Dentro desta perspectiva cresce a importância da avaliação da funcionalidade do ecossistema, ao invés de direcionar esforços para a conservação de espécies específicas, a qual enfoca especialmente espécies ameaçadas ou raras (Gotelli et al. 2012). Congruentemente, este raciocínio salienta as interações inter-específicas, diretas ou indiretas, como importantes métricas a serem avaliadas, como também a importância de certos grupos funcionais locais, os quais seriam mais eficientes indicadores do que espécies específicas, situação demonstrada, por exemplo, em borboletas (Pearse e Altermatt 2013). Sugere-se que esta abordagem é preferível porque um grupo funcional seria afetado antes do que a espécie, porque ela tende a persistir mais no ambiente, embora em populações baixas (Tilman et al. 2014). A possibilidade de detecção antecipada em um dado grupo funcional permitiria elaborar potenciais estratégias de conservação em um tempo mais adequado. A organização conservacionista *The Nature Conservancy* está mudando seu foco de espécies ameaçadas para a conservação de serviços ecossistêmicos (Winfrey 2020) em resposta a esta nova abordagem. Neste contexto, metacomunidades (Leibold et al. 2004) também surge como abordagem adicional a ser considerada na conservação em uma escala regional, pois este conceito leva em consideração a dispersão de espécies entre diferentes comunidades como importante fator para manutenção da biodiversidade (Pearson e Dawson 2003).

Na verdade, artigos recentes vêm utilizando abordagens em diversidade funcional para caracterizar a “memória ecológica” de determinado local e assim determinar seu potencial de resiliência (Allen et al. 2016). O termo resiliência utilizado aqui está voltado para a questão ecológica, desde que também é aplicado em contextos de engenharia e das ciências sociais (Quinlan et al. 2016), e é entendido como a quantidade de perturbação antrópica que um sistema pode suportar antes de mudar para um outro domínio estável (Holling 1996 Guderson et al. 2010).

Estas abordagens mais amplas se afastam do tradicional enfoque em métricas tradicionais, como riqueza e composição de espécies, utilizadas em estudos sobre fragmentação florestal (Laurance 2010). Especificamente, em relação à riqueza de espécies de espécies, recentes desenvolvimentos utilizando abordagens da paisagem tem sugerido que em termos de conservação é melhor manter vários fragmentos pequenos do que um grande (Fahrig 2017, 2019, 2020), uma estratégia com vários questionamentos (Fletcher et al. 2018). No presente projeto busca-se uma abordagem

diferente, que inclua a perspectiva da diversidade funcional, pela qual pode se avaliar a resiliência de um fragmento florestal e assim melhor definir a importância da sua conservação em vários contextos. Esta abordagem é desenvolvida não só em relação a fragmentos florestais, mas inclui também áreas de reflorestamento, áreas que sofreram corte seletivo de árvores de interesse econômico e áreas próximas a grandes rios.

Assim, neste projeto buscamos utilizar dados de ocorrência de aves e conceitos ecológicos em prol da conservação ambiental na floresta estacional semidecidual do Estado do Paraná. O presente projeto utiliza um conjunto de dados já disponível no Laboratório de Ornitologia e Bioacústica da Universidade Estadual de Londrina e de novos dados a serem obtidos pelo autor da presente proposta, o que deve resultar em um modelo de procedimentos estruturais em prol da conservação ambiental, o qual pode ser utilizado em outras paisagens fragmentadas da Mata Atlântica.

Especificamente o presente projeto tem por objetivo o registro de espécies de aves em três Unidades de Conservação do Estado do Paraná: Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo (Fênix), Área de Relevante Interesse Ecológico de São Domingos (Roncador) e Reserva Florestal de Figueira (Engenheiro Beltrão).

Metodologia:

A floresta estacional semidecidual se distribui pelas regiões norte e centro-oeste do Estado do Paraná (Figura 1). É um dos tipos de floresta do bioma Mata Atlântica e que apresenta composição de espécies de aves, e também de árvores, distintas das florestas ombrófilas mista e densa, que também ocorrem no sul do Brasil (Anjos et al. 2018). Como em toda a Mata Atlântica, a floresta estacional semidecidual do Paraná sofreu drástico processo de desmatamento, sendo que atualmente restam somente 4% da cobertura florestal original no Estado (Roderjan et al. 2002).

O presente projeto será desenvolvido em três Unidades de Conservação do Estado do Paraná: Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo (Fênix), Área de Relevante Interesse Ecológico de São Domingos (Roncador) e Reserva Florestal de Figueira

(Engenheiro Beltrão).

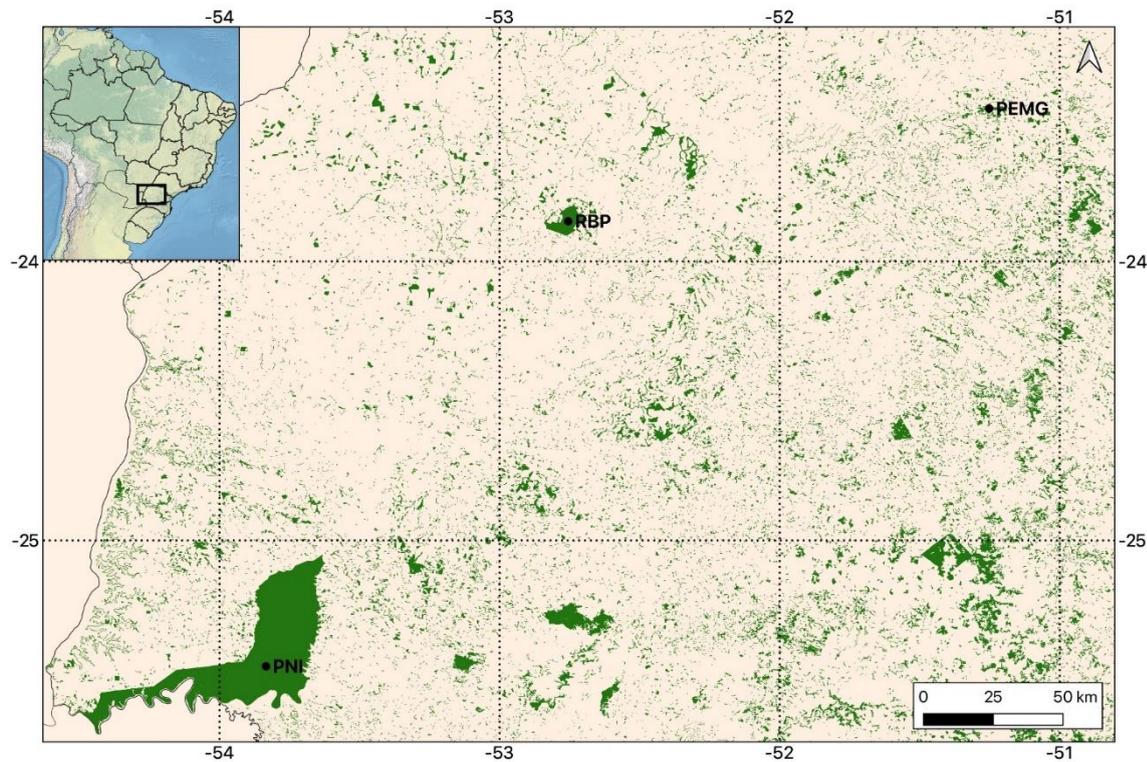


Figura 1: Fragmentos florestais (em verde) formados a partir do desmatamento da outrora contínua floresta estacional semidecidual do norte e centro-oeste do Estado do Paraná.

Nas três Unidades de Conservação mencionadas acima serão instalados dois gravadores autônomos que farão o registro sonoro de espécies durante uma semana. Os gravadores serão instalados em árvores de porte médio, a aproximadamente 1,50 m de altura, utilizando cintas específicas para fixação, as que não danificam os espécimes vegetais (Fig. 2). Em laboratório as gravações serão ouvidas para a identificação das espécies de aves. A eficiência deste método tem sido reconhecida recentemente e pode registrar espécies de aves raras e esquivas, as quais são mais difíceis de registrar por observadores.



Figura 2: Exemplo de gravador autônomo SM4 instalado em árvore.

O uso de gravadores autônomos para obtenção de amostragens de aves em campo tem crescido nos últimos anos (Shonfield e Bayne 2017) e, especificamente para a floresta estacional semidecidual do Paraná, definimos os parâmetros para o uso desta técnica em estudo realizado no Parque Nacional do Iguaçu (Araújo et al. 2020). Os dois gravadores serão instalados a 200 metros um do outro e a pelo menos 250 metros da borda da floresta. Trilhas já existentes serão utilizadas nas Unidades de Conservação para o acesso aos locais de instalação. Os gravadores a serem utilizados são SM4 fabricados pela WildLife Acoustics, já disponíveis no Laboratório de Ornitologia e Bioacústica da Universidade Estadual de Londrina. Os gravadores serão ajustados para captar sons com resolução de 48kHz e 8-bit (Araújo et al. 2020). Cada gravador será programado para captação acústica no período diurno, sendo acionados por 1 minuto a cada dez minutos ao longo de cinco dias. Assim, a unidade amostral de cada gravador será composta por um total aproximado de 360 minutos de gravações nos cinco dias de

amostragem em cada fragmento florestal, o que é considerado adequado para análises de comunidades de aves (Araújo et al. 2020).

As três semanas quando serão instalados os gravadores serão selecionadas dentro o período de outubro a dezembro de 2022. Serão selecionados semanas sem ou com pouca chuva. Uma semana de amostragem é suficiente para cada uma das três UCs.

Resultados esperados:

O presente projeto busca padronizar o registro de espécies de aves e ampliar o conhecimento sobre a biodiversidade em três Unidades de Conservação do Paraná.

Referências:

Allen, C. R., D. G. Angeler, G. S. Cumming, C. Folke, D. Twidwell, D. R. Uden (2016) Quantifying spatial resilience. *Journal of Applied Ecology* 53. doi: 10.1111/1365-2664.12634

Allen, M.C., J. L. Lockwood, J. Burger (2019) Finding clarity in ecological outcomes using empirical integrated social–ecological systems: A case study of agriculture-dependent grassland birds. *Journal of Applied Ecology* 59. DOI: 10.1111/1365-2664.13776

Almeida, Bia, M. R. Gimenes, Anjos, Luiz (2016) Wading bird functional diversity in a floodplain: Influence of habitat type and hydrological cycle. *Austral Ecology* 41. doi:10.1111/aec.12403

Almeida, B., A. J. Green, E. Sebastián-González, Anjos, L. (2018) Comparing species richness, functional diversity and functional composition of waterbird communities along environmental gradients in the neotropics. *PLoS One* 13 p.e0200959.

Almeida, B., E. Sebastián-González, Anjos, L., A. J. Green, F. Botella (2019) A functional perspective for breeding and wintering waterbird communities: temporal trends in species and trait diversity. *Oikos* 28:1103-1115.

Almeida, B., E. Sebastián-González, Anjos, L., A. J. Green (2020) Comparing the diversity and composition of waterbird functional traits between natural, restored and artificial wetlands. *Freshwater Biology* 65:1-15.

Anjos, L. (1990) Distribuição de aves em uma floresta de araucária da cidade de Curitiba. *Acta Biológica* 19:51-63.

Anjos, L. (2001) Bird communities in five Atlantic forest fragments in southern Brazil. *Ornitología Neotropical* 12:11-27.

Anjos, L. (2004) Species richness and relative abundance of birds in natural and anthropogenic fragments of Brazilian Atlantic forest. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 76:429-434.

Anjos, L. (2006) Bird Species Sensitivity in a Fragmented Landscape of the Atlantic Forest in Southern Brazil. *Biotropica* 38:229-234.

Anjos, L., S. Laroca (1989) Abundância relativa e diversidade específica de aves em duas comunidades urbanas de aves de Curitiba. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 32:637-643.

Anjos, L., R. Boçon (1999) Bird communities in natural forest patches in southern Brazil. *The Wilson Bulletin* 111:397-414.

Anjos, L., E. V. Lopes, L. Zanette (2004) Bird guilds in a fragmented landscape of Atlantic forest, southern Brazil. *Ornitología Neotropical* 15:137-144.

Anjos, L. R. D. Holt, S. Robinson (2010) Position in the distributional range and sensitivity to forest fragmentation in birds: a case history from the Atlantic forest, Brazil. *Bird Conservation International* 20:392-399.

Anjos, L. C. D. Collins, R. D. Holt, G. H. Volpato, L.B. Mendonça, E. V. Lopes, R. Boçon, M. V. Bisheimer, P. P. Serafini, J. Carvalho et al. (2011) Bird species abundance-occupancy patterns and sensitivity to forest fragmentation: Implications for conservation in the Brazilian Atlantic forest. *Biological Conservation* 144:2213-2222.

Anjos, L., Collins, R. D. Holt, G. H. Volpato, E. V. Lopes, G. Bochio (2015) Can habitat specialization patterns of Neotropical birds highlight vulnerable areas for conservation in the Atlantic rainforest, southern Brazil? *Biological Conservation* 188:32-40.

Anjos, L., G. H. Volpato, E. V. Lopes, G. Willrich, G. M. Bochio, B. R. Arakaki-Lindsey, N. Simões, L. B. Mendonça, R. Boçon, J. Carvalho, M. R. Lima (2018) Distributions of birds and plants in ecoregions: Implications for the conservation of a neotropical biodiversity hotspot. *Austral Ecology* 43. doi 10.1111/aec.12626

Anjos, L. G. M. Bochio, H. R. Medeiros, B. Almeida, B. R. Arakaki, L. C. Calsavara, M. C. Ribeiro, J. M. D. Torezan (2019) Insights on the functional composition of specialist and generalist birds throughout continuous and fragmented forests. *Ecology and Evolution* 9. doi 10.1002/ece3.5204

Anjos, L., B. Almeida (2020) On the importance of niche packing for local species richness in taxonomic bird groups of the Neotropical region. *Journal of Ornithology* 161. doi.org/10.1007/s10336-020-01786-5

- Anjos, L., H. S. Oliveira, G. Willrich, M. Jardim, G. L. M. Rosa, C. B. de Araújo (subm.) Atlantic rainforest birds are more functionally and taxonomically diverse in valley bottoms relative to uplands.
- Amador-Cruz, F., B. L. Figueroa-Rangel, M. Olvera-Vargas, M. E. Mendonza (2021) A systematic review on the definition, criteria, indicators, methods and applications behind the Ecological Value term. *Ecological Indicators* 129. doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107856
- Araújo, C. B., M. Jardim, N. F.S. Saturnino, G. L. M. Rosa, M. R. Lima, L. Anjos (2020) The optimal listening period for an effective assessment of bird richness and composition: a case study of Neotropical forest. *Journal of Ornithology* 162. doi.org/10.1007/s10336-020-01812-6
- Baselga, A. (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19:134–143.
- Baselga, A., C. D. L. Orme (2012) Betapart : an R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution* 3:808–812.
- Barreto, I. de A. (2021) Otimização do método de amostragem de aves por pontos de escuta em ambiente florestal. Relatório Final de Iniciação Científica, Universidade Estadual de Londrina.
- Bibby, C., N. D. Burgess, D. A. Hill (1996) *Bird Census Techniques*. British Trust for Ornithology and the Royal Society for the Protection of Birds. London: Academic Press.
- Billeter, R., J. Liira, D. Bailey, R. Bugter, P. Arens, I. Augenstein, S. Avirons, J. Baudry (2008) *Journal of Applied Ecology* 45. doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01393.x
- Borcard, D., F. Gillet, P. Legendre (2011) 'Numerical ecology with R.' (Springer: New York.)
- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers, L. Thomas (2001) *Introduction to distance sampling: Estimating abundance of biological populations*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Burnham, K.P., D. R. Anderson (2002). *Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach* (2nd ed). New York: Springer-Verlag
- Cadotte, M. W., C. M. Tucker (2018) Difficult decisions: Strategies for conservation prioritization when taxonomic, phylogenetic and functional diversity are not spatially congruent. *Biological Conservation* 225: 128-133.
- Chana, K. M. A., P. Balvanerab, K. Besessaihc, M. Chapamana, S. Díazd, E. Gómpz-Baggethune, (2016) Why protect nature? Rethinking values and the environment *PNAS* 16. doi/10.1073/pnas.1525002113
- Crispim, C., Anjos, L. (2014) The width and biotic integrity of riparian forests affect

richness, abundance, and composition of bird communities. *Natureza & Conservação* 12:59-64.

Darras, K, B. Furnas, I. Fitriawan, Y. Mulyani, T. Tscharrntkel (2018) Estimating bird detection distances in sound recordings for standardizing detection ranges and distance sampling. *Methods in Ecology and Evolution*. 10.1111/2041-210X.13031

Dobson, A., R. D. Holt, D. Tilman (2020) *Unsolved problems in Ecology*. Princeton University Press, New Jersey.

Dufrêne, M., P. Legendre (1997) Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monography* 67: 345-366.

Fahrig, L. (2017). Ecological responses to habitat fragmentation per se. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 48 doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022612

Fahrig, L. (2019) Habitat fragmentation: A long and tangled tale. *Global Ecology and Biogeography* 28. doi 10.1111/geb.12839

Fahrig, L. (2020) Why do several small patches hold more species than few large patches? *Global Ecology Biogeography* 29:615–628.

Ferrari, S. L. P., F. Cribari-Neto (2004) Beta Regression for Modelling Rates and Proportions. *Journal of Applied Statistics* 31:799–815.

Fletcher, R. J., R. K. Didham, C. Banks-Leite, J. Barlow, R. M. Ewers, J. Rosindell, R. D. Holt, A. Gonzalez, (2018) Is habitat fragmentation good for biodiversity? *Biological Conservation* 226:9–5.

Garfinkel, M. B., E. S. Minor, C. J. Whelan (2020) Birds suppress pests in corn but release them in soybean crops within a mixed prairie/agriculture system. *The Condor: Ornithological Applicatios*, 122. 10.1093/condor/duaa009

Gotelli, N. J., A. Chao, R. K. Colwell, W.-H. Hwang, G. R. Graves (2012) Specimen-based modeling, stopping rules, and the extinction of the Ivory-Billed Woodpecker. *Conservation Biology* 26:47–56.

Gower, J.C. (1971) A General Coefficient of Similarity and Some of Its Properties. *Biometrics* 27:857-871

Gunderson, L.H., C. R. Allen, C. S. Holling (2010) *Foundations of Ecological Resilience*. Island Press, New York, NY.

Harvey, E., I. Gounand, L. C. Ward, F. Altermatt (2017) Bridging ecology and conservation: from ecological networks to ecosystem function. *Journal of Applied Ecology* 54. 10.1111/1365-2664.12769

- Holling, C.S. (1996) Engineering resilience versus ecological resilience. *Engineering within Ecological Constraints* (ed. P. Schulze), pp. 31–44. National Academies Press, Washington, DC, USA.
- del Hoyo, J., A. Elliott, D. A. Christie (1992-2011) *The Handbook of the Birds of the World*. Vols 1-16. Lynx Edicions, Barcelona.
- Hutto, R. L., S. M. Pletschet, P. Hendricks (1986). A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *The Auk* 103:593–602.
- Katz, J., S. D. Hafner, T. Donovan (2016) Tools for automated acoustic monitoring within the R package *monitoR*. *Bioacoustics* 25. doi.org/10.1080/09524622.2016.1138415
- Kindt, R., R. Coe (2005). *Tree diversity analysis; A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies*. World. 196.
- Laliberté, E., P. Legendre (2010) A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology* 91:299-305
- Larsen, F. W., J. Bladt, A. Balmford, C. Rahbek (2012) Birds as biodiversity surrogates: will supplementing birds with other taxa improve effectiveness? *Journal of Applied Ecology* 49. doi: 10.1111/j.1365-2664.2011.02094
- Laurance, W. F. (2010). *Beyond Island Biogeography Theory*. In: Losos, J. B., & Ricklefs, R. E. (Eds). *The Theory of Island Biogeography Revisited*. Princeton University Press, Princeton. 476 pp.
- Leach, E. C., C. J. Burwell, L. A. Ashton, D. N. Jones, R. L. Kitching (2016) Comparison of point counts and automated acoustic monitoring: Detecting birds in a rainforest biodiversity survey. *Emu* 116. doi.org/10.1071/MU15097
- Leibold, M. A., M. Holyoak, N. Mouquet, P. Amarasekare, J. M. Chase, M. F. Hoopes, (2004). The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters* 7:601-613.
- Macchi, L., M. Baumann, H. Bluhm, M. Baker, C. Levers, H. R. Grau, T. Kuemmerle (2018) Thresholds in forest bird communities along woody vegetation gradients in the South American Dry Chaco. *Journal of Applied Ecology* 56 doi 10.1111/1365-2664.13342
- MacLaren, A. R., P. S. Crump, J. A. Royle, M; J; R. Forstner (2018) Observer-free experimental evaluation of habitat and distance effects on the detection of anuran and bird vocalizations. *Ecology and Evolution* 8. doi: 10.1002/ece3.4752
- Magurran, A. E. (2004) *Medindo a diversidade biológica*. Editora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Mahendiran, M., P. A. Azeez (2018) Ecosystem Services of Birds: A Review of Market and Non-market Values. *Entomology, Ornithology & Herpetology: Current Research* 7. doi.org/10.4172/2161-0983.1000209.

Marques, F. C. M., G. M. Bochio, M. R. Lima, L. Anjos (aceito) The selection of indicator species of birds and mammals for the monitoring of restoration areas in a highly fragmented forest landscape. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*.

Mason, N. W., D. Mouillot, W. G. Lee, J. B. Wilson (2005) Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos* 111. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13886.x>

McKenzie, T., L. Normand, N. Iwanycki, G. Miller, P. Prior (2018) Assessing the utility of a novel terrestrial biodiversity quality indicator with 10 years of monitoring data. *Ecological Indicators* 85:422-431.

Medeiros, H. R., G. M. Bochio, M. Ribeiro, J. M. D. Torezan, L. Anjos (2015) Combining plant and bird data increases the accuracy of an Index of Biotic Integrity to assess conservation levels of tropical forest fragments. *Journal for Nature Conservation* 25. [dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2015.01.008](https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.01.008)

Oksanen, J. F., F. G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlenn, (2018) '*vegan*: community ecology package, R package'. Available at <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>

Oliveira, H. S., L. Anjos (submetido) Silent changes in functionally stable bird communities of a large protected Tropical forest monitored over 10 years.

Orme, C. D. L., S. Mayor, L. Anjos, P. F. Develey, J. H. Hatfield, J. C. Morante-Filho, J. M. Tylianakis, A. Uezu, C. Banks-Leite (2019) Distance to range edge determines sensitivity to deforestation. *Nature Ecology & Evolution* 3 doi.org/10.1038/s41559-019-0889-z.

Pearse, I. S., F. Altermatt (2013) Extinction cascades partially estimate herbivore losses in a complete Lepidoptera–plant food web. *Ecology* 94:1785–1794.

Pearson, R. G., T. P. Dawson (2003) Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12:361–371.

Pérez-Granado, C., J. Traba (2021) Estimating bird density using passive acoustic monitoring: a review of methods and suggestions for further research. *Ibis* 163. doi: 10.1111/ibi.12944

Powell, L. L., J. D. Wolfe, E. I. Johnson, J. E. Hines, J. E. Nichols, P. C. Stouffer (2015) Heterogeneous movement of insectivorous Amazonian birds through primary

and secondary forest: A case study using multistate models with radiotelemetry data. *Biological Conservation* 188. doi.org/10.1016/j.biocon.2015.01.028

Quinlan, A. E., M. Berb, L. J. Haider, G. D. Peterson (2016) Measuring and assessing resilience: broadening understanding through multiple disciplinary perspectives. *Journal of Applied Ecology* 53. doi: 10.1111/1365-2664.12550

R Development Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>

Roberts, D. W. (2016) labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. R package version 1.8-0. <https://CRAN.R-project.org/package=labdsv>

Roderjan, C. V., F. Galvão, Y. S. Kuniyoshi, G. G. Hatschbach (2002) As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. *Ciência & Ambiente* 24:75–92

Rousseeuw, P. J. (1987) Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics* 20:53-65.

Shonfield, J., E. M. Bayne (2017) Autonomous recording units in avian ecological research: current use and future applications. *Avian Conservation and Ecology* 12. doi.org/10.5751/ACE-00974-120114

Thomas, L., S. T. Buckland, E. A. Rexstad, J. L. Laake, S. Strinberg, S. L. Hedley, J. R. B. Bishop, T. A. Marques, K. P. Burnhams (2010) Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47:5-14.

Tilman, D., F. Isabekk, J. M. Cowles (2014) Biodiversity and ecosystem functioning. *Annual Review of Ecology and Systematics* 45:471-493

Torezan, L. F., L. C. Calsavara, G. M. Bochio, L. Anjos (2020) Vulnerability of bird species in highly fragmented forests of southern Brazil: implications for conservation. *Ornithology Research* 28.1-8.

Villéger, S., N. W. H. Mason, D. Mouillot, (2008) New multidimension functional diversity indices for multifaceted framework in functional ecology. *Ecology* 89:2290–2301.

Villéger, S., P. M. Novack-Gottshall, D. Mouillot (2011) The multidimensionality of the niche reveals functional diversity changes in benthic marine biotas across geological time. *Ecology Letters* 14:561–568.

Volpato, H. H., E. V. Lopes, L. B. Mendonça, R. Boçon, M. V. Bicheimer, P. Serafini, L. Anjos (2009) The use of the point count method for bird survey in the Atlantic forest.

Zoologia 26:74-78.

Willrich, G., L. C. Calsavara, M. R. Lima, R. C. Oliveira, G. M. Bochio, G. L. M. Rosa, V. C. Muzi, L. Anjos (2016) Twenty-three years of bird monitoring reveal low extinction and colonization of species in a reserve surrounded by an extremely fragmented landscape in southern Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia* 24:235-259.

Willrich, G., M. R. Lima, L. Anjos (2019) The role of environmental heterogeneity for the maintenance of distinct bird communities in fragmented forests. *Emu* 119. doi 10.1080/01584197.2019.1624577

Wilman, H., J. Belmaker, J. Simpson, C. de La Rosa, M. M. Rivadeneira, W. Jetz (2014) EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals. *Ecology* 95:2027–2027.

Winfree, R. (2020) How does biodiversity relate to ecosystem functioning in natural ecosystems? Em Dobson, A., Holt, R. D. e Tilman, D. (2020) *Unsolved problems in Ecology*. Princeton University Press, New Jersey.