

BOLETIM DO MUSEU DE BIOLOGIA PROF. MELLO LEITÃO

SÉRIE INMA V. 1, Nº 2, SETEMBRO 2024

CIÊNCIA CIDADÃ

Conectando ciência e sociedade em prol da conservação e sustentabilidade da Mata Atlântica

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
Instituto Nacional da Mata Atlântica

Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão

Série INMA

v. 1, n. 2
2024



IMAGEM DA CAPA
Cidadã cientista registrando borboleta-coruja da espécie *Caligo brasiliensis* no Parque do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão.
Foto: Laura Braga. Local: Santa Teresa, Espírito Santo (2024).

EDITOR CHEFE
Steel Silva Vasconcelos

EDITORES DESTE NÚMERO
Blandina Felipe Viana
Natalia Pirani Ghilardi-Lopes
Sheina Koffler
Angelo Loula
António Mauro Saraiva

COMISSÃO EDITORIAL
Alba Lívia Tallon Bozi
José Eduardo Mantovani
Pedro Lage Viana
Sérgio Lucena Mendes

INMA
INSTITUTO NACIONAL DA MATA ATLÂNTICA
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
Instituto Nacional da Mata Atlântica

Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão

Série INMA

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA
Instituto Nacional da Mata Atlântica
Av. José Ruschi, 4
Santa Teresa – ES - Brasil
29650-000
Telefone: 55-27-3259-1182
E-mail: boletim@inma.gov.br

WEBSITE DA REVISTA
https://rede.inma.gov.br/ojs/index.php/bmbml

É permitida a reprodução parcial ou total dos artigos, contanto que seja dado o devido crédito aos autores e à revista e que não seja destinada a fins promocionais ou comerciais. As opiniões e considerações emitidas nos artigos são de inteira responsabilidade dos autores, e não refletem necessariamente a posição dos editores ou da instituição responsável pela publicação. A revista adota a licença CC BY-NC 4.0.

Dados Internacionais de Catalogação da Publicação (CIP)

Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão. Série INMA, 2024. – Santa Teresa: INMA, 2024. v. 1 n. 2., v. il.

Irregular: 1949 – 1985

Interrompido: 1986 – 1991

Trimestral: 1992 – 2018

Interrompido: 2019 – 2023

Títulos anteriores: Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão, série atos administrativos 1949; Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão, série proteção da natureza 1949-1982; Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão, série biologia 1949-1984; Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão série botânica 1950-1985; Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão, série zoologia 1951-1984; Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão, série antropologia 1953; Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão, série divulgação 1960-1984; Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão, série geologia 1978; Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão, nova série 1992-2018.

ISSN:

1. Mata Atlântica. 2. Conservação da natureza - proteção ambiental. 3. Biologia. 4. Gestão ambiental. I. Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (MBML). II. Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA).

CDD-23a.ed. 333.720981

Bibliotecário responsável Rodrigo Oliveira de Paiva / CRB 2 - 1507/O-2

© Direitos de Cópia/Copyright 2024 por/by MCTI/Instituto Nacional da Mata Atlântica

BOLETIM DO
MUSEU DE BIOLOGIA
PROF. MELLO LEITÃO

SÉRIE INMA

BREVE HISTÓRICO

O "Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão" foi editado por Augusto Ruschi de 1949 a 1985, composto pelas seguintes séries: Série Atos Administrativos, Série Proteção da Natureza, Série Biologia, Série Botânica, Série Zoologia, Série Antropologia, Série Divulgação e Série Geologia. Com o falecimento de A. Ruschi em 1986, a edição do Boletim foi interrompida e retomada em 1992, em série única, com o nome de "Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão - Nova Série'', publicada até 2018.

Em 2014, o Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (MBML) foi incorporado, por Lei, ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), dando origem ao Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA). A efetiva integração do INMA ao Ministério se deu a partir de 2016, com a publicação do Decreto que regulamentou a Lei, e a publicação, em 2017, da Portaria instituindo o Regimento Interno do INMA.

No ano de 2021, o Conselho Técnico Científico do INMA (CTC/INMA) aprovou a retomada da edição do periódico, com o nome de "Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão - Série INMA", alinhado à missão do Instituto, conforme diretrizes, linha editorial e normas que são apresentados a seguir.

SOBRE O BOLETIM

O Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão - Série INMA (Boletim MBML/INMA) é um periódico editado pelo Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), para a divulgação de temas que contribuam para o conhecimento, a conservação e o uso sustentável da Mata Atlântica brasileira. O Boletim MBML/INMA publica artigos com linguagem acessível ao público técnico/científico, buscando contribuir para a síntese do conhecimento e a gestão da Mata Atlântica brasileira.

ESCOPO E POLÍTICA EDITORIAL

Tendo como foco de sua abordagem o conhecimento científico, o Boletim procura alcançar um público além da comunidade acadêmica, buscando publicar artigos que contribuam para o enriquecimento técnico/científico de profissionais que atuam na gestão da biodiversidade e de outros temas relacionados ao bioma Mata Atlântica.

O Boletim MBML/INMA, portanto, atua como um canal de síntese do conhecimento científico sobre a Mata Atlântica, de acordo com linhas temáticas priorizadas pelo Conselho Editorial do INMA, proporcionando à sociedade informações relevantes em diferentes temáticas relacionadas à Mata Atlântica.

O conteúdo do Boletim MBML/INMA é organizado em números temáticos, aprovados pelo Conselho Editorial do INMA, com base em proposta apresentada pelo Editor Chefe do Boletim ou pelos demais membros do Conselho. Após aprovação do tema, o Editor Chefe convida um ou mais editores temáticos, com amplo conhecimento sobre o tema, para a organização daquele número.

A composição dos artigos do Boletim é feita, majoritariamente, por autores convidados pela Comissão Editorial do Boletim, por sugestão do(s) Editor(es) Temático(s), respeitando-se a notória qualificação técnico/científica dos autores convidados. Cada número do Boletim poderá ser composto integralmente por artigos de autores convidados ou complementado por artigos submetidos por outros autores mediante chamada pública dentro da temática do número considerado.

Todos os manuscritos submetidos, sejam por autores convidados ou chamada pública, serão pré-avaliados pelo Editor Chefe quanto à adequação às normas do Boletim. O manuscrito com submissão aceita é enviado ao(s) Editor(es) Temático(s) que avaliarão a adequação do manuscrito ao escopo da revista e farão uma avaliação de caráter abrangente da efetiva contribuição do trabalho para o número temático. Se pertinente, o manuscrito será submetido a, pelo menos, dois revisores *ad hoc*. Com base nos pareceres dos revisores e da sua própria análise, o(s) Editor(es) Temático(s) recomenda(m) as adequações, o aceite ou a rejeição do manuscrito.

Compete ao Editor Chefe emitir o parecer final, fundamentado nos pareceres do(s) Editor(s) Temático(s) e dos revisores *ad hoc.* Os nomes de autores não serão mantidos em sigilo para os revisores *ad hoc* ou vice/versa. Apenas serão mantidos em sigilo os nomes dos revisores *ad hoc* que recomendarem a recusa de um determinado manuscrito.

Os conceitos emitidos nos manuscritos são de exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião da Comissão Editorial do Boletim MBML/INMA ou do Instituto Nacional da Mata Atlântica.

SUMÁRIO

CIÊNCIA CIDADÃ: CONECTANDO CIÊNCIA E SOCIEDADE EM PROL DA CONSERVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DA MATA ATLÂNTICA

Editorial
Blandina Felipe Viana, Natalia Pirani Ghilardi-Lopes, Sheina Koffler, Angelo Loula, António Mauro Saraiva ____ XI

Ciência Cidadã: um conceito polissêmico
Sarita Albagli, Luana Rocha ____ 1

Ciência cidadã e políticas públicas para democratização e acesso ao conhecimento na área de biodiversidade
Margareth P. Maia ____ 9

Ciência cidadã para a promoção da educação científica em escolas: um relato de múltiplos casos
Natalia Pirani Ghilardi-Lopes, Janaína Dutra Gonzalez, Gustavo Bellini Monteiro, Jussara Almeida Bezerra, Diana Ribas Rodrigues Roque, Emerson Joucoski, Michelle Mendes, Debora Larissa Brum, Rodrigo Arantes Reis ____ 14

Quem quer ser um Guardião da Biodiversidade? Aplicação e avaliação de estratégias de engajamento em um projeto de Ciência Cidadã para o monitoramento do serviço ecossistêmico de polinização
Paolla dos Santos Almeida, Caren Queiroz-Souza, Blandina Felipe Viana ____ 25

Princípios e diretrizes para o desenvolvimento de projetos de ciência cidadã
Sheina Koffler , Caren Queiroz-Souza, Natalia Pirani Ghilardi-Lopes, Blandina Felipe Viana, Juliana Silva França, António Mauro Saraiva ____ 38

Ciência cidadã em um bioma ameaçado: uma perspectiva para a Mata Atlântica brasileira
Lucas Rodriguez Forti, Ana Marta Pereira R. da S. Passetti, Talita Oliveira, Arthur Queiros, Maria Alice Dantas Ferreira Lopes, Jandson Lucas Camelo da Silva, Judit K. Szabo 46

Potencial da Ciência Cidadã para mapeamento, monitoramento e conservação da biodiversidade na Mata Atlântica
Blandina Felipe Viana, André Felipe Barreto-Lima, Fabiana Oliveira da Silva, Juliana Silva França, João Victor Andrade Lacerda, Judit Kriszta Szabo, Sheina Koffler, Tatiana Bichara Dantas 73

Como a curiosidade humana norteou um projeto de ciência cidadã que monitora aves anilhadas? Lições aos futuros projetos brasileiros
Eduardo Roberto Alexandrino, Maristela Camolesi Alcantara, Hiago Ermenegildo, Leticia Keiko Nunes de Campos, Giovana Izzo Costa, Taynara Cristina Bessi, Anita Seneme Gobbi, Katia Maria Paschoaletto Micchi de Barros Ferraz 87

Borboletas do Parque do Museu de Biologia Professor Mello Leitão e a Ciência Cidadã: riqueza de espécies e bioindicação do tipo de habitat
Laura Braga, Natalia Pirani Ghilardi-Lopes 96

Projeto AquaRiparia: Ciência Cidadã por meio do monitoramento participativo da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos
Carmen Regina Mendes de Araújo Correia, Luciana Carvalho Carrilho, José Francisco Gonçalves Júnior 117

Aplicação CoastSnap para proposta de monitoramento cidadão em ecossistemas costeiros-marinhos no domínio da Mata Atlântica: caso no município do Conde – Paraíba
Stephani Somekawa, Ismerina C. L. de Oliveira, Leticia das N. Felix, Marcia Maria A. de Sousa, Rosiete M. da Silva, Tânia C. Dantas, Maristela D. de Queiroz, Luana C. C. Silva, Yedda C. B. B. Oliveira, Camila C. P. de Brito, Viviana M. Velásquez, Francisco Araos, Luciana S. Esteves, Bráulio Almeida Santos, Allan Yu Iwama 125

Desafios e potencialidades da ciência cidadã para o estudo da biodiversidade: resultados do Programa de Ciência Cidadã do Instituto Nacional da Mata Atlântica de 2019 a 2023
Natalia Pirani Ghilardi-Lopes, Cássio Zocca, André Felipe Barreto-Lima, Eduardo Roberto Alexandrino, Juliana Silva França, Andresa Guimarães, João Victor Andrade Lacerda, Laura Braga, Michelle Noronha da Matta Baptista, Paula Felício Drummond de Castro 155

EDITORIAL

Apresentação do número temático sobre Ciência Cidadã do Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão - série INMA

Editores do número temático:
Blandina Felipe Viana[1,6], Natalia Pirani Ghilardi-Lopes[2,6], Sheina Koffler[3,6], Angelo Loula[4,6], António Mauro Saraiva[5,6]

[1] Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia

[2] Centro de Ciências Naturais e Humanas, Universidade Federal do ABC

[3] Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA)

[4] Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana

[5] Escola Politécnica e Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo

[6] Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Cidadã (INCC)

A Mata Atlântica é um dos biomas mais ricos em biodiversidade e, ao mesmo tempo, um dos mais ameaçados do mundo. Sua conservação exige não apenas esforços científicos e governamentais, mas também o engajamento de toda a sociedade. Neste contexto, a ciência cidadã emerge como uma poderosa abordagem transdisciplinar para mobilizar diversos atores sociais em prol da conservação e sustentabilidade desse bioma, integrando a geração de novos conhecimentos científicos com ações práticas de conservação.

Este número temático do Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão - série INMA, editado pela Rede Brasileira de Ciência Cidadã (RBCC), reúne artigos que exploram a interseção entre ciência cidadã e a conservação e sustentabilidade da Mata Atlântica sob perspectivas teóricas e aplicadas.

Acreditando no poder da colaboração para transformar conhecimento em ação, a RBCC, por meio dessa parceria com o INMA, busca demonstrar que a ciência cidadã não apenas gera novos conhecimentos, mas também fortalece os laços entre as pessoas e a natureza da qual fazemos parte. Essa reconexão é essencial para o engajamento público em ações de conservação dos nossos ecossistemas e para inspirar novas iniciativas.

Os primeiros artigos deste número temático focam nos fundamentos teóricos da ciência cidadã. Os autores apresentam uma visão abrangente das diversas concepções de ciência cidadã e sua transformação ao longo do tempo, abordando as agendas mobilizadas em suas práticas, e situando a ciência cidadã dentro dos movimentos pela ciência aberta (Albagli e Rocha 2024). Também são discutidas as relações entre a ciência cidadã e as políticas públicas voltadas à democratização e ao acesso ao conhecimento na área de biodiversidade no

Brasil (Maia 2024). Além disso, explora-se o potencial e os desafios da integração da ciência cidadã na educação científica escolar no Brasil (Ghilardi-Lopes *et al*. 2024a), e analisa-se o papel das motivações no engajamento contínuo dos voluntários em projetos de ciência cidadã voltados para a conservação da biodiversidade no Brasil, fortalecendo o uso dessa abordagem colaborativa e participativa em pesquisas no país (Almeida *et al.* 2024).

No segundo conjunto de artigos, os autores trazem reflexões e recomendações práticas sobre a criação e implementação de projetos de ciência cidadã e uso de dados coletados por voluntários, visando contribuir para o desenvolvimento de projetos no Brasil, estimulando o rigor científico, enriquecendo a experiência dos participantes e promovendo mudanças significativas na sociedade (Koffler *et al*. 2024). Avalia-se, também, a contribuição dos usuários de plataformas online, como o iNaturalist, para entender até que ponto a ciência cidadã está ampliando o conhecimento sobre a biodiversidade da Mata Atlântica brasileira (Forti *et al*. 2024). Por fim, oferece-se uma visão geral do potencial dos projetos de monitoramento participativo da biodiversidade, destacando exemplos na Mata Atlântica e fornecendo orientações para o desenvolvimento bem-sucedido desses projetos, enfatizando o potencial da ciência cidadã e apontando para avanços na conservação da biodiversidade (Viana *et al*. 2024).

No terceiro conjunto, destaca-se uma série de iniciativas práticas de ciência cidadã que estão sendo conduzidas na Mata Atlântica. São relatadas experiências na condução de projetos de monitoramento de aves anilhadas (Alexandrino *et al*. 2024), inventário da fauna de borboletas (Braga e Ghilardi-Lopes 2024), monitoramento da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos (Correia *et al*. 2024), e monitoramento das mudanças na linha da maré em ecossistemas costeiros-marinhos (Somekawa *et al.* 2024), envolvendo diversos públicos. Além de demonstrar o potencial da ciência cidadã na co-produção do conhecimento científico em diferentes temas, esses relatos apresentam estratégias de ação e lições aprendidas que podem inspirar e auxiliar no desenvolvimento de outros projetos brasileiros.

Para fechar este número temático, são apresentadas as iniciativas conduzidas pelo projeto estratégico "A Ciência Cidadã na Geração de Conhecimento, Divulgação e Educação Científica", realizado no âmbito do Programa de Capacitação Institucional (PCI) "Conhecimento, conservação e desenvolvimento sustentável na Mata Atlântica" (Ghilardi-Lopes *et al*. 2024b). Este programa tem como objetivo apoiar o INMA em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, além de ampliar o conhecimento sobre a biodiversidade. Os projetos de ciência cidadã deste programa já engajaram mais de 2.000 pessoas e reuniram dados de mais de 600 espécies, incluindo algumas ameaçadas, distribuídas em 67 municípios do estado do Espírito Santo, consolidando o INMA como um centro pioneiro e multiplicador dessas iniciativas que aproximam a ciência da sociedade.

Os artigos também reconhecem os desafios inerentes à ciência cidadã, como a necessidade de treinamento adequado para os participantes, estratégias para a garantia da qualidade dos dados coletados, e a sustentabilidade a longo prazo dos projetos. No entanto, os autores também vislumbram um futuro promissor, no qual a ciência cidadã se torna cada vez mais integrada às políticas públicas e estratégias de conservação, potencializando seus impactos positivos.

Agradecemos a todos(as) os autores(as) que contribuíram para este número temático e convidamos nossos leitores a se inspirarem nas ideias e iniciativas apresentadas neste número e a refletirem sobre o papel que cada um de nós pode desempenhar na proteção da Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS

Albagli, S., & Rocha, L. (2024). Ciência Cidadã: um conceito polissêmico. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 1–8.

Alexandrino, E.R., Alcantara, M.C., Ermenegildo, H., Campos, L.K.N., Costa, G.I., Bessi, T.C., Gobbi, A.S., & Ferraz, K.M.P.M.B. (2024). Como a curiosidade humana norteou um projeto de ciência cidadã que

monitora aves anilhadas? Lições aos futuros projetos brasileiros. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 87–95.

Almeida, P.S., Queiroz-Souza, C., & Viana, B.F. (2024). Quem quer ser um Guardião da Biodiversidade? Aplicação e avaliação de estratégias de engajamento em um projeto de Ciência Cidadã para o monitoramento do serviço ecossistêmico de polinização. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 25–37.

Braga, L., & Ghilardi-Lopes, N.P. (2024). Borboletas do Parque do Museu de Biologia Professor Mello Leitão e a Ciência Cidadã: riqueza de espécies e bioindicação do tipo de habitat. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 96–116.

Correia, C.R.M.A., Carrilho, L.C., & Gonçalves Jr., J.F. (2024). Projeto AquaRiparia: Ciência Cidadã por meio do Monitoramento Participativo da Qualidade Ambiental de Ecossistemas Aquáticos. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 117–124.

Forti, L.R., Passetti, A.M.P.R., Oliveira, T., Queiros, A., Lopes, M.A.D.F, Silva, J.L.C., & Szabo, J.K. (2024). Ciência cidadã em um bioma ameaçado: uma perspectiva para a Mata Atlântica brasileira. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 46–72.

Ghilardi-Lopes, N.P., Gonzalez, J.D, Monteiro, G.B., Bezerra, J.A., Roque, D.R.R., Joucoski, E., Mendes, M., Brum, D.L., & Reis, R.A. (2024a). Ciência cidadã para a promoção da educação científica em escolas: um relato de múltiplos casos. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 14–24.

Ghilardi-Lopes, N.P., Zocca, C., Barreto-Lima, A.F., Alexandrino, E.R., França, J.S., Guimarães, A., Lacerda, J.V.A., Braga, L., Baptista, M.N.M., & Castro, P.F.D. (2024b). Desafios e potencialidades da ciência cidadã para o estudo da biodiversidade: resultados do Programa de Ciência Cidadã do Instituto Nacional da Mata Atlântica de 2019 a 2023. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 155–171.

Koffler, S., Queiroz-Souza, C., Ghilardi-Lopes, N.P., Viana, B.F., França, J.S., & Saraiva, A. M. (2024). Princípios e diretrizes para o desenvolvimento de projetos de ciência cidadã. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 38–45.

Maia, M. (2024). Ciência cidadã e políticas públicas para democratização e acesso ao conhecimento na área de biodiversidade. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 9–13.

Somekawa, S., Oliveira, I.C.L., Felix, L.N., Sousa, M.M.A., Silva, R.M., Dantas, T.C., Queiroz, M.D., Silva, L.C., Oliveira, Y.C.B.B., Brito, C.C.P., Velásquez, V.M., Araos, F., Esteves, L.S., Santos, B.A., & Iwama, A.Y. (2024). Aplicação CoastSnap para proposta de monitoramento cidadão em ecossistemas costeiros-marinhos no domínio da Mata Atlântica: caso no município do Conde – Paraíba. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 125–154.

Viana, B.F., Barreto-Lima, A.F., Oliveira da Silva, F., França, J.S., Lacerda, J.V.A., Szabo, J., Koffler, S., & Dantas, T.B. (2024). Potencial da Ciência Cidadã para mapeamento, monitoramento e conservação da biodiversidade na Mata Atlântica. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 73–86.

ARTIGO CIENTÍFICO

Ciência Cidadã: um conceito polissêmico

Sarita Albagli[1]*, Luana Rocha[1]

[1] Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). Rua Lauro Muller, 455, 4º. Andar, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 22290-160

***Autor para correspondência:**
E-mail: sarita@ibict.br

Recebido: 26/09/2023
Aceito: 10/07/2024

Resumo

O uso do termo ciência cidadã vem se expandindo nas últimas duas décadas, ganhando também visibilidade em políticas públicas de diferentes países e em agendas de organismos internacionais. No Brasil, iniciativas de ciência cidadã são ainda pouco difundidas, mas vêm atraindo atenção e crescendo significativamente desde a segunda década deste século. Ao mesmo tempo, há ainda grande desconhecimento, dúvidas e pontos de vista distintos sobre o significado de ciência cidadã. Trata-se, de fato, de um termo polissêmico, que permite diferentes interpretações e definições, dependendo de quem o mobiliza, com que motivações, objetivos, perspectivas e prioridades, em que contextos e condições. Tem, portanto, um caráter situado. Este artigo faz um apanhado de diferentes concepções de ciência cidadã e sua evolução, as agendas mobilizadas em suas práticas, situando ainda a ciência cidadã nos movimentos pela ciência aberta.

Palavras-chave: Ciência aberta, ciência cidadã, ciência participativa, desenvolvimento sustentável

Citizen Science: a polysemic concept

Abstract

The use of the term citizen science has expanded over the last two decades, gaining visibility in public policies in different countries and in the agendas of international organizations. In Brazil, citizen science initiatives are still not widespread, but they have been attracting increasing attention and growing significantly since the second decade of this century. At the same time, there is still little knowledge, doubts and different points of view about the meaning of citizen science. It is, in fact, a polysemic term, which allows for different interpretations and definitions, depending on who mobilizes it, with what motivations, objectives, perspectives and priorities, in what contexts and conditions. It therefore has a situated character. This article provides an overview of different conceptions of citizen science and its evolution, the agendas mobilized in its practices, and places citizen science within the movements for open science.

Keywords: Citizen science, open science, participatory science, sustainable development

INTRODUÇÃO

Ciência cidadã é um termo recente, ainda que, desde pelo menos o século XIX, se observe a contribuição, para a ciência, dos então chamados "amadores", ou seja, aqueles "que amavam, mas não eram profissionais no assunto, pois a profissão nem existia" (Schulz 2018). O termo "cientista" surge apenas em 1834 (Ross 1962), coincidindo com o início da crescente profissionalização da ciência.

O uso do termo ciência cidadã vem se expandido nas últimas duas décadas (Conrad e Hilchey 2011; Moresi *et al*. 2017), ganhando também visibilidade em políticas públicas de diferentes países e em agendas de organismos internacionais (Haklay 2015; OECD 2015; Science Europe 2018).

No Brasil, iniciativas de ciência cidadã são ainda pouco difundidas, mas vêm atraindo crescente atenção e experimentação, observando-se, desde a segunda década deste século, o aumento do número dessas iniciativas no país. Em 2021, foi formada a Rede Brasileira de Ciência Cidadã (RBCC, http://www.rbcc.ong.br/), reunindo atualmente mais de 400 integrantes. Em 2022, foi lançada a Cívis (https://civis.ibict.br/), plataforma de ciência cidadã desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), a partir do código aberto da plataforma europeia EU-Citizen.Science (https://eu-citizen.science/). Em agosto de 2024, a Cívis tinha registrados 223 projetos e iniciativas de ciência cidadã localizados no Brasil e outros países da América Latina e Caribe, com maior concentração em temas socioambientais, principalmente biodiversidade e florestas, ambientes marinhos e costeiros, rios e lagos, clima, além de ambientes urbanos e resíduos sólidos.

Ao mesmo tempo, há ainda grande desconhecimento, dúvidas e pontos de vista distintos sobre o significado de ciência cidadã. Trata-se de um termo polissêmico, que permite diferentes interpretações e definições, dependendo de quem o mobiliza, com que motivações, objetivos, perspectivas e prioridades, em que contextos e condições. Tem, portanto, um caráter situado.

Este artigo faz um apanhado de diferentes concepções de ciência cidadã e sua evolução, as agendas mobilizadas em suas práticas, situando ainda a ciência cidadã nos movimentos pela ciência aberta.

CONCEITO

A definição de ciência cidadã tem sido objeto de debate, inclusive quanto ao próprio uso do termo e quem a pratica. Diversas expressões, como ciência comunitária, ciência participativa, informação geográfica participativa, engajamento público na ciência, monitoramentos participativos, coprodução de conhecimento, entre outros, conversam ou se aproximam da ideia de ciência cidadã, oferecendo um espectro de abordagens e métodos que têm sido mobilizados nesse campo. Incluem-se ainda, nesse escopo, a disponibilização e o compartilhamento de recursos computacionais, contribuindo para ampliar a capacidade de processamento de dados de projetos científicos; o uso de ferramentas de geovisualização participativa, como a cartografia social; a fabricação de artefatos de suporte à pesquisa, de baixo custo, com tecnologias abertas e sociais; e a pesquisa participativa, incorporando a contribuição cidadã na formulação de perguntas e hipóteses de pesquisa (Figura 1).

As agendas da ciência cidadã têm se alargado para além dos objetivos de contribuir para o engajamento social visando melhorar a qualidade dos resultados e reduzir os custos da pesquisa científica. Difunde-se também o entendimento de que a ciência cidadã pode ser estratégica para dar visibilidade e reconhecimento aos saberes e posições de grupos sociais afetados ou subalternizados, em situações de risco e vulnerabilidade, e como meio para fortalecer o ativismo comunitário em lutas contra-hegemônicas por justiça cognitiva e justiça de dados, sobretudo em situações de controvérsias e conflitos (Gianasi 2023).

A ciência cidadã tem sido mobilizada ainda para a produção coletiva e a inovação social na solução de problemas, como ferramenta de monitoramento ambiental e territorial, e como forma de ampliar a influência social sobre políticas públicas.

A ciência cidadã é vista também como forma de educação e divulgação científica e ambiental, em formatos mais dialógicos, concorrendo para a apropriação social do conhecimento científico. Esse papel tem sido valorizado ante a disseminação de visões que desacreditam os métodos e achados do conhecimento científico, resultando no espalhamento das chamadas *fake news e fake science* (Mancoso *et al*. 2023).

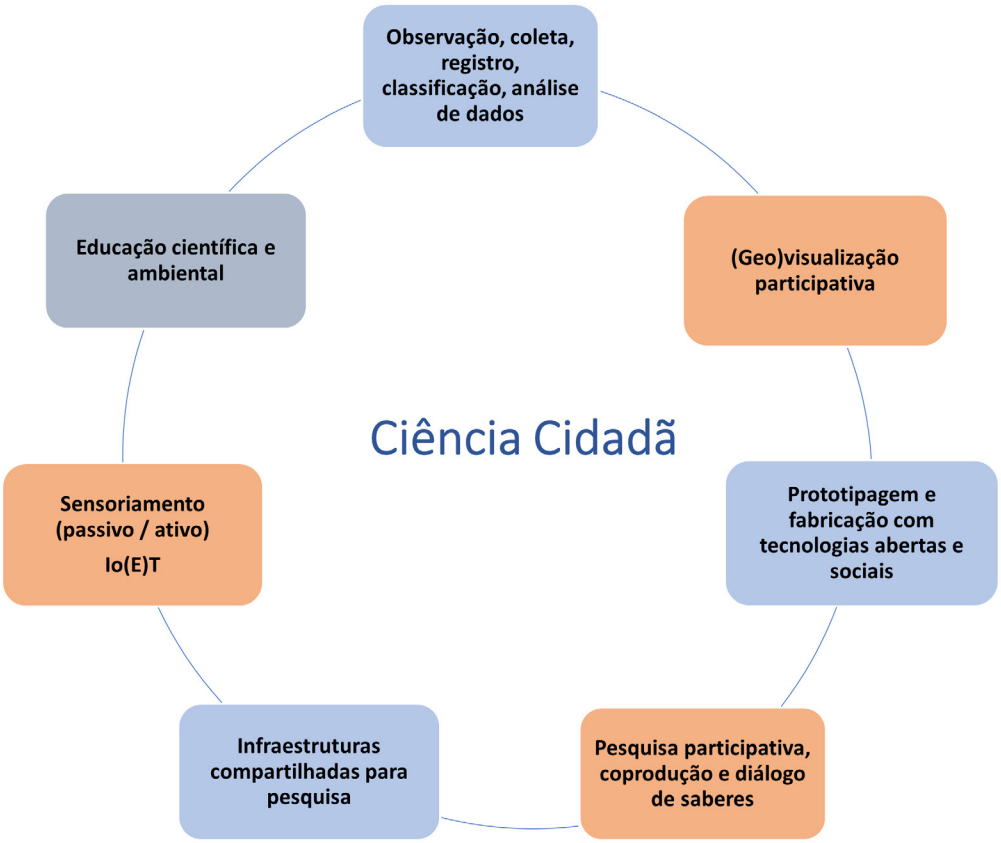


FIGURA 1: Escopo da ciência cidadã. Fonte: Elaboração própria

PERCURSO

Há referências de que o termo "ciência cidadã" foi utilizado primeiramente na virada dos anos 1980 para os anos 1990, em uma campanha, nos Estados Unidos, para participação de voluntários na coleta de amostras de chuva, visando demonstrar o problema da chuva ácida (Kerson 1989).

Mas é em meados dos anos 1990 que o termo se difunde, a partir de dois contextos e pontos de vista distintos. Um, liderado pelo pesquisador estadunidense Rick Boney, no Laboratório de Ornitologia de Cornell, ao mobilizar voluntários interessados em coletar e registrar dados sobre pássaros, o que resultou, no ano de 2002, na iniciativa E-Bird (https://ebird.org/) (Bonney *et al*. 2009; Sullivan *et al*. 2009). Outro, capitaneado pelo cientista social inglês Alan Irwin (Irwin 1995), conectando ciência cidadã com a ideia de cidadania científica, em dois eixos: como uma ciência orientada para responder a necessidades e preocupações sociais; e como uma ciência desenvolvida e promovida pelos próprios cidadãos.

Prenunciavam-se, assim, duas grandes vertentes que ainda hoje delimitam o debate sobre concepções de ciência cidadã, suas metodologias, protocolos e ferramentas. A vertente de Bonney enfatiza a participação cidadã na coleta e no registro de dados, enquanto a linha de Irwin revela maior preocupação em associar ciência cidadã à democratização da ciência e da própria sociedade.

Essas duas vertentes não são necessariamente opostas, podendo ser complementares. Por um lado, considerando que a ciência crescentemente lida e é dependente de grandes quantidades de dados heterogêneos e dispersos territorialmente, dada a complexidade e a amplitude dos desafios que lhe são impostos e das diferentes dimensões a serem consideradas, contar apenas com equipes científicas, limitadas em termos de tamanho e de recursos, para prover esses dados, mostra-se insuficiente. Por outro lado, a contribuição

de pessoas e grupos sociais, com seus conhecimentos, experiências e perspectivas sobre situações e características locais, é cada vez mais reconhecida como de grande valia para ampliar a participação social na ciência, bem como para estreitar as relações da ciência com a sociedade.

Por exemplo, no caso do enfrentamento de situações de emergência, como no caso da pandemia da covid-19 e em desastres associados às mudanças climáticas, com extremos que vão das secas e incêndios florestais até grandes chuvas e inundações, é importante a contribuição cidadã na geração de dados com volume e velocidade. Mas é relevante também a perspectiva mais *bottom-up* (de baixo para cima), respeitando o tempo lento da escuta que requer a horizontalidade na colaboração, crucial para dar robustez às ações empregadas, quando as pessoas se sentem parte das soluções (Lafuente e Estalella 2015). E um dos grandes desafios da ciência cidadã é justamente mobilizar e manter a participação.

Em 2014, o Dicionário de Oxford definiu ciência cidadã como "um trabalho científico desenvolvido por membros do público geral, frequentemente em colaboração com ou sob a orientação de um cientista profissional ou de instituições científicas". Alan Irwin (Planetary Health Alliance 2021) apontou que essa definição não cobre o espectro de possibilidades da ciência cidadã. Primeiro porque a ciência cidadã não necessariamente é iniciada como um trabalho científico. Ela pode ser uma iniciativa de um grupo ou comunidade, por motivações diversas, que pode então buscar a colaboração de cientistas.

Um segundo aspecto dessa definição, que é criticado por Irwin, é o uso do termo "público em geral", que induz a uma noção de um público homogêneo, não contemplando a diversidade de públicos ou de interesses envolvidos com ciência cidadã. Nos exemplos práticos de ciência cidadã, encontramos grupos afluentes de aposentados na Europa, com tempo, acesso a recursos e nível educacional elevado, interessados em temas como observação de pássaros, como *hobby*, lazer ou interesse na ciência. Encontramos também comunidades tradicionais na Amazônia (Programa Ciência Cidadã para a Amazônia, https://pt.aguasamazonicas.org/programas-2/ciencia-cidada-amazonia), ou grupos nas periferias urbanas de grandes cidades, em situações de risco e vulnerabilidade, que mobilizam ciência cidadã para a defesa de suas comunidades e localidades (LabJaca https://www.labjaca.com/, Quilombo Ciência https://quilombociencia.org/, Que Lama é Essa https://www.edumite.net/que-lama-e-essa).

Posteriormente, a União Europeia definiu ciência cidadã como "a participação voluntária de cientistas não profissionais na pesquisa e inovação, em diferentes fases do processo e com diferentes níveis de envolvimento, desde a definição de agendas e políticas de pesquisa, até a coleta, o processamento e a análise de dados, e a avaliação dos resultados da investigação." (Science Europe 2018). Aqui se busca abranger diferentes frentes de atuação da ciência cidadã, conectando-se também aos processos de inovação, para além da pesquisa científica *stricto sensu*.

Ciência cidadã na ciência aberta

A ciência cidadã hoje se integra como uma das vertentes do movimento pela ciência aberta, entendida como um movimento de movimentos que se articulam com o objetivo de ampliar a circulação e a democratização do acesso ao conhecimento científico, bem como reposicionar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (Albagli *et al*. 2015).

Em 2021, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) apresentou um conjunto de recomendações aos Estados membros, a partir de um amplo processo de consultas, de modo a "fornecer um marco internacional para políticas e práticas de ciência aberta" (Unesco 2022, p. 6). Entre os quatro eixos dessas recomendações, dois guardam relação direta ou indireta com a ciência cidadã. O eixo "envolvimento aberto dos atores sociais" faz referência explícita à ciência cidadã, orientando "à maior colaboração entre cientistas e atores sociais que não fazem parte da comunidade científica, abrindo práticas e ferramentas utilizadas no ciclo de pesquisa e tornando o processo científico mais inclusivo e acessível à sociedade mais ampla e interessada em conhecimento" (Unesco 2022, p. 13).

Já o eixo "diálogo aberto com outros sistemas de conhecimento" reconhece "a riqueza de diversos sistemas e epistemologias de conhecimento, assim como a diversidade dos produtores de conhecimento". Orienta a "melhorar as interrelações e complementaridades entre as diversas epistemologias", bem como ao "respeito à soberania e à governança do conhecimento, e o reconhecimento dos direitos dos detentores do conhecimento a receberem uma parcela justa e equitativa dos benefícios que a utilização de seu conhecimento venha a originar" (Unesco 2022, p. 15).

Observa-se então que, no estreitamento de relações entre ciência aberta e ciência cidadã, há uma mútua fertilização. Por um lado, amplia-se o conceito de abertura da ciência para além do acesso aberto à literatura e aos dados científicos, indicando que essa abertura não pode se restringir ao campo estrito da ciência, ainda que isso seja crucial (Chan *et al*. 2015). Trata-se de estender essa abertura, reconhecendo o espectro mais amplo de atores e espaços de produção de conhecimento, que são relevantes ao avanço da própria ciência (Albagli e Rocha 2020). Isso tem se mostrado relevante para considerar os conhecimentos dos grupos marginalizados, mas também detentores de saber, como comunidades tradicionais (indígenas, quilombolas, extrativistas, entre outras). Além disso, inclui conhecimentos derivados da experiência, chamada de "expertise leiga" e "conhecimento experiencial", como os de populações em situação de vulnerabilidade social e grupos afetados por doenças e emergências socioambientais.

Por outro, implica que a ciência cidadã deve considerar, em suas práticas e protocolos, os princípios de outras vertentes da ciência aberta, particularmente na abertura e no compartilhamento de dados e no uso de ferramentas e infraestruturas abertas.

No que se refere à abertura dos dados, requer-se não apenas a consideração dos princípios FAIR na gestão de dados, ou seja, que os dados devam ser encontráveis (*findable*), acessíveis (*accessible*), interoperáveis (*interoperable*) e reutilizáveis (*reusable)*. Impõem-se também os princípios CARE, propostos por povos indígenas, quais sejam, que considerem os benefícios coletivos (*collective benefit*), autoridade para controlar (*authority to control*), responsabilidade (*responsibility*) e ética (*ethics*) (Carroll *et al*. 2020).

Esse aspecto torna-se ainda mais sensível, considerando que a ciência cidadã vem sendo crescentemente mobilizada para enfrentar a atual crise socioambiental planetária e para buscar padrões mais sustentáveis de desenvolvimento (Adams 2019; Albagli e Rocha 2020). Parte das trajetórias científico-tecnológicas que dominaram o século XX, trazendo soluções, também trouxeram problemas, como os impactos negativos associados à revolução verde na agricultura, e a matriz energética baseada em combustível fóssil que é hoje posta em xeque ante o recrudescimento da crise climática. Nessas agendas, a perspectiva e os conhecimentos de comunidades locais e tradicionais têm sido reconhecidos e valorizados (Lorenz e Lepenies 2023).

Portanto, considerar e conversar com outros sistemas de pensamento, outras bases epistêmicas com uma conexão mais equilibrada em relação à qualidade e à existência da vida no planeta, investe-se de nova centralidade para uma cidadania científica ou ciência cidadã. Diante desse quadro, a própria noção de cidadania é ressignificada, incorporando a coprodução de conhecimentos, advogando por relações mais horizontais entre os atores do conhecimento e suas distintas bases epistêmicas, valorizando a fertilidade de suas mútuas afecções, e considerando as desigualdades nas relações saber-saber (Foucault 2005).

No que se refere às infraestruturas abertas, o crescente uso, por iniciativas e projetos de ciência cidadã, de ferramentas e plataformas de comunicação eletrônica digital torna esse aspecto ainda mais sensível. O desenvolvimento e a difusão de aplicativos e dispositivos móveis de conexão com a internet, especialmente os aparelhos celulares, com interfaces amigáveis, facilitam a contribuição de pessoas à distância, sem necessariamente uma formação técnica ou científica. A digitalização e a conexão propiciadas por esses meios técnicos favorecem o aumento da produção, registro e armazenamento de dados, em grandes quantidades e de maneira descentralizada (Newman *et al*. 2012; Lemmens *et al.* 2021).

Tais dispositivos são complementados com a fabricação e o uso de novos artefatos de registro, mensuração e sensoriamento, muitos dos quais a custos acessíveis e com interface amigável para não especialistas. Essas mudanças, que avançam na direção da Internet de todas as coisas (*Internet of everything*) e da inteligência artificial, abrem caminho para inovações de toda ordem nas formas de produzir, circular e utilizar conhecimentos, dados e informação.

Por outro lado, persistem os problemas de exclusão digital, sobretudo para determinadas regiões e grupos sociais, relacionados a dificuldades de acesso à internet por questões diversas. Colocam-se também novos riscos relativos a privacidade, soberania, captura, exploração e uso justo de dados (Parra 2015), no que já se configura como uma Economia ou Capitalismo de Plataforma (Srnicek 2016), apontando-se os cuidados e riscos com o crescente uso da inteligência artificial (Ponciano 2023).

CONCLUSÕES

Em síntese, a ciência cidadã engloba hoje um amplo espectro de visões, definições e tipos de ações,

que, em linhas gerais, se enquadram em duas grandes vertentes. Uma é pautada por uma perspectiva pragmática – ampliar a velocidade e a extensão dos resultados da pesquisa, sendo liderada primordialmente por cientistas profissionais; enquanto a outra é mobilizada por uma perspectiva mais democrática – conferir maior porosidade e interlocução da ciência com outros tipos de saberes, com metodologias mais participativas e de coprodução.

As iniciativas de ciência cidadã podem, portanto, combinar características diversas, tais como:

a) Estratégias e políticas de incentivo e indução (de cima para baixo) e iniciativas que partem de grupos sociais e comunidades locais e os envolvem ativamente nas diferentes etapas, influenciando também as políticas (de baixo para cima).
b) Produção de grandes volumes de dados (*big data*) alimentados por muitos (*crowdsourcing*) e dados advindos das experiências e conhecimentos locais sobre o que é específico do território (*small data*).
c) Rapidez e volume (*fast Science*), sem desconsiderar o tempo lento da escuta (*slow Science*).
d) Mecanismos de validação e certificação dos dados e informações, valorizando também a relevância do reconhecimento e do diálogo entre diferentes tipos de conhecimento, no que Santos e Meneses (2010) chamam de uma "ecologia de saberes".

Hoje é importante indagar: para que, para quem, o que conta, quem conta e, sobretudo, em que condições se desenvolvem iniciativas e projetos de ciência aberta e cidadã. Debruçar-se sobre essas condições – técnicas, políticas, institucionais, éticas – é, atualmente, uma das grandes chaves para os futuros desdobramentos da ciência aberta e cidadã.

É preciso atentar para as desiguais posições e hierarquias entre a heterogeneidade de atores que participam dessas iniciativas e experiências, considerando dimensões sociais, de gênero, etárias e geracionais, de formação, de acesso a tecnologias, entre outras.

A ciência aberta e cidadã pode estar situada ainda em cenários de conflitos, sendo ela própria também entendida como um campo de controvérsias. O enfrentamento hoje das questões socioambientais e a construção de um desenvolvimento sustentável – focos crescentes da ciência cidadã – não é algo necessariamente pacífico. Essas questões envolvem frequentemente posições divergentes sobre estilos de desenvolvimento, bem como litígios entre proteção, de um lado, e degradação socioambiental, de outro, particularmente em cenários de maior desigualdade social e vulnerabilidade política.

Outro desafio é como atribuir reconhecimento e oferecer recompensa aos praticantes da ciência cidadã. Da perspectiva dos cientistas, isso implica considerar a ciência cidadã nos sistemas de avaliação da pesquisa, valorizando-a como parte da produção científica e garantindo sustentabilidade e financiamento de longo prazo. O apoio a projetos e abordagens de ciência cidadã não pode se configurar como políticas pontuais, em situações de emergência, pois requerem um contínuo que permita o acúmulo e a troca de aprendizagem social e coletiva. Ao mesmo tempo, é preciso evitar modelos de institucionalização que enrijecem e inibem a diversidade, a abertura e a inovatividade da ciência cidadã, como conceito polissêmico e emergente.

Da ótica dos demais atores, significa atentar para os retornos e benefícios individuais e, sobretudo, coletivos para quem as promove, as comunidades e localidades envolvidas, e para a sociedade em geral.

Cabe então pensar a ciência cidadã em suas diferentes acepções, propósitos, usos e práticas, olhando-a como conceito e processo em construção e mudança, à luz das transformações na própria ciência em sua relação com as mudanças e demais atores sociais.

REFERÊNCIAS

Adams, B. (2019). Commentary on Special Issue: Knowledge and Politics in Setting and Measuring SDGs Numbers and Norms. *Global Policy*, *10*, 157–158. https://doi.org/10.1111/1758-5899.12639

Albagli, S., & Rocha, L. (2020). Ciência cidadã no Brasil: Um estudo exploratório. In M.M. Borges & E.S. Casado (Coords.), *Sob a lente da Ciência Aberta: Olhares de Portugal, Espanha e Brasil* (pp. 489-511). Imprensa da Universidade de Coimbra. https://hdl.handle.net/10316/93276

Albagli, S., Maciel, M.L., & Abdo, A.H. (2015). *Ciência aberta, questões abertas*. Ibict, Unirio. https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/1060/1/Ciencia%20aberta_questoes%20abertas_PORTUGUES_DIGITAL%20(5).pdf

Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C.C. (2009). *Public participation in scientific research: Defining the field*

and assessing its potential for informal science education. A CAISE Inquiry Group Report. Washington, D.C.: Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE). https://eric.ed.gov/?id=ED519688

Carroll, S.R., Garba, I., Figueroa-Rodríguez, O.L., Holbrook, J., Lovett, R., Materechera, S., Parsons, M., Raseroka, K., Rodriguez-Lonebear, D., Rowe, R., Sara, R., Walker, J.D., Anderson, J., & Hudson, M. (2020). The CARE Principles for Indigenous Data Governance. *Data Science Journal*, *19*(1), 43. https://doi.org/10.5334/dsj-2020-043

Chan, L., Okune, A., & Sambuli, N. (2015). O que é ciência aberta e colaborativa, e que papéis ela poderia desempenhar no desenvolvimento? In S. Albagli, M. L. Maciel, & A. H. Abdo (Eds.), *Ciência aberta, questões abertas* (pp. 91–119). Ibict, Unirio. https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/1060/1/Ciencia%20aberta_questoes%20abertas_PORTUGUES_DIGITAL%20(5).pdf

Conrad, C.C., & Hilchey, K.G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: Issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, *176*(1-4), 273–291. https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5

Foucault, M. (2005). *Em defesa da sociedade (Curso no Collège de France, 1975-1976)*. Martins Fontes.

Gianasi, L. (2023, 9 de maio). Ciência cidadã em territórios de desastres ambientais: a experiência do "Que Lama é Essa?" Entrevistadora: Alana Moraes. Civis Blog. https://civis.ibict.br/blog/2023/05/10/ciencia-cidada-em-territorios-de-desastres-ambientais-experiencia-do-que-lama-e-essa/

Irwin, A. (1995). *Citizen science: A study of people, expertise and sustainable development*. Routledge.

Planetary Health Alliance. (2021, 27 de abril). *Citizen science: an approach to promote Planetary Health - 2021 PHAM. Citizen science: a new knowledge politics?* [Vídeo]. https://www.youtube.com/live/pFOkoR2fzdY?si=o7yNalshAJC74rZO&t=677

Haklay, M. (2015). *Citizen Science and Policy: A European Perspective* (Relatório nº 6). Woodrow Wilson International Center for Scholars. https://pt.scribd.com/document/256283024/Citizen-Science-and-Policy-A-European-Perspective

Kerson, R. (1989). Lab for the environment. *Technology Review*, *92*(1), 11–12.

Lafuente, A. & Estalella, A. (2015). Modos de ciência: pública, abierta y común In S. Albagli, M. L. Maciel, & A. H. Abdo (Eds.), *Ciência aberta, questões abertas* (pp. 27–58). Ibict, Unirio. https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/1060/1/Ciencia%20aberta_questoes%20abertas_PORTUGUES_DIGITAL%20(5).pdf

Lemmens, R., Antoniou, V., Hummer, P., & Potsiou, C. (2021). Citizen Science in the Digital World of Apps. In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K. Wagenknecht (Eds.), *The Science of Citizen Science*. (pp. 461-474). Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_23

Lorenz, L., & Lepenies, R. (2023). Contributions of Citizen Science to the Sustainable Development Goals: Is Transformative Global Citizen Science Possible? *Citizen Science: Theory and Practice*, *8*(1). http://dx.doi.org/10.5334/cstp.595

Mancoso, K., Paes, A., de Oliveira, T., & Massarani, L. (2023). Pesquisa em desinformação e divulgação científica: Uma revisão da literatura latino-americana. *JCOMAL*, *6*(01), A01. https://doi.org/10.22323/3.06010201

Moresi, E.A.D., Barbosa, J.A., Braga Filho, M.O., Alves, P.N., Santos, J.C.A., Assis, F.C.S., Bernardes, T.M., & Lima, V.C. (2017). O emprego do aplicativo SciHub em projetos de ciência cidadã. *Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática*, *14*, 45–52. http://www.iiisci.org/Journal/riSCI/FullText.asp?var=&id=CA301DY17

Newman, G., Wiggins, A., Crall, A., Graham, E., Newman, S., & Crowston, K. (2012). The future of citizen science: Emerging technologies and shifting paradigms. *Frontiers In Ecology And The Environment*, *10*(6), 298–304. http://dx.doi.org/10.1890/110294

OECD. (2015). Making Open Science a Reality. *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, *25*. OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/5jrs2f963zs1-en

Parra, H.Z.M. (2015). Ciência cidadã: Modos de participação e ativismo informacional. In S. Albagli,

M.L. Maciel, & A.H. Abdo (Eds.), *Ciência aberta, questões abertas* (pp. 121–141). Ibict, Unirio. https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/1060/1/Ciencia%20aberta_questoes%20abertas_PORTUGUES_DIGITAL%20(5).pdf

Ponciano, L. (2023, 15 de agosto). Reflexões sobre o Emprego de Inteligência Artificial em Ciência Participativa e Cidadã. Civis Blog. https://www.civis.ibict.br/blog/2023/08/14/ia-ciencia-cidada/

Ross, S. (1962). Scientist: The story of a word. *Annals of Science*, *18*(2), 65–85. https://doi.org/10.1080/00033796200202722

Santos, B.S. & Meneses, M.P. (2010). *Epistemologias do Sul*. Cortez.

Science Europe. (2018). *Science Europe Briefing Paper on Citizen Science*. Science Europe. https://www.scienceeurope.org/wp-content/uploads/2018/07/SE_BriefingPaper_CitizenScience.pdf

Schulz, P. (2018, 07 agosto). Cientistas: de amadores a cidadãos. *Jornal da Unicamp*. https://www.unicamp.br/unicamp/ju/artigos/peter-schulz/cientistas-de-amadores-cidadaos

Srnicek, N. (2016). *Platform capitalism*. Cambridge, UK; Malden, MA: Polity Press.

Sullivan, B., Wood, C.L., Iliff, M.J., Bonney, R.E., Fink, D., & Kelling, S. (2009). EBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation*, *142*(10), 2282–2292. http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.05.006

Unesco. (2022). *Recomendações da Unesco sobre Ciência Aberta*. Unesco: Brasília. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949_por

ARTIGO DE OPINIÃO

Ciência cidadã e políticas públicas para democratização e acesso ao conhecimento na área de biodiversidade

Margareth P. Maia[1]*

[1] Instituto Mãos da Terra (Imaterra)

***Autor para correspondência:**
E-mail: margareth.maia@yahoo.com.br

Recebido: 19/09/2023
Aceito: 10/07/2024

Resumo

Este artigo tem por objetivo abordar as relações entre a ciência cidadã e as políticas públicas para democratização e acesso ao conhecimento na área de biodiversidade no Brasil. O Estado brasileiro possui políticas públicas que contribuem para democratização e acesso ao conhecimento na área de biodiversidade, a exemplo da Política Nacional da Biodiversidade. Contudo, o potencial da ciência cidadã em ampliar o acesso e a escala do conhecimento sobre a biodiversidade, e a dimensão do território brasileiro e sua megabiodiversidade, justificam a formulação e implementação de políticas públicas que apoiem a estruturação e o avanço da ciência cidadã no país.

Palavras-chave: Biodiversidade, ciência cidadã, democracia participativa, políticas públicas.

Citizen science and public policies for democratization and access to knowledge in the field of biodiversity

Abstract

This paper aims to address the relationship between citizen science and public policies for democratization and access to knowledge in the area of biodiversity in Brazil. The Brazilian State has public policies that contribute to democratization and access to knowledge in the area of biodiversity, such as the National Biodiversity Policy. However, the potential of citizen science to expand access and the scale of knowledge about biodiversity, and the size of the Brazilian territory and its megabiodiversity, justify the formulation and implementation of public policies that support the structuring and advancement of citizen science in the country.

Keywords: Biodiversity, citizen science, participatory democracy, public policies.

INTRODUÇÃO

Por abranger diversas atividades, práticas e múltiplas abordagens, definir o conceito de ciência cidadã pode limitar ou mesmo excluir uma série de atividades que nela se enquadram (Haklay *et al*. 2021). Contudo, de acordo com a Rede Brasileira de Ciência Cidadã (RBCC), criada em março de 2021, com o objetivo de promover avanços e superar os desafios do campo no país:

> "A ciência cidadã abrange diversos tipos de parcerias entre cientistas e interessados em ciência, para produção compartilhada de conhecimentos com potencial para promover o engajamento da sociedade em diferentes etapas do processo científico, educação científica e tecnológica, e co-elaboração e implementação de políticas públicas sobre temas de relevância social e ambiental" (RBCC 2023).

Desse modo, o conceito adotado pela Rede Brasileira de Ciência Cidadã (RBCC) estabelece o compromisso de produzir ciência com impacto socioambiental (Queiroz-Souza *et al.* 2023), inspirado nos princípios e características da ciência cidadã da European Citizen Science Association (ECSA 2015).

A ciência cidadã é um importante instrumento para a democratização da ciência e o acesso universal e equitativo a dados e informações científicas, sendo os dados da ciência cidadã amplamente utilizados em estudos de biodiversidade e poluição, e no monitoramento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas (Sherbinin *et al.* 2021), entre outros. As contribuições da ciência cidadã para o avanço do conhecimento sobre a biodiversidade em nível mundial são robustas, com vários exemplos de projetos bem sucedidos envolvendo a parceria entre cientistas, voluntários e o público interessado, com produção de conhecimento e orientações para a gestão ambiental pública (Huntley 2023). Estudos realizados por Chandler *et al*. (2017), indicam que mais de 50% dos dados de ocorrência de espécies disponíveis no Global Biodiversity Information Facility (GBIF) provêm de fontes que incluem contribuições da ciência cidadã, evidenciando a sua relevância para o monitoramento da biodiversidade em nível mundial. Assim, este artigo tem por objetivo descrever as relações entre a ciência cidadã e as políticas públicas para democratização e acesso ao conhecimento na área de biodiversidade, buscando contribuir para o avanço da discussão do campo no país e a sua incorporação nas políticas públicas.

Políticas públicas para democratização e acesso ao conhecimento sobre biodiversidade

A instituição da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992, e ratificada pelo governo brasileiro por meio do Decreto nº 2.519/1998, propiciou o reconhecimento pela primeira vez no regime jurídico internacional, da conservação da diversidade biológica como uma preocupação comum da humanidade e como parte integrante do seu processo de desenvolvimento (Roma e Coradin 2016).

Buscando avançar na implementação da CDB no país, em agosto de 2002 foi publicado o Decreto nº 4.339, que estabelece princípios e diretrizes para implementação da Política Nacional da Biodiversidade (PNB), e determina como instância coordenadora da sua execução a Comissão Nacional da Biodiversidade (CONABIO), no âmbito do Ministério do Meio Ambiente (Decretos nº 1.354/1994 e nº 4.703/2003).

A implementação da PNB pode efetivamente contribuir para a democratização e acesso ao conhecimento sobre a biodiversidade brasileira, sendo uma política pública estratégica para o avanço do tema no país. A sua implementação abrange a execução de sete componentes, sendo o (i) conhecimento da biodiversidade o primeiro deles, seguido por: (ii) conservação; (iii) uso sustentável; (iv) monitoramento, avaliação, prevenção e mitigação de impactos sobre a biodiversidade; (v) acesso aos recursos genéticos e aos conhecimentos tradicionais associados e repartição de benefícios; (vi) educação, sensibilização pública, informação e divulgação sobre biodiversidade; e (vii) fortalecimento jurídico e institucional para a gestão da biodiversidade.

O componente *educação, sensibilização pública, informação e divulgação sobre biodiversidade* visa, de uma forma geral, sistematizar, integrar e difundir informações sobre a biodiversidade e a necessidade de sua conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios derivados do seu uso, nos diversos níveis de educação, e junto à população e aos tomadores de decisão. A primeira diretriz deste componente determina o desenvolvimento de um Sistema Nacional de Informação e Divulgação de Informações sobre

Biodiversidade, integrado às iniciativas já existentes, visando facilitar o acesso à informação para a tomada de decisões, e a manutenção de uma base de dados disponível em meio eletrônico, entre outros objetivos, nos quais a ciência cidadã pode desempenhar um papel fundamental.

Soma-se a isso o fato que um dos objetivos específicos da primeira diretriz do componente *monitoramento, avaliação, prevenção e mitigação de Impactos sobre a biodiversidade*, fomenta a realização de iniciativas que podem ser amplamente desenvolvidas no âmbito de projetos de ciência cidadã, ao determinar o "*estímulo ao desenvolvimento de programa de capacitação da população local, visando à sua participação no monitoramento da biodiversidade*".

Assim, considerando a importância da ciência cidadã para a democratização da ciência e produção de conhecimento sobre biodiversidade (Sherbinin *et al.* 2021), uma aproximação entre a CONABIO (MMA) e a RBCC pode ser decisiva para o avanço da Política Nacional da Biodiversidade no país, a partir do estabelecimento de uma parceria, visando especialmente o planejamento e implementação do componente *monitoramento, avaliação, prevenção e mitigação de impactos sobre a biodiversidade*, por meio do apoio a projetos de ciência cidadã.

Democracia, transparência, participação e controle social

O acesso às informações públicas é um direito assegurado na Constituição Federal de 1988. O direito de acesso à informação foi regulamentado pela Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/2011), que define os procedimentos que devem ser observados pela União, estados, Distrito Federal e municípios, destacando-se entre suas diretrizes o fomento ao desenvolvimento da cultura da transparência na administração pública e o desenvolvimento do controle social da administração pública.

A transparência é considerada a pedra angular para a consolidação democrática (Zuccolotto e Teixeira 2019), sendo o acesso à informação fundamental para a democracia, ampliando a confiança dos cidadãos nas instituições públicas e contribuindo para o controle social das políticas públicas (Andronicean 2021). A transparência é definida por Grimmelikhuijsen e Welch (2012), como a "*divulgação de informações por uma organização que permite que atores externos monitorem e avaliem seu funcionamento interno e desempenho*". A transparência deve assegurar a visibilidade – ou seja, a informação deve ser visível, completa e facilmente alcançável – e a capacidade de inferência (Zuccolotto *et al.* 2014).

A participação social em todas as fases do ciclo de políticas públicas contribui para o controle social nas decisões políticas (Fischer *et al*. 2007, Calçada e Reck 2020) e a prática da democracia participativa, possuindo um papel relevante na denúncia de contradições entre os interesses privados e públicos (Jacobi *et al.* 2007). Contudo, a participação e o controle social qualificados e efetivos nas políticas públicas demandam transparência e acesso às informações de natureza pública pela sociedade. Por sua vez, a transparência de dados contribui para o aumento do engajamento de cidadãos e um "governo aberto" e mais responsável por suas ações (Rajão e Jarke 2018).

O Portal da Biodiversidade desenvolvido pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), disponibiliza dados e informações sobre a biodiversidade brasileira gerados por seus Centros de Pesquisa e Conservação ou recebidos pelo Ministério do Meio Ambiente e instituições parceiras, a exemplo do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (ICMBio 2023). O desenvolvimento do Portal da Biodiversidade é relevante e contribui para a democratização e acesso ao conhecimento sobre a biodiversidade brasileira.

Apesar da transparência ser considerada essencial para a participação e controle social (Zuccolloto *et al.* 2019), Rajão e Jarke (2018) pontuam que os "dados abertos" por si só não promovem mudanças sociais, transparência e responsabilidade por parte do governo, ressaltando que os dados abertos só permitem transparência em conexão com práticas concretas de análise de dados por ONGs, funcionários do governo e grupos locais. Nesse sentido, a produção de conhecimento sobre a biodiversidade por meio de iniciativas e projetos de ciência cidadã, com o engajamento da sociedade e a coprodução e implementação de políticas públicas de relevância socioambiental, contribui para o fortalecimento da democracia participativa no país.

Adicionalmente, o estabelecimento de iniciativas e parcerias formais (por exemplo, entre a CONABIO e a RBCC) pode contribuir para a institucionalização do campo no Brasil, por meio do reconhecimento e incorporação da ciência cidadã na implementação de políticas públicas (leis, decretos, resoluções CONAMA, instruções normativas, portarias, etc) relacionadas à biodiversidade. A inserção da ciência cidadã nas políticas públicas e/ou nos seus instrumentos possui uma

importância estratégica uma vez que ajuda a qualificar e fortalecer o controle social sobre as políticas relacionadas à democratização e acesso ao conhecimento sobre a biodiversidade brasileira. Assim, considerando a importância social da ciência cidadã, conhecer iniciativas e experiências existentes em nível global relacionadas a incorporação do campo em políticas públicas pode trazer inspirações para o debate sobre o tema na RBCC.

CONCLUSÕES

O Brasil instituiu políticas públicas que apoiam o avanço da democratização e acesso ao conhecimento na área de biodiversidade. Contudo, existe uma lacuna em relação ao reconhecimento e a potencial contribuição da ciência cidadã nesse processo no que se refere às políticas públicas relacionadas à biodiversidade. Desse modo, sugere-se: (i) buscar na literatura experiências de políticas públicas que utilizam a ciência cidadã como estratégia para ampliar o conhecimento sobre a biodiversidade; (ii) estabelecer parcerias formais entre a CONABIO e a RBCC; e, (iii) fomentar iniciativas que possam contribuir para o reconhecimento e incorporação da ciência cidadã na implementação de políticas públicas relacionadas à biodiversidade brasileira.

AGRADECIMENTOS

À Rede Brasileira de Ciência Cidadã pela oportunidade de abordar as relações entre a ciência cidadã e as políticas públicas para democratização e acesso ao conhecimento na área de biodiversidade, e em especial, à pesquisadora Blandina Felipe Viana.

REFERÊNCIAS

Androniceanu, A. (2021). Transparency in public administration as a challenge for a good democratic governance. *Administratie si Management Public*, *36*, 149–164. http://doi.org/10.24818/amp/2021.36-09

Brasil (1988, Outubro). Constituição Federal de 1988. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm

Brasil (1994, Dezembro). Decreto Federal nº 1.354/1994. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d1354.htm#:~:text=DECRETA%3A,%C3%B3rg%C3%A3os%20governamentais%2C%20privados%20e%20multilaterais

Brasil (1998, Março). Decreto Federal nº 2.519/1998. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2519.htm#:~:text=D2519&text=DECRETO%20N%C2%BA%202.519%2C%20DE%2016,que%20lhe%20confere%20o%20art

Brasil (2002, Agosto). Decreto Federal nº 4.339 de 2002. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4339.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%204.339%2C%20DE%2022%20DE%20AGOSTO%20DE%202002&text=Institui%20princ%C3%ADpios%20e%20diretrizes%20para%20a%20implementa%C3%A7%C3%A3o%20da%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20da%20Biodiversidade

Brasil (2011, Novembro). Lei nº 12.527/2011, Lei de Acesso à Informação. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm

Calçada, L.A.Z., & Reck, J.R. (2020). Democracia e Participação Social no Ciclo das Políticas Públicas. *Revista Jurídica Cesumar, 20*(3), 425–433. http://doi.org/10.17765/2176-9184.2020v20n3p425-443

Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A.M.Z., López, B.C., Danielsen, F., Legind, J.K., Masinde, S., Miller-Rushing, A.J., Newman, G., Rosemartin, A, & Turak, E. (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation* , *213*, 280–294. http://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004

European Citizen Science Association – ECSA (2015). *Ten Principles of Citizen Science*. https://doi.org/10.17605/osf.io/xpr2n

Fischer, F., Miller, G.J., & Sidney, M.S. (2007). *Handbook of Public Policy Analysis Theory, Politics, and Methods*. CRC Press Taylor & Francis Group.

Grimmelikhuijsen, S.G., & Welch, E.W. (2012). Developing and testing a theoretical framework for computer-mediated transparency of local governments. *Public Administration Review, 78*(1), 562–571. https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2011.02532.x

Haklay, M., Dörler, D., Heigl, F., Manzoni, M., Hecker, S., & Vohland, K. (2021). What Is Citizen Science? The Challenges of Definition. In: K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K. Wagenknecht. (Eds.), *The Science of Citizen Science*. (pp. 13–33). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_2

Huntley, B.J. (2023). *Strategic opportunism: What works in Africa, twelve fundamentals for conservation success.* Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24880-1

Jacobi, P.R., & Barbi, F. (2007). Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. *Revista Katálysis, 10,* 237–244. https://doi.org/10.1590/S1414-49802007000200012

Rajão, R., & Jarke, J. (2018). The materiality of data transparency and the (re)configuration of environmental activism in the Brazilian Amazon. *Social Movement Studies, 17*(3), 318–332. https://doi.org/10.1080/14742837.2018.1459297

Rede Brasileira de Ciência Cidadã (2023, Maio 18). *Documentos de gestão*. http://rbcc.ong.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=12&Itemid=158

Roma, J.C. & Coradin, L. (2016). A governança da convenção sobre diversidade biológica e sua implementação no Brasil. In: A.M.M. Moura (Org.), *Governança Ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas* (p.245–285). IPEA.

Sherbinin, A., Anne Bowser, A., Chuang, T-R, Cooper, C., Danielsen, F., Edmunds, R., Elias, P., Faustman, E., Hultquist, C., Mondardini, R., Popescu, J., Shonowo, A. & Sivakumar, K. (2021). The critical importance of citizen science data. *Frontiers in Climate*, *3*, Article 650760. https://doi.org/10.3389/fclim.2021.650760

Queiroz-Souza, C.Q., Viana, B., Ghilardi-Lopes, N., Kawabe, L., Alexandrino, E., França, J., Koffler, S., Saraiva, A. M., & Loula, A. (2023). Opportunities and barriers for citizen science growth in Brazil: Reflections from the First Workshop of the Brazilian Citizen Science Network. A. *Citizen Science: Theory and Practice, 8*(1): 13, 1–9. https://doi.org/10.5334/cstp.521

Zuccolloto, R., Riccio, E.L. & Sakata, M.C.G. (2014). Characteristics of scientific production on governmental transparency. *International Journal of Auditing Technology, 2*(2), 134–152.

Zuccolotto, R. & Teixeira, M.A.C. (2019). *Transparência: aspectos conceituais e avanços no contexto brasileiro*. Enap Fundação Escola Nacional de Administração Pública.

RELATO DE EXPERIÊNCIA

Ciência cidadã para a promoção da educação científica em escolas: um relato de múltiplos casos

Natalia Pirani Ghilardi-Lopes[1,2,3*], Janaína Dutra Gonzalez[3], Gustavo Bellini Monteiro[3], Jussara Almeida Bezerra[3], Diana Ribas Rodrigues Roque[4], Emerson Joucoski[5], Michelle Mendes[6], Debora Larissa Brum[6], Rodrigo Arantes Reis[5]

[1] Universidade Federal do ABC (UFABC), Centro de Ciências Naturais e Humanas, Campus São Bernardo do Campo, Sala 287 - bloco Delta, Alameda da Universidade, s/n, São Bernardo do Campo, SP, Brasil, 09606-045

[2] Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), Av. José Ruschi, 4, Santa Teresa, ES, Brasil, 29650-000

[3] Programa de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências e da Matemática, Universidade Federal do ABC, Avenida dos Estados, 5001, Santo André, SP, Brasil, 09210-580

[4] Universidade do Colorado, 914 Broadway Boulder, CO, Estados Unidos da América, 80302

[5] Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua XV de Novembro, 1299, Curitiba, PR, Brasil, 80060-000

[6] Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal do Paraná, R. Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 100 , Centro Politécnico, 4o andar, Curitiba, PR, Brasil, 81531-980

***Autor para correspondência:**
E-mail: natalia.lopes@ufabc.edu.br

Recebido: 31/08/2023
Aceito: 15/07/2024

Resumo

A ciência cidadã (CC), processo que envolve o público na pesquisa científica, oferece oportunidades educacionais práticas e experiências, abordando problemas do mundo real. O presente artigo explora o potencial e os desafios da integração da CC na educação científica escolar no Brasil, focando em múltiplos casos realizados em dois contextos: o Grupo de Pesquisa em Ciência Cidadã e Conservação Ambiental da Universidade Federal do ABC (CitSci UFABC) e o Programa Interinstitucional de Ciência Cidadã na Escola (PICCE). Utilizando metodologia empírica, qualitativa, descritiva e exploratória, relatamos seis casos de aplicação de atividades de CC, desenvolvidos em escolas públicas e privadas nas regiões Sudeste e Sul do país. Consideramos os objetivos de aprendizagem propostos, os métodos de coleta de dados e as aprendizagens proporcionadas (evidenciadas pela coleta de dados). Os resultados indicam que a CC pode enriquecer significativamente a educação científica nas escolas ao fomentar a compreensão de conceitos científicos, aumentar a percepção de autoeficácia para a ciência, promover o desenvolvimento de habilidades de investigação, e o conhecimento sobre a natureza da ciência. Destacamos, ainda, alguns desafios específicos do ambiente escolar, como garantir a qualidade dos dados, integração curricular e apoio contínuo aos educadores. Concluímos enfatizando a necessidade de rigorosos processos de avaliação e formação continuada para professores, a fim de maximizar o potencial da ciência cidadã como um processo pedagógico eficaz.

Palavras-chave: Alfabetização científica, aprendizagem ativa, cidadania científica, evidências de aprendizagem, interdisciplinaridade

Citizen science for the promotion of science education in schools: a multiple case report

Abstract

Citizen Science (CS), a process that involves the public in scientific research, offers practical and experiential educational opportunities, addressing real-world problems. The present article explores the potential and challenges of integrating CS into school-based scientific education in Brazil, focusing on multiple cases carried out in two contexts: the Citizen Science and Environmental Conservation Research Group at the Federal University of ABC (CitSci UFABC) and the Interinstitutional Program for Citizen Science in Schools (PICCE). Utilizing empirical, qualitative, descriptive, and exploratory methodology, we report six cases of CS activities implemented in both public and private schools in the Southeast and South regions of the country. The proposed learning objectives, data collection methods, and the learnings provided (as evidenced by data collection) were considered. The results indicate that CS can significantly enrich scientific education in schools by fostering the understanding of scientific concepts, increasing the perception of self-efficacy for science, promoting the development of investigative skills, and awareness about the nature of science. We also highlight specific challenges in the school environment, such as ensuring data quality, curricular integration, and ongoing support for educators. We conclude by emphasizing the need for rigorous evaluation processes and continuing education for teachers to maximize the potential of citizen science as an effective pedagogical process.

Keywords: Active learning, evidence of learning, interdisciplinarity, scientific citizenship, scientific literacy

INTRODUÇÃO

A ciência cidadã (CC) refere-se à participação pública em atividades de pesquisa científica, geralmente através da coleta de dados, análise de amostras e dados ou, ainda, na divulgação dos resultados das pesquisas (Bonney *et al.* 2014). Adicionalmente, há possibilidade de envolvimento das pessoas interessadas em fazer ciência (denominados de cientistas cidadãos) em qualquer etapa do processo científico, desde a elaboração de perguntas de pesquisa até a discussão dos resultados e elaboração de novos questionamentos a partir destes (Shirk *et al.* 2012; Haklay *et al.* 2021). Na última década, tem havido um crescente interesse em aproveitar o potencial desta abordagem para a promoção da educação científica nas escolas (Bonney *et al.* 2016; Shah e Martinez 2016; Phillips *et al.* 2018; Ballard 2023), catalisado pelos movimentos de democratização da informação e avanços tecnológicos (Haklay 2013).

A inserção da CC nas escolas pode acontecer com base: 1. na adaptação de um protocolo científico já existente; 2. em protocolos desenvolvidos de forma autônoma pelos professores com base nas demandas locais e validados por especialistas e 3. em parcerias locais entre cientistas e professores, e colaboração dos estudantes nos projetos (Harlin *et al.* 2018). Em todos os casos, os projetos de ciência cidadã escolares devem seguir os princípios da ciência cidadã (Robinson *et al.* 2018), em especial a questão da publicação e disponibilização dos dados, sempre que possível em plataformas abertas, ou envio dos mesmos para cientistas ou tomadores de decisão (princípio 7); a avaliação da qualidade dos dados e da experiência dos

participantes (princípio 9); e os benefícios dos projetos para cientistas e cidadãos cientistas (princípio 3).

Dentre as diversas oportunidades para a promoção da educação científica por meio de processos de CC nas escolas, várias vantagens podem ser destacadas. Primeiramente, a CC oferece aos alunos oportunidades de aprendizado prático e experiencial que podem fomentar uma compreensão mais profunda dos conceitos e processos científicos (Trumbull *et al.* 2000).

Ao participar de projetos científicos reais (e não simulações de ciência – princípio 2 da CC), os alunos ganham experiência direta com coleta e análise de dados, formulação de hipóteses e planejamento experimental (Raddick *et al.* 2013). Além disso, esses projetos frequentemente abordam problemas do mundo real, como conservação ambiental ou questões de saúde pública (Silvertown 2009), tornando o aprendizado mais relevante e promovendo engajamento, sentimento de corresponsabilidade e fomentando a alfabetização científica (Sasseron e Carvalho 2011; Shirk *et al.* 2012).

A CC também apoia a democratização da ciência (Irwin 1995) e pode promover a diversidade e inclusão na ciência (Paleco *et al.* 2021) e na sociedade (Chassot 2003). Além das habilidades científicas, a CC também incentiva o desenvolvimento de habilidades sociais essenciais, como colaboração, comunicação, pensamento crítico e resolução de problemas (Ballard *et al.* 2017). Ainda, promove habilidades socioemocionais, como empatia, motivação, autoconhecimento, entre outras (Mintz *et al.* 2023).

Seis resultados individuais de aprendizagem em CC foram organizados em um modelo por Phillips *et al.* (2018): 1. Interesse pela ciência e meio ambiente; 2. Autoeficácia para a ciência e meio ambiente; 3. Motivação para a ciência e meio ambiente; 4. Conteúdo, processo e natureza do conhecimento científico; 5. Habilidades de investigação científica; 6. Comportamentos e atitudes. Diversos trabalhos no campo da ciência cidadã para a educação ambiental mediram estes resultados e evidenciaram resultados positivos para adultos e jovens (Ballard *et al.* 2024).

Entretanto, apesar de seu potencial, existem vários desafios para a integração efetiva da CC nas práticas pedagógicas escolares. Um desses desafios é a qualidade e integridade dos dados que são gerados pelos estudantes, já que há potencial para erros na coleta e interpretação de dados, o que pode comprometer o uso dos mesmos para a ciência e a gestão (Lukyanenko *et al.* 2016). A integração curricular também é complexa, pois alinhar projetos de CC com os padrões curriculares existentes pode requerer tempo e recursos consideráveis (Kobori *et al.* 2016). Adicionalmente, as perguntas de pesquisa na CC escolar devem ser adaptadas à faixa etária dos alunos e utilizar metodologias simples com habilidades técnicas básicas, incluindo treinamento prévio para coleta de dados. Destaca-se também a importância de não sobrecarregar os alunos com tarefas adicionais, para evitar desmotivação, considerando que a participação não é voluntária e eles já possuem muitas outras obrigações escolares (Shah e Martinez 2016). Além disso, questões éticas e legais, como preocupações com privacidade, consentimento e direitos de propriedade intelectual, podem surgir, especialmente quando menores de idade estão envolvidos (Riesch e Potter 2014). A implementação efetiva também requer formação de professores (PPGECM 2023) e apoio contínuo, o que pode demandar muitos recursos (Crall *et al.* 2013).

No presente artigo serão relatados seis casos brasileiros de ciência cidadã escolar, provenientes de dois contextos: 1) Grupo de Pesquisa em Ciência Cidadã e Conservação Ambiental da Universidade Federal do ABC (CitSci UFABC) – quatro casos; e 2) Programa Interinstitucional de Ciência Cidadã na Escola (PICCE) – dois casos.

Uma breve descrição dos contextos nos quais os casos foram concebidos

O Grupo de Pesquisa em Ciência Cidadã e Conservação Ambiental da UFABC (CitSci UFABC)

O grupo foi iniciado em 2014, com sede na Universidade Federal do ABC, e objetiva a pesquisa sobre o processo de ciência cidadã voltado à educação científica, conservação ambiental e levantamento de padrões de biodiversidade. O grupo (dados até junho de 2024) vem formando pesquisadores de graduação (12 trabalhos concluídos), mestrado (sete concluídos), doutorado (um em andamento) e supervisionados (trabalhos de nove bolsistas do Programa de Capacitação Institucional do INMA - seis encerrados e cinco em andamento - veja alguns resultados em Ghilardi-Lopes *et al.* 2024). Dentre as atividades do grupo, foram oferecidas três edições (2016, 2019 e 2024) de um curso de extensão de formação inicial e continuada de professores para a inclusão da ciência cidadã em práticas pedagógicas em sala de aula. Em 2023, este curso foi adaptado e oferecido em parceria com o Instituto Nacional

da Mata Atlântica, para professores em exercício e licenciandos atuantes no estado do Espírito Santo. Os próprios integrantes do grupo também já organizaram cursos de formação (Projeto "Educação Alimentar Sustentável no cotidiano escolar" e Projeto "De Olho na Costa"). Os projetos de mestrado e doutorado estão vinculados aos programas de Pós-Graduação em Evolução e Diversidade e de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências e da Matemática, ambos da UFABC. O grupo já produziu três sequências de ensino-aprendizagem com CC e seis livros de apoio para a inclusão da CC na educação básica.

O Programa Interinstitucional de Ciência Cidadã nas Escolas (PICCE)

O PICCE foi idealizado como uma proposta integrada, que une os conceitos de ciência cidadã, divulgação científica e engajamento público em ciência, com o objetivo de promover a cultura científica e democratizar o acesso a conhecimentos científicos no estado do Paraná. Criado em 2019, o PICCE é uma parceria da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Instituto Federal do Paraná (IFPR), Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Fundação Araucária e Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED-PR), com o apoio do GLOBE (*Global Learning and Observations to Benefit the Environment*) da NASA. O Programa conta com 45 pesquisadores, 89 bolsistas e dez voluntários, atuando no desenvolvimento de 16 protocolos de ciência cidadã, construção de aplicativos e plataformas de dados de ciência aberta, cursos de formação continuada para professores, avaliação e comunicação. Em 2023, foram publicados 16 guias de campo referentes aos protocolos construídos pela equipe do PICCE, junto a dois *e-books* de fundamentação teórica sobre ciência cidadã, dois encontros formativos, além de diversas pesquisas em andamento, sendo duas dissertações de mestrado, três teses de doutorado, dois pós-doutorados, em diversos cursos de graduação e pós-graduação, concretizando o caráter interdisciplinar do projeto. Por fim, ainda em 2023 foi ofertada a primeira edição do curso de formação continuada para professores da rede estadual de ensino, com 500 vagas, por meio da Universidade Virtual do Estado do Paraná.

Metodologia de análise

Adotamos, no presente artigo, uma perspectiva empírica, qualitativa, descritiva e exploratória, com vistas a analisar o fenômeno da abordagem da ciência cidadã em espaços escolares. Para isso, adotamos o referencial teórico-metodológico do estudo de múltiplos casos de Yin (2010). Cada caso será constituído de uma proposta de ciência cidadã desenvolvida em espaço escolar, envolvendo temas e níveis de ensino específicos. Utilizaremos quatro casos oriundos do grupo CitSci UFABC e dois casos do PICCE. Para cada caso, serão apresentados os objetivos de aprendizagem pretendidos, os passos adotados para o desenvolvimento da proposta, os métodos empregados para a coleta de dados que evidenciassem aprendizagens e, finalmente, as aprendizagens que foram proporcionadas. Após a apresentação dos casos, será proposta uma síntese contendo os principais resultados obtidos pelo conjunto de casos e serão indicados caminhos futuros de pesquisas na área.

Os casos

Investigando a biodiversidade do jardim da escola

Objetivos de aprendizagem: Reconhecer os conceitos de 'biodiversidade', 'ciência', 'cientista' e 'ciência cidadã'; formular perguntas científicas para investigação da biodiversidade da escola; realizar uma investigação; divulgar os resultados da pesquisa realizada.

Desenvolvimento: A iniciativa foi uma proposta de ciência cidadã cocriada (Shirk *et al.* 2012) com abordagem *question-first* (Parris *et al.* 2023) por meio da aplicação de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem com Ciência Cidadã (SEACC) com 96 estudantes dos anos iniciais do Ensino Fundamental de uma escola municipal do ABC paulista. A SEACC foi dividida em 13 etapas (Gonzalez e Ghilardi-Lopes 2024), sendo que as etapas iniciais (1 a 4) tinham como objetivos gerais aspectos conceituais, referentes à biodiversidade, ao trabalho dos cientistas e à ciência cidadã. Entre as etapas 5 e 8, o foco foi criar condições para formulação de questões de pesquisa produtivas (Jelly 2001) sobre a biodiversidade do jardim da escola. As últimas etapas (9 a 13) relacionavam-se à investigação científica das questões de pesquisa definidas por cada um dos 21 grupos de estudantes. A coleta de dados se deu por

meio da análise do Diário de Pesquisa dos estudantes, da transcrição de trechos de gravação de aulas referentes às etapas 3, 5, 7 e 8, além de questões respondidas em questionários pré- e pós-intervenção pelos participantes.

Aprendizagens proporcionadas: A avaliação de aprendizagem foi pautada em Phillips *et al.* (2018), sobre os indicadores: I - Interesse na ciência; II - Conhecimento de conteúdo científico; e III - Habilidades de investigação científica. Observou-se que, inicialmente, 90,6% dos estudantes estavam interessados em aprender sobre biodiversidade e, ao término da SEACC, 86,5% mantiveram o interesse. Sobre ser cientista, 50% manifestaram interesse inicialmente e, ao final, 41,7% (Indicador I). Esse resultado demonstra que não houve aumento no interesse na ciência pelos estudantes em questão. Sobre os conceitos de biodiversidade e ciência cidadã, os estudantes responderam inicialmente que sabiam o significado de ambos, respectivamente em 2,1% e 6,2% dos casos. Ao término da SEACC o resultado foi de 92,7% e 79,2%, respectivamente, indicando que aumentaram seu conhecimento de conteúdo científico. Esses dados convergem com trechos analisados das falas dos estudantes em aula, como: "biodiversidade são muitos seres vivos do planeta", ou ainda um trecho do Diário de Pesquisa: "ciência cidadã é quando qualquer um pode fazer ciência, até criança" (Indicador II). Sobre as habilidades de investigação científica (Indicador III), das 201 questões elaboradas pelos estudantes, 135 (67,2%) eram produtivas, ou seja, passíveis de serem respondidas por meio de investigação científica. Dentre as questões produtivas, 20,7% não eram compatíveis com os objetivos propostos para a SEACC e 79,3% eram possíveis de serem investigadas na escola. Ao final, foram investigadas 21 questões elaboradas pelos grupos de estudantes. Os resultados foram divulgados para a comunidade escolar, publicados em um *e-book* (https://www.livrosdigitais.org.br/livro/2123787WF21Q5QT), e os registros da biodiversidade da escola foram disponibilizados na plataforma *iNaturalist* (https://www.inaturalist.org/projects/biodiversidade-do-jardim-da-emef-dom-benedito).

Ciclo de vida das angiospermas e investigação de fenofases

Objetivos de aprendizagem: Compreensão de conteúdo científico, por meio do reconhecimento das etapas do ciclo de vida das angiospermas; aumento da motivação e da percepção de autoeficácia para a ciência; e desenvolvimento de habilidades de investigação científica, principalmente observação e coleta de dados.

Desenvolvimento: O estudo se baseou na aplicação de uma SEACC contendo protocolo de ciência cidadã colaborativo de observação fenológica de árvores (inspirado em protocolo de CC já existente proposto por Fuccillo *et al.* 2015). A SEACC utilizou pressupostos do ensino por investigação (Carvalho 2013) sobre o ciclo de vida das angiospermas e foi aplicada para três turmas de 3ª série do ensino médio de uma escola pública estadual da zona norte do município de São Paulo. A SEACC ocorreu ao longo do ano letivo de 2022 e foi dividida em 13 etapas (Monteiro e Ghilardi-Lopes 2024): 1) aplicação de questionário inicial e formulação de hipóteses para uma questão-problema envolvendo frutificação; 2) aula expositiva e dialogada sobre fenologia vegetal; 3) apresentação da pergunta científica do protocolo e sua simulação; 4, 5, 6 e 7) quatro observações fenológicas de árvores da escola, com registro fotográfico e preenchimento de formulário; 8) aula expositiva sobre o ciclo de vida das angiospermas; 9) montagem de um painel representando o ciclo de vida; 10) submissão dos dados coletados na plataforma *Anecdata* (https://www.anecdata.org/projects/view/1061), 11) sistematização, análise e interpretação dos dados; 12) retomada e discussão da questão-problema da etapa 1 e 13) aplicação do questionário final e fechamento, com produção de um texto com palavras-chave.

Aprendizagens proporcionadas: Verificou-se que a maior parte dos estudantes compreendeu o ciclo de vida das angiospermas, tendo elaborado corretamente o painel (etapa 9) e 50% construíram o texto final solicitado (etapa 13) adequadamente, conseguindo nomear etapas do ciclo de vida e estabelecer corretamente a relação entre o processo de polinização e a frutificação. Ainda, destaca-se que: 1) o projeto contribuiu para que 30% dos estudantes passasse a observar/reparar sempre ou frequentemente nas plantas no dia-dia e para que 23% quisesse estudar mais assuntos sobre as plantas; 2) houve aumento da percepção de autoeficácia para a ciência (de uma média de cinco para sete, dentro de uma escala de 0 a 10) e 3) 28% dos estudantes têm interesse (com certeza ou talvez) em seguir uma carreira científica após participar do projeto, que foi o primeiro contato deles com o processo científico. Os dados coletados apresentaram bons valores médios de precisão (71% ± 16%) e acurácia (70% ± 18%). O reconhecimento das fenofases de transição foi o mais difícil para os

estudantes, o que fez com que o valor médio desses índices não fosse ainda mais alto.

Ciência Cidadã e Astrobiologia (Roque 2020)

Objetivo de aprendizagem: conhecer os métodos científicos e o conceito de ciência cidadã; colaborar com um projeto hospedado na plataforma virtual de projetos de CC denominada *Zooniverse*; desenvolver a Alfabetização Científica – AC (Sasseron e Carvalho 2008) nos participantes.

Desenvolvimento: Foi aplicada uma sequência de ensino composta por 5 etapas, no contexto de um Clube de Ciências composto por estudantes do 6° ano, de uma escola particular da Região do Grande ABC paulista. Na Aula 1, foi apresentada uma revisão sobre métodos científicos e aplicado um questionário prévio e, na aula 2, foram apresentados os conceitos de Astrobiologia e de CC. Estas etapas foram preparatórias e ofereceram suporte aos estudantes, que na terceira aula participaram do projeto *COSMIC*, hospedado no *Zooniverse* (www.zooniverse.org). Tal projeto foi elaborado por cientistas do *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) da NASA e a participação dos estudantes envolvia a classificação de imagens da superfície do solo do planeta Marte, a partir de um tutorial disponibilizado na própria plataforma. Na Aula 4, os estudantes tiveram a oportunidade de realizar perguntas diretamente a uma cientista da área de Astrobiologia e finalmente, na Aula 5, elaboraram uma apresentação ilustrando os tópicos aprendidos por eles durante as quatro aulas anteriores e responderam a um questionário final. As aulas foram gravadas e os diálogos foram transcritos e analisados qualitativamente, a partir do referencial teórico metodológico de Análise de Conteúdo (Bardin 2016), e de AC (Fourez 2003; Sasseron e Carvalho 2011).

Aprendizagens proporcionadas: Os estudantes, inicialmente, não se imaginavam confiantes em contribuir em um projeto que envolvesse pesquisas desenvolvidas na NASA. Um deles compartilha que se tratava de algo muito sério:

"Porque assim, estudar Marte, é um outro planeta, é um negócio muito sério, é outro planeta. Tipo, pra se aprofundar muito mesmo, você tem que tá em uns laboratórios da NASA enviando robô." (fala do estudante 01)

Os resultados obtidos indicaram que os estudantes já traziam consigo um arcabouço de conteúdos em ciências que os permitiram caminhar com aparente facilidade pelos assuntos abordados. Observou-se que os estudantes aprenderam o conceito de ciência cidadã, passaram a se sentir confiantes em contribuir com a ciência, desconstruíram o estereótipo de cientista ao conversarem com uma mulher pesquisadora na área de astrobiologia e entenderam a existência de relações entre tecnologia e ciência (um dos eixos estruturantes da alfabetização científica) quando analisaram as imagens para o projeto *COSMIC*.

Educação alimentar sustentável no espaço escolar

Objetivos de aprendizagem: Diminuir o desperdício de alimentos no espaço escolar; desenvolver conhecimentos conceituais e atitudinais sobre educação alimentar sustentável.

Desenvolvimento: Foi aplicada uma SEACC para 153 estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental de dez escolas públicas de diferentes regiões do município de São Bernardo do Campo (SP), composta de oito etapas (Bezerra e Ghilardi-Lopes 2024): 1) pesagem dos alimentos descartados; 2) aplicação de questionário para verificar a percepção inicial sobre o assunto; 3) apresentação dos dados coletados e levantamento da problemática entre os estudantes; 4) participação em aulas sobre temas: consumo sustentável, saúde planetária, alimentar sustentável, ODS, entre outros, para ampliação de saberes científicos envolvendo a temática; 5) sistematização e análise dos dados de pesagem, calculando o desperdício de recursos naturais; 6) divulgação de dados em plataforma de Ciência Cidadã (https://anecdata.org) e deliberação sobre novos comportamentos pró-ambientais; 7) pesagem final dos rejeitos alimentares; 8) aplicação de questionário final. Os dados obtidos foram analisados com o objetivo de verificar os seguintes indicadores de aprendizagem (Phillips *et al.* 2018): Comportamento, Habilidade de observação e Conhecimento científico. A análise dos dados ocorreu de forma quantitativa, por análise da pesagem inicial e final dos alimentos, e qualitativa por análise de conteúdo (Bardin 2016) das respostas dos estudantes expressas nos questionários inicial e final, numa perspectiva comparativa.

Aprendizagens proporcionadas: COMPORTAMENTO: a) redução média de 70,4% do desperdício de alimentos ao final da SEACC; b) 70% das escolas avaliadas apresentaram redução de mais de 50% do desperdício inicial; c) após a participação na SEACC, a média diária de alunos que se alimentam

na escola aumentou em 50% das escolas (maior consciência e valorização da alimentação escolar, entendendo os processos de produção e a possibilidade de controlar seu comportamento); d) quantidade média de desperdício de alimentos por aluno reduziu (de 127,3 g / aluno para 33,2 g / aluno); e) uma escola conseguiu erradicar totalmente o desperdício de alimentos; HABILIDADE DE OBSERVAÇÃO: no final da SEACC, por volta de 90% dos estudantes ainda percebem que há desperdício de alimentos, mesmo com a redução; CONHECIMENTO CIENTÍFICO: ao término da SEACC, o desperdício é entendido por 68% dos estudantes como um fenômeno que passa pelo comportamento de se servir (excesso de comida e preferências alimentares), sendo que inicialmente atribuíam também ao ato de não gostarem da comida; aumento do número de alunos que entende o impacto negativo do desperdício de alimentos sobre o meio ambiente (de 4 para 41 alunos).

Monitoramento do hábitat de Aedes aegypti

Objetivos de aprendizagem: Distinguir as diferenças anatômicas dos mosquitos transmissores de arboviroses; identificar a presença dos mosquitos causadores de arboviroses, no ambiente residencial e escolar; conhecer conceitos referentes à biodiversidade, ciência cidadã e investigação científica; aprender técnicas de investigação do ambiente natural.

Desenvolvimento: As ações pedagógicas foram desenvolvidas no Colégio Bento Munhoz da Rocha Neto, no município de Paranaguá, com estudantes de 9º ano, com idades entre 13 anos e 14 anos e realizada em seis etapas. Na primeira, aplicou-se um questionário contendo oito questões de múltipla escolha, sendo que em quatro delas os estudantes só poderiam assinalar uma alternativa e nas outras quatro eles poderiam assinalar mais de uma alternativa. Na segunda, adotou-se uma abordagem dialógica considerando pressupostos da ciência cidadã e as orientações do texto "Guia de Campo: Monitoramento do Hábitat de *Aedes aegypti*" (Eleuterio *et al.* 2023) e, ao final, foi apresentado o vídeo produzido pela FioCruz (2018) "Conhecendo os Mosquitos *Aedes*, Transmissores de Arbovírus", trecho de exibição entre 12min55s a 21min17s. Nesta oportunidade, foram apresentadas as características morfológicas do animal, permitindo a distinção entre os estágios que compõem todo o ciclo de vida do mosquito. Como tarefa final, foi solicitado que, em casa, os integrantes de cada grupo instalassem o aplicativo para celular para cientistas cidadãos *"Globe Observer"*. Na terceira etapa, foi relembrado o uso do aplicativo para que se pudesse realizar uma investigação orientada no entorno escolar. Cada estudante buscou atentamente por focos e vestígios fazendo os registros conforme as orientações recebidas. Na quarta etapa, procedeu-se à observação de espécimes, usando um microscópio óptico e procurando caracteres diagnósticos dos quatro estágios de vida, conforme orientações do guia de campo. Na quinta etapa procedeu-se à aplicação de questionário final, contendo as mesmas questões do inicial. Na sexta etapa, após uma segunda investigação a campo, procedeu-se a uma roda de conversa explorando as vivências desenvolvidas.

Aprendizagens proporcionadas: No questionário inicial, 55% responderam equivocadamente que o ciclo de vida de *Aedes aegypti* era constituído de duas fases. Já, no questionário final, apenas um estudante não considerou as quatro fases (ovo, larva, pupa e adulto). Mais de 50% dos estudantes assinalaram que as arboviroses dengue, Chikungunya e Zika eram transmitidas por *Aedes aegypti*, porém 55% incluíram a Covid-19 como sendo um vírus transmitido também por mosquitos dessa espécie. No questionário final, nenhum dos estudantes considerou esta doença como sendo da família das arboviroses. Inicialmente, 25% dos estudantes acreditavam que na água limpa os insetos não se reproduziam e, no final, três estudantes ainda acreditavam que neste ambiente o mosquito não poderia nascer. Sobre o monitoramento dos focos de dengue no entorno da escola, foram coletadas 15 fotos representativas de possíveis criadouros de insetos. Mesmo após a etapa de identificação das características anatômicas do mosquito em laboratório, no questionário final, apenas 8% disseram se sentir confiantes para identificar as espécies por conta própria.

Segurança do trânsito no entorno escolar

Objetivos de aprendizagem: Compreender a importância da segurança no trânsito; obter dados sobre a segurança do trânsito no entorno escolar; analisar e discutir dados sobre a segurança de trânsito no entorno escolar.

Desenvolvimento: O protocolo foi implementado na disciplina de Física em uma turma de 1º ano do Novo Ensino Médio do curso técnico integrado de formação de docentes, composta por 21 estudantes, em uma escola estadual situada na região central da cidade de Curitiba no mês de novembro do ano de

2022. Os conteúdos curriculares para este nível de ensino envolveram as Leis de Newton e o estudo dos equipamentos de segurança, como *airbags* e o cinto de segurança. Sendo assim, desde o 2º trimestre, a temática sobre o trânsito e as relações com a física foram problematizadas junto aos estudantes, a partir de uma adaptação da proposta de ensino apresentada por Silva (2012). A tarefa de coleta de dados proposta aos(às) estudantes era a de observar o entorno escolar no decorrer do percurso de suas casas até a escola, prestando especial atenção à existência de placas e sinalizações e no grau de conservação das calçadas. Esses dados deveriam ser levados para a aula da semana seguinte. Essa foi uma adaptação da proposta inicial, que era a de trabalhar com o protocolo junto com os(as) estudantes no espaço externo da escola, contudo, para isso, deveríamos ter a autorização dos pais para tirar os(as) estudantes do interior da escola e, dessa maneira, dada as limitações vinculadas ao tempo didático para estudo dos conteúdos curriculares e aplicação do protocolo, optou-se por realizar a discussão em sala a partir das observações semanais dos(as) estudantes. Ao longo de três semanas, os 30 minutos finais da aula eram destinados à sistematização e discussão dos dados coletados pelos(as) estudantes. O formulário de submissão de dados estava disponível no *Google Forms*, o qual era projetado e os dados eram submetidos de forma coletiva. No decorrer da proposta, como atividade avaliativa os estudantes desenvolveram e apresentaram panfletos, desenhos e histórias em quadrinhos com o intuito de conscientizar a população sobre a importância do uso dos equipamentos de segurança, como também de respeitar os limites de velocidade.

Aprendizagens proporcionadas: Os dados levantados pelos estudantes geraram reflexões principalmente em relação à acessibilidade das calçadas, sendo que eles destacaram as irregularidades que apresentavam riscos de queda e limitavam o deslocamento de pessoas com deficiência física. Além disso, observaram que as calçadas não contam com piso tátil para pessoas com deficiência visual. A constatação realizada a partir da coleta e discussão dos dados do protocolo, ainda que pontual, apresenta indicativos de que o material apresenta potencial para atingir os objetivos propostos em sua concepção, como "*possibilitar que os estudantes possam interpretar os dados que coletaram e solicitar aos entes públicos a melhoria da segurança no trânsito no microssistema que frequentam, podendo generalizar este tipo de comportamento para os ambientes futuros que frequentarem*" (Bianchi *et al.* 2023, p. 241).

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo explorou seis casos distintos de aplicação de atividades escolares que incorporam a abordagem de ciência cidadã, variando desde a investigação da biodiversidade até a segurança do trânsito no entorno escolar. Os projetos foram implementados em diferentes contextos educacionais e faixas etárias, abrangendo escolas públicas e privadas das regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Os dados coletados pelos professores pesquisadores evidenciaram que a ciência cidadã pode promover a educação científica nas escolas, oferecendo oportunidades para aprendizagens de:

1) Conceitos científicos (por exemplo, fenofases de angiospermas no caso 4.2 e arboviroses no caso 4.5);

2) Habilidades de investigação científica (por exemplo, formulação de perguntas no caso 4.1 e hipóteses no caso 4.2., coleta e sistematização de dados em todos os casos, discussão de resultados obtidos em todos os casos);

3) Aspectos da Natureza da Ciência (por exemplo, quem faz ciência? Como a ciência é produzida?, como observado no caso 4.3);

4) Percepção de autoeficácia para a ciência (como observado nos casos 4.2 e 4.3);

5) Comportamento (por exemplo, a redução no desperdício de alimentos observada no caso 4.4) e atitude (por exemplo, a elaboração de panfletos de conscientização proposta no caso 4.6).

No entanto, essas oportunidades de aprendizagem devem ser equilibradas com os desafios de garantir a qualidade e integridade dos dados, a integração curricular, a conduta ética e o apoio aos professores. Ao reconhecer e enfrentar esses desafios, educadores e formuladores de políticas podem aproveitar mais efetivamente o poder da ciência cidadã para melhorar o aprendizado científico e promover uma cidadania mais cientificamente letrada e engajada.

Para tanto, reforçamos a necessidade de que as abordagens de ciência cidadã escolares sejam vinculadas a processos de avaliação (diagnóstica, formativa e somativa) que almejem verificar tanto as aprendizagens quanto a qualidade dos dados que estão sendo gerados pelos cientistas cidadãos mirins. Ainda, reconhecemos a importância de processos formativos para professores que desejem incorporar a ciência cidadã em suas práticas, pois, como observado, os processos demandam o planejamento e adequação de etapas a cada realidade escolar (as SEACC e guias de campo). A adequação de propostas de ensino para a

incorporação da ciência cidadã é factível para diferentes níveis de ensino, desde os anos iniciais do ensino fundamental até o ensino médio, abrindo uma ampla gama de possibilidades de se trabalhar a alfabetização científica nas escolas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a inestimável contribuição dos cientistas cidadãos colaboradores de cada um dos casos aqui relatados. Ao comitê de ética em pesquisa (CEP) da Universidade Federal do ABC (CAAE 23499719.4.0000.5594; 48505621.0.0000.5594; 45817921.1.0000.5594 e 54478321.5.0000.5594). Agradecimento ao CNPq e à Fundação Araucária através do NAPI Educação para a Ciência e Divulgação Científica, pelo apoio ao Programa Interinstitucional de Ciência Cidadã nas Escolas. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (processo 2022/06862-3) e CNPq (processo 406137/2023-4). Agradecemos aos revisores anônimos pela cuidadosa leitura e sugestões construtivas a este manuscrito.

REFERÊNCIAS

Ballard, H.L. (2023). Community and citizen science in schools: nested inquiries, productive tensions, and the role of communities. *Instructional Science*, *51*(5), 913–919. https://doi.org/10.1007/s11251-023-09643-7

Ballard, H.L., Dixon, C.G.H., & Harris, E.M. (2017). Youth-focused citizen science: Examining the role of environmental science learning and agency for conservation. *Biological Conservation*, *208*. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.024

Ballard, H.L., Lindell, A.J., & Jadallah, C.C. (2024). Environmental education outcomes of community and citizen science: a systematic review of empirical research. *Environmental Education Research*, *30*(6), 1007–1040. https://doi.org/10.1080/13504622.2024.2348702

Bardin, L. (2016). Análise de Conteúdo. Edições 70.

Bezerra, J.A., & Ghilardi-Lopes, N.P. (2024). Do desperdício à sustentabilidade: educação alimentar sustentável a partir da ciência cidadã. In N.P. Ghilardi-Lopes (Ed.), *Série Sequências de ensino-aprendizagem com ciência cidadã* (p. 112). Editora das autoras. https://doi.org/10.5281/zenodo.10601786

Bianchi, A., Todt, G.B., Martin, P.M., Oliveira, L.A. de, Adami, M.F.T., Beloto, V. G.P., Muziol, A.P., Lin, I., Silva, M.P.S. da, & Lima, R.S. de. (2023). Trânsito para a vida. In T.D. Domiciano, J.R. Pacheco, A.C.E. Sanchez, E. Joucoski, M.A.F. Randi, & W. J. Borges (Eds.), *Práticas de investigação por meio de protocolos comuns compartilhados em rede* (pp. 213–250). Ed. UFPR.

Bonney, R., Phillips, T.B., Ballard, H.L., & Enck, J.W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, *25*(1). https://doi.org/10.1177/0963662515607406

Bonney, R., Shirk, J.L., Phillips, T.B., Wiggins, A., Ballard, H.L., Miller-Rushing, A.J., & Parrish, J.K. (2014). Next steps for citizen science. *Science*, *343*(6178), 1436–1437. https://doi.org/10.1126/science.1251554

Carvalho, A.M.P. de. (2013). *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula.* Cengage Learning.

Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, *22*, 89–100.

Crall, A.W., Jordan, R., Holfelder, K., Newman, G. J., Graham, J., & Waller, D.M. (2013). The impacts of an invasive species citizen science training program on participant attitudes, behavior, and science literacy. *Public Understanding of Science*, *22*(6), 745–764. https://doi.org/10.1177/0963662511434894

Eleuterio, A.A.A., Bogado, D.L.M., & Bautista, M.A.S. (2023). *Monitoramento do habitat de Aedes aegypti*. Universidade Federal do Paraná. https://picce.ufpr.br/wp-content/uploads/2023/07/PICCE_Guia-de-campo-10_Monitoramento_habitat_aedes_aegypti.pdf

Fiocruz (2018). *Conhecendo os Mosquitos Aedes, Transmissores de Arbovírus*. https://www.youtube.com/watch?v=3tiuRHuzST4&t=912s

Fourez, G. (2003). Crise no ensino de ciências? *Investigações em Ensino de Ciências*, *8*(2), 109–123. https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/542

Fuccillo, K.K., Crimmins, T.M., de Rivera, C.E., & Elder, T.S. (2015). Assessing accuracy in citizen science-based plant phenology monitoring. *International Journal of Biometeorology*, *59*(7). https://doi.org/10.1007/s00484-014-0892-7

Ghilardi-Lopes, N.P., Zocca, C., Barreto-Lima, A.F., Alexandrino, E., França, J.S., Guimarães, A., Lacerda, J.V.A., Braga, L., Baptista, N.N.M., & Castro, P.F.D. (2024). Desafios e potencialidades da ciência cidadã para o estudo da biodiversidade: resultados do Programa de Ciência Cidadã do Instituto Nacional da Mata Atlântica de 2019 a 2023. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão, 1(*2), 155–171.

Gonzalez, J.D., & Ghilardi-Lopes, N.P. (2024). Conhecendo a biodiversidade da escola por meio de um projeto de ciência cidadã cocriado. In N.P. Ghilardi-Lopes (Ed.), *Sequências de ensino-aprendizagem com ciência cidadã* (p. 62). Editora das autoras. https://doi.org/10.5281/zenodo.8132943

Haklay, M. (2013). Citizen science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. In D. Sui, S. Elwood, & M. Goodchild (Eds.), *Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice* (Vol. 9789400745). https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7

Haklay, M., Fraisl, D., Greshake Tzovaras, B., Hecker, S., Gold, M., Hager, G., Ceccaroni, L., Kieslinger, B., Wehn, U., Woods, S., Nold, C., Balázs, B., Mazzonetto, M., Ruefenacht, S., Shanley, L. A., Wagenknecht, K., Motion, A., Sforzi, A., Riemenschneider, D., Dorler, D., Heigl, F., Schaefer, T., Lindner, A., Weißpflug, M., Mačiulienė, M., & Vohland, K. (2021). Contours of citizen science: a vignette study. *Royal Society Open Science*, *8*(8). https://doi.org/10.1098/rsos.202108

Harlin, J., Kloetzer, L., Patton, D., & Leonhard, C. (2018). Turning students into citizen scientists. In S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J. Vogel, & A. Bonn (Eds.), *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy* (pp. 410–428). UCL Press. https://doi.org/10.14324/111.9781787352339

Irwin, A. (1995). *Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development* (1st ed.). Routledge.

Jelly, S. (2001). Helping Children Raise Questions--and Answering Them. In W. Harlen (Ed.), *Primary Science: Taking the Plunge*. (pp. 36–47). Heinemann.

Kobori, H., Dickinson, J.L., Washitani, I., Sakurai, R., Amano, T., Komatsu, N., Kitamura, W., Takagawa, S., Koyama, K., Ogawara, T., & Miller-Rushing, A. J. (2016). Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research*, *31*(1), 1–19. https://doi.org/10.1007/s11284-015-1314-y

Lukyanenko, R., Parsons, J., & Wiersma, Y.F. (2016). Emerging problems of data quality in citizen science. *Conservation Biology*, *30*(3). https://doi.org/10.1111/cobi.12706

Mintz, K.K., Arazy, O., & Malkinson, D. (2023). Multiple forms of engagement and motivation in ecological citizen science. *Environmental Education Research*, *29*(1), 27–44. https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2120186

Monteiro, G.B., & Ghilardi-Lopes, N.P. (2024). Conhecendo o ciclo de vida das angiospermas por meio da ciência cidadã. In N.P. Ghilardi-Lopes (Ed.), *Série Sequências de Ensino-Aprendizagem com ciência cidadã* (p. 50). Editora dos autores. https://doi.org/10.5281/zenodo.10594216

Paleco, C., García Peter, S., Salas Seoane, N., Kaufmann, J., & Argyri, P. (2021). Inclusiveness and Diversity in Citizen Science. In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K. Wagenknecht (Eds.), *The Science of Citizen Science* (pp. 261–281). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_14

Parris, K.M., Steven, R., Vogel, B., Lentini, P.E., Hartel, J., & Soanes, K. (2023). The value of question-first citizen science in urban ecology and conservation. *Conservation Science and Practice*, *5*(6). https://doi.org/10.1111/csp2.12917

Phillips, T., Porticella, N., Constas, M., & Bonney, R. (2018). A framework for articulating and measuring individual learning outcomes from participation in citizen science. *Citizen Science: Theory and Practice*, *3*(2), 3. https://doi.org/10.5334/cstp.126

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática - PPGECM. (2023). *Ciência cidadã e educação em ciências: diálogos para formação docente* (E. Oliveira, C.S. da Silva, E. de L. Stanzani, C.V.G. Lopes, A. Machado, D. de M.G. Sant'Ana, & M.A.B.S. de Andrade, Eds.). UFPR.

Raddick, M.J., Bracey, G., Gay, P.L., Lintott, C.J., Cardamone, C., Murray, P., Schawinski, K., Szalay, A.S., & Vandenberg, J. (2013). Galaxy Zoo: Motivations of citizen scientists. *Astronomy Education Review*, *12*(1). https://doi.org/10.3847/AER2011021

Riesch, H., & Potter, C. (2014). Citizen science as seen by scientists: Methodological, epistemological and ethical dimensions. *Public Understanding of Science*, *23*(1). https://doi.org/10.1177/0963662513497324

Robinson, L.D., Cawthray, J.L., West, S.E., Bonn, A., & Ansine, J. (2018). Ten principles of citizen science. In S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J. Vogel, & A. Bonn (Eds.), *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy* (pp. 27–40). UCL Press. https://doi.org/10.2307/j.ctv550cf2.9

Roque, D.R.R. (2020). *Astrobiologia e ciência cidadã: possibilidades para a alfabetização científica de alunos do ensino fundamental*. Universidade Federal do ABC. https://biblioteca.ufabc.edu.br/mobile/detalhe.php?idioma=ptbr&acesso=web&codigo=124351&tipo=1&detalhe=0&busca=3

Sasseron, L.H., & Carvalho, A.M.P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, *13*(3), 333–352.

Sasseron, L.H., & Carvalho, A.M.P. (2011). Construindo a argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação*, *17*(1), 97–114.

Shah, H.R., & Martinez, L.R. (2016). Current approaches in implementing citizen science in the classroom. *Journal of Microbiology & Biology Education*, *17*(1), 17–22. https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.1032

Shirk, J.L., Ballard, H.L., Wilderman, C.C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B.V., Krasny, M.E., & Bonney, R. (2012). Public participation in scientific research: a framework for deliberate design. *Ecology and Society*, *17*(2), art29. https://doi.org/10.5751/ES-04705-170229

Silva, P.H. de S. (2012). Trânsito e a primeira lei de Newton. In D.M. Vianna (Ed.), *Temas para o ensino de Física* (pp. 35–49). Book Makers.

Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology & Evolution*, *24*(9), 467–471. https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.017

Trumbull, D.J., Bonney, R., Bascom, D., & Cabral, A. (2000). Thinking scientifically during participation in a citizen-science project. *Science Education*, *84*(2), 265–275. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200003)84:2<265::AID-SCE7>3.0.CO;2-5

Yin, R.K. (2010). *Estudo de caso, planejamento e métodos* (4ª Ed.). Bookman.

ARTIGO CIENTÍFICO

Quem quer ser um Guardião da Biodiversidade? Aplicação e avaliação de estratégias de engajamento em um projeto de Ciência Cidadã para o monitoramento do serviço ecossistêmico de polinização

Paolla dos Santos Almeida[1*], Caren Queiroz-Souza[1], Blandina Felipe Viana[1]

[1] Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação Ecologia, Teoria, Aplicação e Valores. Rua Barão de Jeremoabo, 668, Salvador, BA, Brasil, 40170-115

***Autor para correspondência:**
E-mail: almeida.paolla@gmail.com

Recebido: 12/09/2023
Aceito: 11/07/2024

Resumo

A Ciência Cidadã tem contribuído significativamente para a ecologia, especialmente no monitoramento da biodiversidade por voluntários, permitindo investigações em larga escala. No Brasil, essa prática é recente, mas já ganhou adeptos na academia e em organizações governamentais e não governamentais, focando no registro fotográfico e submissão *online* desses registros. Um desafio importante é o engajamento contínuo dos voluntários. Estudos mostram que o sucesso das estratégias de engajamento depende do perfil socioeconômico e das motivações do público. A Teoria Funcional das Motivações sugere que as estratégias de estímulo ao voluntariado têm mais sucesso quando se alinham às motivações específicas dos voluntários. Como essas motivações são contextuais, as estratégias devem variar conforme o perfil socioeconômico e cultural dos voluntários. Com base nesses princípios, realizamos um estudo no projeto de Ciência Cidadã "Guardiões da Chapada" para monitoramento de polinizadores. Aplicamos um questionário para identificar o perfil socioeconômico e as motivações do público-alvo antes e depois de duas estratégias (*online* e presencial). Descobrimos que a maioria dos participantes são mulheres, cujas motivações são influenciadas por todas as funções motivacionais, especialmente os valores relacionados à conservação ambiental. Os resultados indicam caminhos para aumentar o engajamento público em projetos de Ciência Cidadã voltados à conservação da biodiversidade no Brasil, fortalecendo o uso dessa abordagem colaborativa e participativa em pesquisas no país.

Palavras-chave: Monitoramento participativo, motivação, polinização, Teoria das Funções Motivacionais

Who wants to be a Guardian of Biodiversity? Application and Evaluation of Engagement Strategies in a Citizen Science Project for Monitoring the Pollination Ecosystem Service

Abstract

Citizen Science has been contributing significantly to ecology, especially in biodiversity monitoring by volunteers, allowing large-scale investigations.

In Brazil, this practice is recent but is gaining traction among academia, governmental, and non-governmental organizations, focusing on photographic records and online submissions. A major challenge is the continuous engagement of volunteers. Studies show that the success of engagement strategies depends on the socio-economic profile and motivations of the public. The Functional Theory of Motivation suggests that strategies to encourage volunteering are more successful when aligned with volunteers› specific motivations. Since these motivations are contextual, strategies should vary according to the volunteers› socio-economic and cultural profiles. Based on these principles, we conducted a study in the Citizen Science project "Guardians of the Chapada" for pollinator monitoring. We applied a questionnaire to identify the socio-economic profile and motivations of the target audience before and after two strategies (online and in-person). We found that the majority of participants are women, whose motivations are influenced by all motivational functions, especially values related to environmental conservation. The results indicate pathways to increase public engagement in Citizen Science projects aimed at conserving biodiversity in Brazil, strengthening the use of this collaborative and participatory research approach in our country.

Keywords: Functional Theory of Motivations, motivations, participatory monitoring, pollination

INTRODUÇÃO

O serviço de polinização é essencial para reprodução de plantas, manutenção da biodiversidade e produção de alimentos (IPBES 2017; BPBES 2019). No entanto, os polinizadores enfrentam desafios significativos, como a perda de habitat, o uso de agrotóxicos e as mudanças climáticas, o que pode afetar sua diversidade e a qualidade do serviço ecossistêmico que prestam (IPBES 2017).

O monitoramento de polinizadores é essencial para prover dados que contribuam com o entendimento mais acurado sobre o status desses animais, principalmente em locais onde há mais lacunas de informação, como no Brasil. A Ciência Cidadã (CC), que se refere à participação voluntária de cidadãos na coleta e análise de dados científicos, tem uma contribuição fundamental nesse contexto (Birkin e Goulson, 2015; Chandler *et al*. 2017; Pocock *et al*. 2018; Lynch e Miller, 2023). Ao envolver os cidadãos, essa abordagem pode gerar dados em amplas escalas espaço-temporais, que são relevantes tanto para a geração de conhecimento científico, quanto para subsidiar políticas públicas. Além disso, a CC promove atitudes positivas na sociedade em relação aos polinizadores, contribuindo assim para a conservação da biodiversidade (Roy *et al.* 2012; Viana *et al*. 2022).

Existem diversas vantagens na participação do público no monitoramento dos polinizadores por meio da CC (Chandler *et al*. 2017; Pocock *et al*. 2018). Uma delas é a ampla rede de observadores cidadãos, que permite a coleta de uma quantidade significativa de dados (Pocock *et al*. 2018). Com um grande número de participantes envolvidos, seja em âmbito nacional ou global, é possível obter uma visão abrangente e em larga escala das interações entre plantas e polinizadores, ocorrência e até mesmo abundância de insetos polinizadores (Roy *et al.* 2012).

Para que a CC consiga fornecer uma significativa quantidade de dados com qualidade suficiente para responder ou apoiar respostas a perguntas científicas sobre a biodiversidade, faz-se necessário que cada vez mais pessoas estejam voluntariamente envolvidas em projetos de monitoramento participativo da biodiversidade. Por essa razão, os projetos de CC têm investido no desenvolvimento de testes para identificar as melhores estratégias de engajamento para seu público, uma vez que, executar essas estratégias para

recrutar e manter participantes pode ser uma tarefa cara e demorada (Geoghegan *et al*. 2016), tornando essencial o planejamento cuidadoso dessas atividades.

Por engajamento entende-se a participação ativa e contínua nas atividades dos projetos. Segundo Penner (2012), vários fatores influenciam a probabilidade de alguém iniciar e continuar participando de iniciativas voluntárias em projetos de CC, incluindo circunstâncias pessoais, demográficas, consciência das oportunidades e fatores organizacionais. O engajamento é também diretamente influenciado pelas motivações, entendidas como as razões subjetivas que as pessoas têm para desempenhar ou não seus comportamentos (Aitamurto *et al*. 2017).

Sendo assim, compreender as motivações que permeiam o público-alvo dos projetos de CC é fundamental para o planejamento e avaliação de estratégias de promoção de engajamento (West e Pateman 2016). A literatura apresenta que as motivações são diretamente influenciadas pelo contexto social e econômico do público, podendo variar de projeto para projeto a depender do tema ou público-alvo (Tulloch e Szabo 2012; Shinbrot *et al*. 2021; West *et al*. 2021). Uma vez que as motivações para o engajamento das pessoas em projetos de Ciência Cidadã são contexto-dependentes, faz-se necessário aplicar e avaliar estratégias de engajamento específicas aos diferentes cenários (Shinbrot *et al.* 2021).

As motivações também variam entre as pessoas, levando diferentes indivíduos a assumirem o mesmo papel por razões diversas, como enfatizado por Clary e Snyder (1999). Estudos da psicologia social tem se debruçado sobre esse tema nas últimas décadas no intuito de identificar e entender como e quais fatores determinam os hábitos de consumo e o envolvimento das pessoas em práticas colaborativas. Compreender os perfis motivacionais dos públicos-alvo dos projetos de CC é fundamental para o desenvolvimento de estratégias assertivas nos diferentes contextos sociais e demográficos. A Teoria das Funções Motivacionais para o voluntariado (Clary e Snyder 1999), a partir de agora TFM, tem o potencial para facilitar a compreensão e, portanto, aprimorar a conformidade comportamental dos participantes voluntários com o gerenciamento dos projetos (Asah *et al*. 2014).

A TFM é uma abordagem funcional que identifica seis motivações dos voluntários em um contexto geral dos programas de voluntariado, são elas: **Compreensão** (motivação quando as pessoas querem aprender coisas novas), **valores** (motivação em que as pessoas têm uma preocupação altruísta pelos outros), **social** (em que as pessoas são motivadas pelo desejo de conhecer novas pessoas e porque o voluntariado é uma coisa socialmente desejável de se fazer), **aprimoramento** (motivação de valorização em que as pessoas desejam melhorar-se pessoalmente através do voluntariado), **protetora** (em que as pessoas se voluntariam para reduzir sentimentos negativos ou resolver problemas pessoais) e **carreira** (em que as pessoas esperam ganhar experiência que irá beneficiar suas futuras carreiras) (Clary e Snyder 1999).

Alguns estudos sobre o voluntariado ambiental adotaram a categorização da TFM, outros adequaram essas categorias ao contexto dos seus projetos. Esses estudos ajudaram a tornar as categorias de Clary e Snyder mais relevantes para o voluntariado ambiental e a ciência cidadã (West e Pateman 2016). Bruyere e Rappe (2007) e Jacobson *et al*. (2012) desenvolveram suas próprias categorias, aplicadas em seus estudos, mas que podem ser integradas às categorias propostas por Clary e Snyder.

Desenvolver e testar diferentes estratégias de engajamento, buscando compatibilizá-las às motivações do público, é uma tarefa que deve ser desempenhada pela maioria dos projetos de CC, uma vez que o trabalho voluntário é a base para manutenção da Ciência Cidadã. Para o Brasil, que apresenta um território fértil para o desenvolvimento de projetos de CC, mas que não apresenta uma tradição na prática, as estratégias de engajamento se conformam como uma apresentação desse processo científico que pode ser utilizado não apenas para a coleta de dados, mas também para a aproximação do público com a ciência (Rocha 2019).

No presente estudo, buscamos aplicar e avaliar estratégias de engajamento inicial para o público, professores e estudantes de escolas públicas, em um projeto de ciência cidadã de monitoramento participativo da interação planta-visitante e compreender as motivações que levam esse público a se engajar no projeto. Nesse sentido, procuramos responder à seguinte questão: Qual o perfil motivacional e sociodemográfico dos professores e estudantes interessados em CC para o monitoramento da interação planta-visitante? E quais mudanças motivacionais aconteceram nos participantes de cada uma das estratégias?

METODOLOGIA

Modelo do estudo: Projeto Guardiões da Chapada

Para realização e avaliação das estratégias *online* e presencial de engajamento inicial, utilizamos como estudo de caso o projeto Guardiões da Chapada, projeto

brasileiro pioneiro de CC voltado para o monitoramento participativo da interação entre plantas e visitantes. O projeto foi criado em 2015 por professores e estudantes da UFBA como parte de uma Ação Curricular em Comunidade e Sociedade (ACCS) (Viana *et al*. 2023). O objetivo dos «Guardiões da Chapada» é contribuir para a conservação da biodiversidade, incluindo espécies de visitantes florais e plantas visitadas, e promover o serviço de polinização, gerando dados relevantes para embasar políticas públicas e sensibilizar a sociedade brasileira em relação aos polinizadores.

O público-alvo desse projeto são turistas e demais atores sociais das comunidades locais, incluindo estudantes do ensino médio, professores, guias de turismo e agricultores dos territórios onde atuam. Para envolver o público, são empregadas diversas estratégias e meios de comunicação. As redes sociais são utilizadas para divulgar os projetos, compartilhar informações sobre o tema e recrutar novos observadores voluntários. Além disso, são realizadas atividades presenciais, como oficinas, *bioblitz*, palestras e dias de campo, para garantir um envolvimento mais profundo das comunidades locais com os projetos.

O monitoramento das interações de forma participativa ocorre através de registros fotográficos das interações entre plantas e seus visitantes, com o envio dessas fotografias para a plataforma E-Guardiões (https://bit.ly/eguardioes) ou por meio de um aplicativo desenvolvido para dispositivos móveis. Os voluntários têm a oportunidade de contribuir tirando várias fotos do animal durante a interação com a planta, bem como da própria planta, incluindo flores, ramos com folhas, a planta inteira e o fruto. As fotografias podem ser tiradas com câmeras fotográficas, celulares ou *tablets*. É essencial também compartilhar os dados sobre a data, horário e local onde as fotos foram tiradas, pois essas informações são importantes para entender quando e onde ocorreram essas interações.

As fotos, juntamente com os metadados (data, horário e local), podem ser enviadas diretamente para o sistema *online*, permitindo também o registro das interações em tempo real. Essas fotos e informações são armazenadas em um banco de dados que registra a distribuição de espécies de plantas e seus visitantes. Como resultado da colaboração, essas fotos e registros se tornam dados de acesso aberto que qualquer pessoa pode consultar por meio da plataforma de dados «E-Guardiões», possibilitando a exploração e análise visual dessas informações em listas, gráficos e tabelas, de acordo com os critérios de busca do usuário.

A participação nesse projeto oferece oportunidades para que as pessoas se envolvam na conservação ambiental de uma maneira inovadora, seja contribuindo para a produção de conhecimento científico, adquirindo novas informações ou tornando-se mais atentas ao seu entorno; ou descobrindo novas formas de atuar em prol da conservação dos polinizadores, como ao apoio a políticas públicas favoráveis à biodiversidade e ao consumo ou à produção de alimentos produzidos por meio de práticas baseadas na natureza.

Local de atuação do Projeto Guardiões da Chapada

O Projeto Guardiões da Chapada desenvolve suas atividades no Território da Chapada Diamantina, que abriga o Parque Nacional da Chapada Diamantina com 152.000 hectares, fazendo parte de pelo menos 7 municípios baianos. A grande diversidade ecológica e ambiental em seu território abrange pelo menos três biomas brasileiros: Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga. Além disso, o território abriga o segundo maior polo agrícola do estado da Bahia.

As ações do projeto Guardiões na Chapada são desenvolvidas em zonas rurais e/ou urbanas nos municípios que compõem o território. Porém, as longas distâncias entre a sede da coordenação do projeto (Salvador) e o território, e os custos necessários para deslocamento da equipe, muitas vezes dificultam a realização de atividades presenciais contínuas, optando-se por atividades *online*.

Com a pandemia do Covid-19, as atividades presenciais foram suspensas, e as dificuldades em manter os laços entre a equipe do projeto e os públicos-alvo locais foram ainda maiores. Contudo, a realização de cursos e oficinas *online*, de *lives*, como por exemplo: "E se os polinizadores entrassem em quarentena?", transmitida ao vivo pelo Instagram, e a intensificação na divulgação do projeto nas redes sociais, foram tentativas para manter o engajamento de participantes no projeto.

Essas dificuldades e as estratégias para superá-las geraram demandas de estudos sobre a efetividade dessas estratégias no recrutamento inicial e na retenção de voluntários no projeto.

Desenho amostral para teste das estratégias de engajamento

Para compreender quais as contribuições de diferentes estratégias para o engajamento do público-

alvo do projeto Guardiões da Chapada, desenvolvemos e testamos duas estratégias de forma independente, sem o intuito de compará-las.

Estratégia online

A estratégia *online* foi desenvolvida no âmbito de um componente curricular de extensão universitária, a Ação Curricular em Comunidade e Sociedade (ACCS) - BIOC88 *"Ciência, comunicação e cidadania: engajamento da sociedade civil em ações de conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos",* ofertada pelo Instituto de Biologia para estudantes de graduação da Universidade Federal da Bahia (UFBA). A BIOC88 propõe reflexões e soluções para problemas socioambientais vivenciados por comunidades locais do território da Chapada Diamantina (Bahia), por meio da interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, renovando-se a cada semestre. Dessa forma, no semestre 2022.1, o tema abordado pela ACCS BIOC88 foi "Ciência Cidadã na Escola". Além dos docentes da disciplina e dos graduandos dos diversos cursos da UFBA, o formato *online* permitiu a participação de docentes convidados da UFBA e da Universidade Estadual da Paraíba, e de professores e estudantes de escolas públicas do Ensino Médio do Território da Chapada Diamantina.

O curso contou com uma carga horária de 68h, distribuídas em sete semanas, sendo 14 horas síncronas e 54 horas assíncronas. Os encontros síncronos foram realizados uma vez na semana com duração de 2 horas, via plataforma Google Meet, enquanto as atividades assíncronas foram conduzidas por meio da plataforma Google Classroom, onde foram disponibilizadas informações sobre o curso, referências bibliográficas e materiais didáticos complementares, recomendados pelos(as) docentes. O uso da plataforma Google Classroom proporcionou a interatividade entre os participantes e docentes, possibilitando trocas de informações e esclarecimentos das dúvidas de modo rápido e eficiente. O conteúdo do curso foi abordado em cinco unidades: *Unidade 1: Como a ciência funciona?*; *Unidade 2: Ciência Cidadã na Escola.*; *Unidade 3: Interações ecológicas e conservação da biodiversidade.*; *Unidade 4: Polinização e polinizadores.*; *Unidade 5: Projeto Guardiões e a aplicação dos dados*.

Com o objetivo de direcionar as discussões sobre esses temas, utilizamos um conto ilustrado, elaborado para o curso em colaboração com os docentes convidados. Esse conto aborda informações e conceitos sobre natureza da ciência, interações entre plantas e animais, ciência cidadã e projetos Guardiões.

O curso foi amplamente divulgado, considerando os diferentes públicos do projeto. Para os estudantes de graduação, a divulgação ocorreu exclusivamente por meio da disponibilização da disciplina no sistema de matrícula da Universidade. No entanto, para alcançar a comunidade externa à UFBA, nosso público-alvo principal, composto por professores e estudantes de escolas de ensino médio na Chapada Diamantina, utilizamos diferentes meios de divulgação. Para isso, realizamos visitas às cinco escolas de ensino médio no município de Ibicoara, localizadas no sul do território da Chapada Diamantina, a 528 km da sede do projeto, onde colocamos cartazes e conversamos pessoalmente com diretores e professores sobre as atividades propostas. Essas ações permitiram alcançar diretamente os estudantes dessas escolas.

Além disso, visando abranger um maior número de escolas e maximizar a divulgação em escolas de outros municípios, enviamos convites, via Whatsapp, aos diretores previamente contatados solicitando que eles divulgassem o curso entre os estudantes e professores de escolas situadas na zona rural e em outros municípios.

Para alcançar um público mais amplo e diversificado, que acompanha as ações do projeto Guardiões da Chapada, fizemos diversas publicações nas redes sociais (como Instagram, Facebook e Whatsapp) do projeto e compartilhamos essas postagens com parceiros e colaboradores.

Importante mencionar que o cartaz de divulgação do curso continha um *link* para a inscrição no curso. A inscrição do público externo à UFBA foi realizada por meio de um formulário *online,* disponibilizado na plataforma Google Forms e essa abordagem facilitou o processo de inscrição, tornando-o mais acessível e conveniente para os interessados. O curso foi registrado na Pró-Reitoria de Extensão da UFBA para que os participantes externos pudessem receber certificados, tornando assim o curso ainda mais atrativo para esses participantes.

Estratégia Presencial

Para implementar nossa estratégia presencial, escolhemos duas escolas de ensino médio em Ibicoara, BA. A seleção foi baseada na receptividade da direção e dos professores em participar das atividades propostas. O curso foi realizado ao longo de uma semana, sendo

oferecido para sete turmas do ensino médio, cada turma com uma carga horária restrita de uma hora e trinta minutos. Apesar desse tempo limitado, todos os conteúdos planejados foram abordados com sucesso. Isso demonstra a eficácia de uma abordagem didática adaptada às restrições de tempo dos professores, evidenciando a viabilidade de apresentar o conteúdo de forma concisa e eficiente dentro de suas cargas horárias regulares. Os temas abordados incluíram: 1. Conhecendo a polinização e os polinizadores. 2. Apresentação da coleção entomológica didática. 3. O projeto Guardiões: coleta e *upload* de dados. 4. Bioblitz.

A atividade presencial possibilitou o desenvolvimento de atividades, como uma bioblitz orientada, e permitiu trocas de conhecimentos e de experiências sobre o território e biodiversidade local, além de esclarecer dúvidas sobre o protocolo de coleta de dados e uso da plataforma E-Guardiões e aplicativos para celulares.

O curso presencial recebeu o nome de «Fotografando a primavera» devido à época do ano em que foi realizado. Para divulgar o curso, foram feitas visitas em salas de aula, convidando professores e estudantes a participarem da atividade. Além disso, foram fixados cartazes nos murais das escolas, contendo o *link* para inscrição no curso.

Instrumentos de avaliação das estratégias de engajamento

Para avaliar a efetividade das estratégias de engajamento dos participantes no projeto e descrever o perfil socioeconômico do público envolvido, foram empregados questionários *online (material suplementar),* aplicados antes e depois das atividades.

Desenvolvimento dos Questionários e desenho da pesquisa

Os questionários foram elaborados para caracterizar o público participante das atividades presencial e *online* quanto ao seu perfil socioeconômico e suas motivações em relação ao projeto Guardiões antes e depois da realização das atividades formativas. O desenvolvimento dos questionários foi baseado em estudo anterior sobre as motivações dos voluntários em participar de projetos de CC (West e Pateman 2016; West *et al*. 2021). Para avaliar quais funções se destacam no interesse e manutenção do engajamento das pessoas nas atividades voluntárias, o questionário teve como base o Inventário das Funções Motivacionais para o Voluntariado, que se fundamenta na Teoria das Funções Motivacionais para o voluntariado de Clary e Snyder (1999), o qual considera seis funções motivacionais: *valores, compreensão, aprimoramento, social, protetora e carreira,* cada uma delas com cinco opções, totalizando 30 alternativas.

Para o nosso estudo, realizamos algumas modificações nesse inventário, como ajustes de termos, para que se adequassem às motivações relacionadas a um projeto de CC na área ambiental, mantendo todas as afirmativas de cada função. Após ajustes, o questionário passou por validação por especialistas do nosso grupo de pesquisa, que identificaram lacunas e fizeram sugestões, como a inclusão de uma escala Likert de cinco pontos para cada afirmação, redução na quantidade de afirmativas para cada função e a inclusão do tema das interações entre plantas e visitantes, que é central no projeto de CC Guardiões da Chapada.

Após as modificações sugeridas, o questionário passou por um processo adicional de validação por um grupo de pesquisadores colaboradores com experiência na elaboração e aplicação de questionários na área de Educação. Nessa etapa, foi proposto um modelo causal para refinar ainda mais as afirmativas com o que seria analisado a partir do questionário.

Depois dessas validações, chegamos ao modelo final do questionário, a ser aplicado antes e depois da implementação das estratégias. O questionário inicial, aplicado uma semana antes das atividades, contém 13 questões, sendo três questões relacionadas ao perfil socioeconômico (gênero, idade e situação profissional) e 10 questões sobre as motivações para participar do projeto. Dessas 10 questões, nove abordam experiências prévias com ciência cidadã e o tema do projeto (interações entre plantas e animais), enquanto uma questão apresenta três afirmativas para cada uma das seis funções motivacionais. Para responder a cada afirmativa, foi utilizada uma escala Likert de cinco pontos, variando de «discordo totalmente» a «concordo totalmente».

O questionário final, aplicado logo após a realização das estratégias, visando avaliar o impacto das atividades realizadas, é composto por oito questões divididas em quatro blocos. O primeiro bloco contém duas questões que avaliam o processo de observação e fotografia das interações. O segundo bloco possui quatro questões que avaliam a participação no projeto e

o uso da plataforma de dados. O terceiro bloco contém uma questão com três afirmativas para cada uma das seis funções motivacionais. O quarto bloco contém duas questões com avaliação e sugestões para uma próxima atividade do projeto.

A pesquisa foi avaliada e aprovada no dia vinte e três de maio de 2022 pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Enfermagem da Universidade Federal da Bahia – UFBA (CAAE- 55529621.0.0000.5531).

Análises dos dados

Perfil socioeconômico e motivacional

Para compreender o perfil socioeconômico dos respondentes e suas experiências anteriores em projetos de CC, realizamos uma análise descritiva das respostas dos questionários.

Para o perfil motivacional dos participantes e sua relação com as estratégias utilizadas, inicialmente utilizamos o coeficiente alfa de Cronbach (Field 2013) para avaliar a consistência interna dos itens relacionados às funções motivacionais. Esse coeficiente foi aplicado a conjuntos de cada uma das três afirmações que representavam cada função motivacional. Por meio dessa análise, excluímos as afirmativas que prejudicaram a consistência dos dados, garantindo a confiabilidade dos resultados.

Em seguida, calculamos a média das escalas Likert para cada uma das seis funções motivacionais e calculamos as porcentagens de concordância dos respondentes, para compararmos os perfis motivacionais dos participantes, antes e depois em cada uma das estratégias. Isso nos permitiu analisar possíveis mudanças nas pontuações ao longo do tempo e obter uma medida resumida do grau de motivação dos participantes.

Para explorar e reduzir a dimensionalidade dos dados das funções motivacionais, aplicamos a análise de componentes principais varimax (PCA) (Jolliffe 2002), que busca encontrar combinações lineares de variáveis que expliquem a maior variação possível. Em seguida, utilizamos a análise de *cluster* (Everitt *et al.* 2011) para agrupar os participantes com base em suas funções motivacionais.

Essas análises permitiram compreender as principais dimensões das motivações e suas relações, além de identificar grupos de indivíduos com perfis motivacionais semelhantes.

RESULTADOS

Perfil socioeconômico dos Participantes

Para a **estratégia *online***, foram inscritos 55 participantes, sendo 40 pessoas externas à UFBA, inscritas no curso de extensão "Ciência Cidadã na Escola", e 15 estudantes de diferentes cursos de graduação da UFBA, matriculados na disciplina ACCS.

No questionário inicial da **estratégia *online***, obtivemos respostas de 23 pessoas. Dos respondentes, a maioria (73,9%, N= 17) se identificou como pertencente ao gênero feminino e 69,6% (N=16) na faixa etária entre 15 e 24 anos (Tabela 1). Em relação à situação profissional, 56,5% (N=13) dos respondentes eram estudantes, os demais trabalhavam em tempo integral (30,4%, N=7), ou parcial (4,3%, N=1) e uma minoria era desempregado (8,7%, N=2).

A maioria dos participantes não teve contato anterior com o tema CC (86,9%, N=20), mas ao serem questionados sobre o interesse nas atividades de fotografia de animais e plantas e compartilhamento das mesmas em redes sociais e plataformas *online*, quase o total (95,7%, N= 22) dos respondentes disse que gostava de fotografar animais e plantas, mas que não utilizava plataformas de CC, como iNaturalist, por exemplo, para compartilhar as suas fotos. Desse total, um pouco mais da metade (60,8%, N=14) respondeu que compartilhava as fotos que tirava em redes sociais, principalmente no Instagram (52,2%, N=12) e no Whatsapp (65,2%, N=15).

Na **estratégia presencial**, curso "Fotografando a Primavera", foram inscritos 81 estudantes das três séries que compõem o ensino médio tradicional, de duas escolas públicas de ensino médio (Tabela 1). Dos participantes, 39,5% (N=32) eram alunos do primeiro ano, 34,6% (N=28) do segundo ano e 25,9% (N=21) do terceiro ano. Todos os participantes do curso estavam na faixa etária entre 15 e 24 anos. Em relação ao gênero, a maioria (74,1%, N=60) se identificou como do gênero feminino, os demais (25,9%, N=21) como do gênero masculino. Em termos de situação profissional, apenas uma porcentagem muito pequena dos estudantes trabalha (3,7%, N=3).

Assim como os participantes da estratégia *online*, a maioria dos participantes da presencial (72,83%, N=58) estava tendo contato com o tema CC pela primeira vez. Embora a maioria (93,8%, N=76) tenha demonstrado interesse pela fotografia de animais e plantas, apenas 59,3% (N=48) compartilham essas

fotos em alguma plataforma ou rede social, como Instagram e Whatsapp.

Perfil motivacional dos participantes das estratégias

A Análise de Componentes Principais Varimax (PCA) das respostas sobre motivações, conjuntamente para as duas estratégias, identificou que dois componentes principais explicam 65,7% da variância dos dados (Figura 1). O primeiro componente que explica 42,9% da variância total, possui associação positiva com as 5 das 6 funções motivacionais avaliadas e apresenta forte relação com 3 destas, sendo elas: "protetora" (Reduzir sentimentos negativos ou resolver problemas pessoais), "aprimoramento" (Crescer e desenvolver-se psicologicamente) e "valores" (Expressar os valores relacionados à conservação). Esse componente reúne o perfil motivacional relacionado às funções intrínsecas, associadas a aspectos psicológicos e aos valores conservacionistas.

Já o segundo componente, que explica 22,8% da variância dos dados, está fortemente associado à função «social». Esse componente representa as motivações relacionadas às relações sociais, o desejo de agradar os outros e fortalecer relações pessoais.

Pela análise de *cluster*, os participantes das duas estratégias foram divididos em 3 grupos motivacionais (Figura 2). O primeiro grupo (n=34), sendo representado pelo segundo componente da análise de PCA, ou seja, indivíduos majoritariamente influenciados pela função motivacional "social". O segundo grupo (n=23), sendo representado pelo primeiro componente da análise de PCA, ou seja, composto por indivíduos influenciados por funções intrínsecas como "protetora", "aprimoramento" e "valores". E o terceiro e maior grupo (n=75) influenciado por todas as funções motivacionais, inclusive as funções "Carreira" e "Compreensão".

Mudança do perfil motivacional antes e depois da realização das estratégias

Para a **estratégia *online***, ocorreu a **diminuição** da porcentagem de concordância para todas as funções

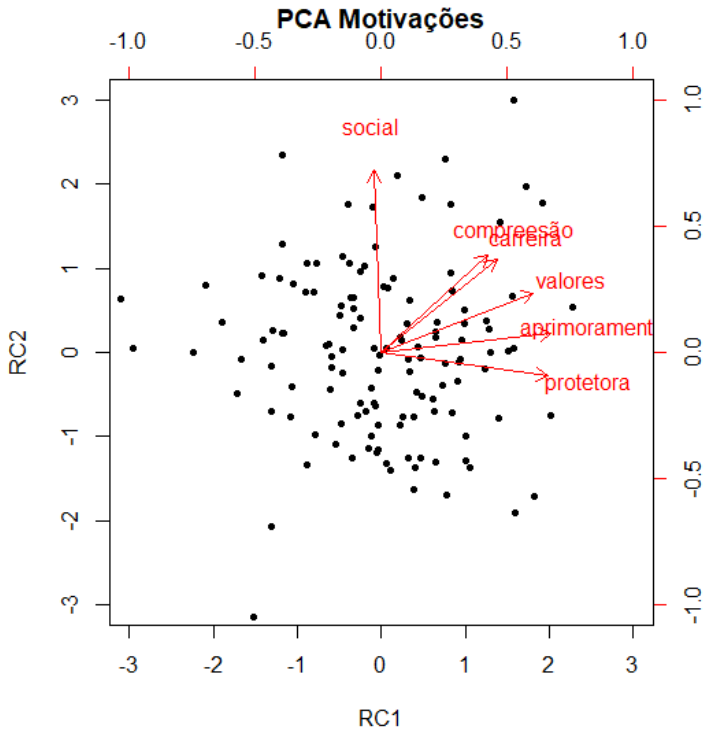


FIGURA 1: Resultado da PCA varimax para as 6 funções motivacionais. RC1 representa 42,9% da variância total e RC2 representa 22,8 % da variância total dos dados.

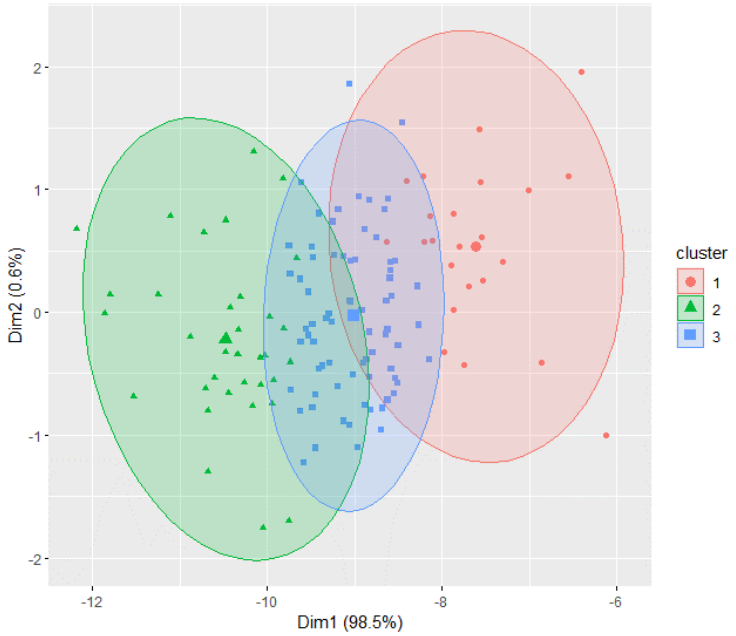


FIGURA 2: Análise de Cluster onde os participantes das estratégias online e presencial foram divididos em 3 grupos motivacionais. O cluster 1 (n=34) é representado pelo segundo componente da análise de PCA. O Cluster 2 (n=23) é representado pelo primeiro componente da análise de PCA. E o cluster 3 (n=75) é representado pelos dois componentes da análise de PCA.

depois da aplicação da estratégia (Tabela 2).

Para a **estratégia presencial**, foi observado **aumento** na porcentagem de concordância após o desenvolvimento da estratégia para as funções **"valores"** (Expressar os valores relacionados à conservação) e **"compreensão"** (Aprender e compartilhar conhecimento). Contudo, também ocorreu uma **diminuição** no grau de concordância das funções **"Protetora"** (Reduzir sentimentos negativos ou resolver problemas pessoais), **"Carreira"** (Ganhar experiência profissional) e **"Aprimoramento"** (Crescer e desenvolver-se psicologicamente).

Para a função **"social"**, que representa o fortalecimento das relações sociais, ocorreu um aumento no número de indecisos após a realização das duas estratégias.

DISCUSSÃO

Tanto a estratégia *online* quanto a presencial foram direcionadas para o público escolar do projeto Guardiões da Chapada, visando promover a Ciência Cidadã como uma abordagem importante para a educação científica e ambiental dos envolvidos. Contudo, a estratégia *online* permitiu o acesso a um público mais diversificado quanto a faixa etária.

Em nosso estudo, tanto na estratégia presencial quanto na estratégia online, a maioria (>70%) dos participantes identificou-se como sendo do gênero feminino. Isso contrasta com o perfil encontrado em algumas outras experiências de projetos de CC ao redor do mundo, onde a maioria dos participantes e interessados é do gênero masculino (Peter *et al*. 2021; West *et al*. 2021). No entanto, também há exemplos na literatura em que a colaboração em projetos é predominantemente feminina, como demonstrado por Lodi e colaboradores (2023) no estudo sobre o engajamento público em pesquisas de cetáceos através da CC e das redes sociais. Portanto, embora nossos resultados destoam de alguns estudos, eles estão alinhados com outros que mostram uma predominância de participação feminina.

No nosso caso, uma explicação possível para esse resultado é o perfil do público-alvo das estratégias, que consiste em estudantes e professores do ensino médio, bem como graduandos. De acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP 2021), a partir do último censo escolar de 2022, observa-se uma predominância do gênero

feminino (51,6%) na fase do ensino médio em todo o Brasil. Em regiões do interior, como no território da Chapada Diamantina, onde a principal fonte de renda dos municípios está vinculada à agricultura, essa discrepância entre os gêneros pode ser ainda mais acentuada, uma vez que os meninos são frequentemente demandados para o trabalho pesado nas lavouras. No entanto, esses dados representam uma oportunidade para incentivar o interesse das estudantes pela ciência e promover a formação de futuras cientistas.

Em relação às motivações dos participantes, a maioria (n=75) demonstra uma forte relação com a função motivacional «valores», ligados à conservação do meio ambiente e ao sentimento de fazer algo valioso. Esse resultado corrobora ao encontrado na literatura, em que, na maioria dos projetos de CC na área ambiental, os valores ambientais são os mais determinantes para o engajamento dos voluntários (Geoghegan *et al.* 2016).

O segundo grupo mais representativo de participantes em nosso estudo apresentou motivações diretamente ligadas à função "social", que diz respeito ao interesse em agradar ao outro ou fortalecer relações sociais. Esse resultado pode estar relacionado com os interesses ligados à faixa etária mais expressiva entre os nossos participantes, de 15 a 24 anos. As ações das pessoas são frequentemente guiadas por normas sociais que ditam o comportamento aceitável dentro de um grupo ou sociedade (Ajzen 1991). Essas normas são percebidas como uma forma de pressão social, influenciando as decisões das pessoas em se engajar ou não em ações específicas.

Estudos anteriores (West e Pateman 2016; West *et al*. 2021) sobre motivações para o envio de dados em projetos de CC ambiental constatou que as motivações mais comuns dos participantes eram o desejo de ajudar a natureza em geral, seguido pelo desejo de contribuir para a compreensão científica e pela motivação intrínseca de considerar a atividade valiosa para suas carreiras. Isso nos leva a concluir que as principais motivações dos participantes da nossa pesquisa seguem o padrão motivacional observado em outros estudos com projetos de monitoramento participativo da biodiversidade.

É importante ressaltar que identificar perfis motivacionais é uma tarefa desafiadora e inovadora para projetos de CC. Reconhecemos que cada indivíduo possui complexidades e camadas de subjetividade em seu comportamento. Portanto, é fundamental desenvolver e testar instrumentos cada vez mais refinados para identificar os perfis motivacionais dos participantes desses projetos, sendo essa uma abordagem crucial para o início e a continuidade dos projetos de CC.

Mudança do perfil motivacional através da aplicação das estratégias

A estratégia *online* adotada em nosso estudo de caso não contribuiu para um aumento no número de concordância entre os participantes das estratégias em relação às motivações após a realização da estratégia. Já a estratégia presencial revelou resultados diferentes, pois a realização dessas atividades contribuiu para o aumento das motivações dos participantes, principalmente em relação àquelas relacionadas aos valores e compreensão.

A literatura tem revelado a existência de dificuldades para retenção de participantes em projetos de CC exclusivamente *online*, isso porque, apesar dessas estratégias *online* permitirem que os voluntários experimentem e obtenham conhecimento e habilidades de comunicação e alfabetização digital, a falta de experiências presenciais e a natureza autorreguladora dos ambientes de aprendizagem *online* podem ser desafiadoras para os voluntários influenciando sua autoconfiança e impedindo-os de contribuir com os projetos (Aristeidou e Herodotou 2020).

Vale ressaltar que o desenho do nosso trabalho permitiu apenas a avaliação das motivações iniciais dos participantes, presentes no momento anterior à realização do primeiro contato com o projeto Guardiões da Chapada, e logo após esse primeiro contato. É necessário para os próximos estudos aprofundarmos essas medidas de variação ao longo do tempo e após a realização de outras estratégias de engajamento, visto que a literatura sobre o voluntariado afirma que as motivações de um mesmo participante podem variar de acordo com o tempo de engajamento no projeto, pelo tipo de estratégia utilizada pelo projeto e pela forma como os organizadores comunicam os objetivos e a importância do projeto (Clary e Snyder 1999; Rotman *et al*. 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PRÓXIMOS PASSOS

O nosso estudo visou contribuir para o desenvolvimento da Ciência Cidadã no Brasil e em países que ainda não possuem a cultura do voluntariado científico, buscando construir uma abordagem inclusiva, onde não apenas os adeptos a uma cultura

conservacionista fossem conquistados, mas outros indivíduos que ainda não foram sensibilizados pelas questões ambientais e científicas.

Podemos considerar que a experiência com a adoção da abordagem da CC em escolas públicas de ensino médio foi positiva, fortalecendo os laços entre ciência e sociedade. Na nossa experiência, foi possível perceber o quanto a comunidade das escolas públicas está ávida por parcerias com Instituições de Ensino e Pesquisa, criando assim uma oportunidade para que a CC seja adotada como uma abordagem de transposição didática.

Também consideramos que o uso da tecnologia para o desenvolvimento de estratégias *online* é positivo para a redução dos custos, estabelecimento de parcerias com pesquisadores especialistas e maior abrangência espaço-temporal dos monitoramentos da biodiversidade. Contudo, a ausência de experiências presenciais pode reduzir as motivações para participação no projeto. Por isso indicamos que os projetos combinem os formatos das estratégias de engajamento, pensando sempre no perfil do público que se busca atingir com essas estratégias.

Por fim, com o nosso estudo podemos concluir que é muito importante que os projetos planejem e adequem suas estratégias de acordo com o perfil sócioeconômico, cultural e motivacional do público que desejam alcançar, ajustando a comunicação e linguagem para com o público desejado.

O desenvolvimento deste trabalho nos proporcionou vários aprendizados, assim, no intuito de contribuir com outras iniciativas de CC voltadas ao entendimento das motivações dos participantes e de como essas influenciam o engajamento com o projeto, apresentamos abaixo alguns dos desafios enfrentados em nosso estudo, para que esses sejam superados em estudos futuros.

Uma limitação do nosso estudo está relacionada às métricas de engajamento em outros âmbitos do projeto, como às mudanças de atitudes dos participantes em favor da conservação da biodiversidade de polinizadores e de tornarem-se parceiros e embaixadores do projeto no território. Os nossos instrumentos de avaliação não permitiram acessar essas características em nossos participantes. Uma adaptação do nosso estudo poderia incluir essas funções motivacionais e de aprendizagem.

A maioria dos estudos sobre motivações em projetos de CC se refere à motivação dos já participantes nos projetos, no nosso caso buscamos avaliar as motivações em um primeiro contato (*online* ou presencial), e no momento posterior a esse primeiro contato com o projeto, que são métricas que podem dizer algo sobre o processo de recrutamento, mas não de retenção. Indicamos para trabalhos futuros, que também sejam avaliadas as motivações dos participantes permanentes, por que, como visto em estudos anteriores, as motivações variam com o tempo e podem dizer muito sobre o sucesso de projetos de monitoramento participativo sob as bases da CC.

A existência de uma lacuna na literatura sobre as motivações dos interessados em participar de projetos de CC, anteriores a um primeiro contato, também não nos permitiu ter acesso às métricas de motivações como referência para o nosso estudo. Por isso indicamos que cada vez mais estudos como o nosso sejam realizados, para que possam ser usados como referências de engajamento e motivações para outros contextos e realidades dos diferentes projetos de CC no Brasil.

AGRADECIMENTOS

B.F. Viana agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa (processo nº 384 2112819756584522). P. S Almeida agradece a Capes pela bolsa de incentivo à pesquisa (processo nº 88887.609536/2021-00). C. Queiroz-Souza agradece pela bolsa de incentivo à pesquisa (88887.814744/2023-00). Agradecemos também a todos os que contribuíram para realização das atividades nas escolas, professores, diretores e alunos das escolas públicas do território da Chapada Diamantina.

REFERÊNCIAS

Aitamurto, T., Landemore, H., & Saldivar Galli, J. (2017). Unmasking the crowd: participants' motivation factors, expectations, and profile in a crowdsourced law reform. *Information Communication and Society*, *20*(8), 1239–1260. https://doi.org/10.1080/1369118X.2016.1228993

Ajzen, I. (2012). The theory of planned behavior. *Handbook of Theories of Social Psychology: Volume 1*, 438–459. https://doi.org/10.4135/9781446249215.n22

Aristeidou, M., & Herodotou, C. (2020). Online citizen science: A systematic review of effects on learning

and scientific literacy. *Citizen Science: Theory and Practice*, *5*(1), 1–12. https://doi.org/10.5334/cstp.224

Asah, S.T., Guerry, A.D., Blahna, D.J., & Lawler, J.J. (2014). Perception, acquisition and use of ecosystem services: Human behavior, and ecosystem management and policy implications. *Ecosystem Services*, *10*(October), 180–186. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.08.003

BPBES/REBIPP (2019): *Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil*. 1ª edição, Editora Cubo. http://doi.org/10.4322/978-85-60064-83-0

Birkin, L., & Goulson, D. (2015). Using citizen science to monitor pollination services. *Ecological Entomology*, *40*(S1), 3–11. https://doi.org/10.1111/een.12227

BRASIL. (2021). Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). *Resumo Técnico: Censo Escolar da Educação Básica 2021*. Inep.

Bruyere, B., & Rappe, S. (2007). Identifying the motivations of environmental volunteers. *Journal of Environmental Planning and Management*, *50*(4), 503–516. https://doi.org/10.1080/09640560701402034

Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A.M.Z., López, B.C., Danielsen, F., Legind, J.K., Masinde, S., Miller-Rushing, A.J., Newman, G., Rosemartin, A., & Turak, E. (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation*, *213*, 280–294. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004

Clary, E.G., & Snyder, M. (1999). The motivations to volunteer: Theoretical and practical considerations. *Current Directions in Psychological Science*, *8*(5), 156–159. https://doi.org/10.1111/1467-8721.00037

Geoghegan, H., Dyke, A., Pateman, R., West, S., & Everett, G. (2016). Understanding motivations for citizen science. *United Kingdom Environmental Observation Framework*, *May*, 124. http://www.ukeof.org.uk/resources/citizen-science-resources/MotivationsforCSREPORTFINALMay2016.pdf

IPBES (2016). *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production.* S.G. Potts, V.L. Imperatriz-Fonseca, & H.T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany.

Lodi, L., Maricato, G., & Mathias, P. (2023). Citizens, social media and science: Citizen Science as a tool for public engagement in cetacean research. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, *61*(April), 199–212. https://doi.org/10.5380/dma.v61i0.80466

Lynch, L., & Miller, J. (2023). Accessibility of participation in a pollinator-focused community science project. *Citizen Science: Theory and Practice*, *8*(1), 1–13. https://doi.org/10.5334/cstp.557

Penner, L.A. (2002). Dispositional and organizational influences on sustained volunteerism: An interactionist perspective. *Journal of Social Issues*, *58*(3), 447–467. https://doi.org/10.1111/1540-4560.00270

Peter, M., Diekötter, T., Höffler, T., & Kremer, K. (2021). Biodiversity citizen science: Outcomes for the participating citizens. *People and Nature,* 3(2), 294–311. https://doi.org/10.1002/pan3.10193

Pocock, M.J.O., Chandler, M., Bonney, R., Thornhill, I., Albin, A., August, T., Bachman, S., Brown, P.M.J., Cunha, D.G.F., Grez, A., Jackson, C., Peters, M., Rabarijaon, N.R., Roy, H.E., Zaviezo, T., & Danielsen, F. (2018). A vision for global biodiversity monitoring with citizen science. *Advances in Ecological Research*, *59*, 169–223. https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2018.06.003

Rocha, L.M.P. (2019). *Os cientistas e a ciência cidadã: um estudo exploratório sobre a visão dos pesquisadores profissionais na experiência brasileira*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro]. https://ridi.ibict.br/handle/123456789/1053

Roy, H.E., Pocock, M.J.O., Preston, C.D., Roy, D.B., Savage, J., Tweddle, J.C., & Robinson, L.D. (2012). *Understanding Citizen Science & Environmental Monitoring.* Final Report on behalf of UK-EOF. NERC Centre for Ecology & Hydrology and Natural History Museum.

Shinbrot, X.A., Jones, K.W., Newman, G., & Ramos-Escobedo, M. (2021). Why citizen scientists volunteer:

the influence of motivations, barriers, and perceived project relevancy on volunteer participation and retention from a novel experiment. *Journal of Environmental Planning and Management*, *66*(1), 122–142. https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1979944

Tulloch, A.I.T., & Szabo, J.K. (2012). A behavioural ecology approach to understand volunteer surveying for citizen science datasets. *Emu*, *112*(4), 313–325. https://doi.org/10.1071/MU12009

Viana, B.F., Sampaio, A., Queiroz Souza, C., Salete Amorim, M., & Maia, M. (2023). Construindo pontes entre universidade e sociedade: experiência de inserção da extensão em cursos de graduação. *Revista Extensão & Cidadania*, *11*(19), 67–84. https://doi.org/10.22481/recuesb.v11i19.12642

Viana, B.F., Souza, C.Q., Silva, F.O. da, Blochtein, B., & Loula, A. (2022). Os Guardiões dos polinizadores e do serviço de polinização. In N.P. Ghilardi-Lopes & E.E. Zattara (Orgs.), *Ciência Cidadã e Polinizadores da América do Sul* (pp. 95–101). Cubo. https://doi.org/10.4322/978-65-86819-20-5.s03c11.pt

West, S., Dyke, A., & Pateman, R. (2021). Variations in the motivations of environmental citizen scientists. *Citizen Science: Theory and Practice*, *6*(1), 1–18. https://doi.org/10.5334/CSTP.370

West, S., & Pateman, R. (2016). Recruiting and retaining participants in Citizen Science: What can be learned from the volunteering literature? *Citizen Science: Theory and Practice*, *1*(2), 15. https://doi.org/10.5334/cstp.8

ARTIGO CIENTÍFICO

Princípios e diretrizes para o desenvolvimento de projetos de ciência cidadã

Sheina Koffler[1*], Caren Queiroz-Souza[2], Natalia Pirani Ghilardi-Lopes[3], Blandina Felipe Viana[2], Juliana Silva França[4], António Mauro Saraiva[5]

[1] Instituto Nacional da Mata Atlântica - INMA. Av. José Ruschi, n. 4, Santa Teresa, ES, Brasil, 29650-000

[2] Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação Ecologia Teoria, Aplicação e Valores. Rua Barão de Jeremoabo, 668, Salvador, BA, Brasil, 40170-115

[3] Universidade Federal do ABC, Centro de Ciências Naturais e Humanas, Alameda da Universidade, s/n, São Bernardo do Campo, SP, Brasil, 09606-045

[4] Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31270-901

[5] Universidade de São Paulo, Escola Politécnica e Instituto de Estudos Avançados. Avenida Prof. Luciano Gualberto, Travessa do Politécnico – número 380, São Paulo, SP, Brasil, 05508-010

***Autor para correspondência:**
E-mail: sheinak@gmail.com

Recebido: 31/08/2023
Aceito: 06/08/2024

Resumo

A ciência cidadã encontra-se em amplo crescimento no Brasil, aumentando a procura por guias para desenvolvimento de projetos e materiais de formação no tema. No entanto, as publicações existentes não estão disponíveis em português e podem não estar contextualizadas à realidade brasileira. Dessa forma, o objetivo deste artigo é apresentar princípios e diretrizes para o desenvolvimento de projetos de ciência cidadã no contexto brasileiro. Para isso, trazemos reflexões e recomendações práticas sobre a criação e implementação de projetos, pautando as diretrizes de acordo com os "Dez Princípios da Ciência Cidadã" propostos pela Associação Européia de Ciência Cidadã (ECSA). Pretendemos contribuir para o desenvolvimento de projetos de ciência cidadã no Brasil, estimulando o rigor científico, enriquecendo a experiência dos participantes e promovendo mudanças significativas na sociedade. Com o aumento da quantidade e qualidade dos projetos brasileiros, esperamos novas contribuições teóricas e práticas ao campo de pesquisa em expansão, fomentando o desenvolvimento da ciência cidadã no país.

Palavras-chave: Boas práticas, ciência cidadã, protocolos, recomendações

Principles and guidelines for citizen science project development

Abstract

Citizen science initiatives are proliferating across Brazil, thereby increasing the need for comprehensive guidelines for the development of projects and educational resources in this subject. However, references are not available in Portuguese and may not represent the Brazilian context. Thus, the aim of this article is to delineate principles and guidelines tailored for developing citizen science projects within Brazil. We offer reflections and pragmatic insights concerning the inception and execution of projects, aligning these recommendations with the “Ten Principles of Citizen Science” (European Citizen Science Association - ECSA). With this publication, we intend to enhance the development of citizen science projects in Brazil, fostering scientific rigor, enriching participants’ experiences, and generating meaningful

societal impacts. By increasing the quantity and quality of Brazilian projects, we expect new theoretical and practical contributions to this expanding field, thereby advancing citizen science in the country.

Keywords: Best practices, citizen science, protocols, recommendations

INTRODUÇÃO

Desde os anos 2010, a ciência cidadã (CC) vem apresentando um crescimento significativo no Brasil, principalmente com projetos voltados às áreas de biodiversidade e meio ambiente (Albagli e Rocha 2021). Dentre essas iniciativas, encontramos desde projetos educacionais (Guerra *et al*. 2023; Lacerda *et al.* 2023; Ghilardi-Lopes *et al.* 2024) a monitoramentos interinstitucionais sobre biodiversidade (Cronemberger *et al*. 2023). Mais exemplos de iniciativas de CC brasileiras em diferentes áreas do conhecimento podem ser consultadas na Plataforma Cívis de Ciência Cidadã (https://civis.ibict.br).

Além de possibilitar uma maior proximidade da ciência com a sociedade e promover a alfabetização científica do público envolvido (Bonney *et al*. 2009), a CC tem alto potencial para preencher lacunas de conhecimento por meio da geração de dados de qualidade em ampla escala espacial e temporal, resultando em bases de dados de alta relevância (Pocock *et al*. 2018). No entanto, para os programas de CC terem sucesso, é necessário um esforço inter- e/ou transdisciplinar, para envolver atores sociais com diferentes tipos de conhecimento, engajar o público interessado de forma eficaz, possibilitar benefícios aos participantes que vão ao encontro de seus interesses e garantir um alto rigor científico no processo de geração de dados e produção do conhecimento (Bonney *et al*. 2009, ECSA 2015).

Frente a esses múltiplos desafios e a fim de potencializar o impacto desta abordagem em expansão, foram elaborados diferentes guias com princípios, diretrizes e recomendações de boas práticas para os projetos de CC (Bonney *et al*. 2009; Tweedle *et al*. 2012; ECSA 2015; Pettibone 2016; Acevedo 2018). No entanto, esses documentos não se encontram disponíveis em português (porém, veja Zamoner 2021; Arbetman *et al*. 2022) e, por serem produzidos em outros contextos geográficos e culturais, podem não considerar ou ser situados nos aspectos inerentes da realidade brasileira (Queiroz-Souza *et al*. 2023).

Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo apresentar princípios e diretrizes para o desenvolvimento de projetos de ciência cidadã no contexto brasileiro. A partir de uma revisão sobre as principais referências no tema, bem como experiências e conhecimentos prévios dos autores em projetos específicos e na criação da Rede Brasileira de Ciência Cidadã (RBCC), trazemos reflexões e recomendações práticas sobre a criação e execução de projetos de CC. Pautamos as diretrizes nos "Dez Princípios da Ciência Cidadã" (ECSA 2015, Figura 1). Estas recomendações podem ser adaptadas a diferentes contextos e utilizadas tanto para a criação de novos projetos, como para projetos que já se encontram em desenvolvimento. O guia foi idealizado para um público diverso em relação a diferentes áreas do conhecimento e para diferentes biomas do Brasil.

Reflexões sobre o escopo do projeto

A partir de tipologias para classificação de projetos de CC (Bonney *et al*. 2009; Pocock *et al*. 2017; Haklay *et al*. 2021), bem como guias de CC (Tweedle *et al*. 2012; Acevedo 2018), apresentamos algumas reflexões sobre boas práticas para a definição do escopo de um projeto.

Objetivo(s) geral(is) e motivação(ões) do projeto

As motivações para se iniciar um projeto de CC podem ser variadas, como motivações científicas, socioambientais, participativas ou educacionais (Acevedo 2018). Embora as pessoas envolvidas na criação de um projeto possam apresentar múltiplas motivações, é necessário ter clareza sobre elas, bem como sobre os objetivos gerais da proposta desde seu planejamento. Os objetivos do projeto podem ser definidos pela equipe de coordenação ou em parceria com os participantes do projeto, aumentando

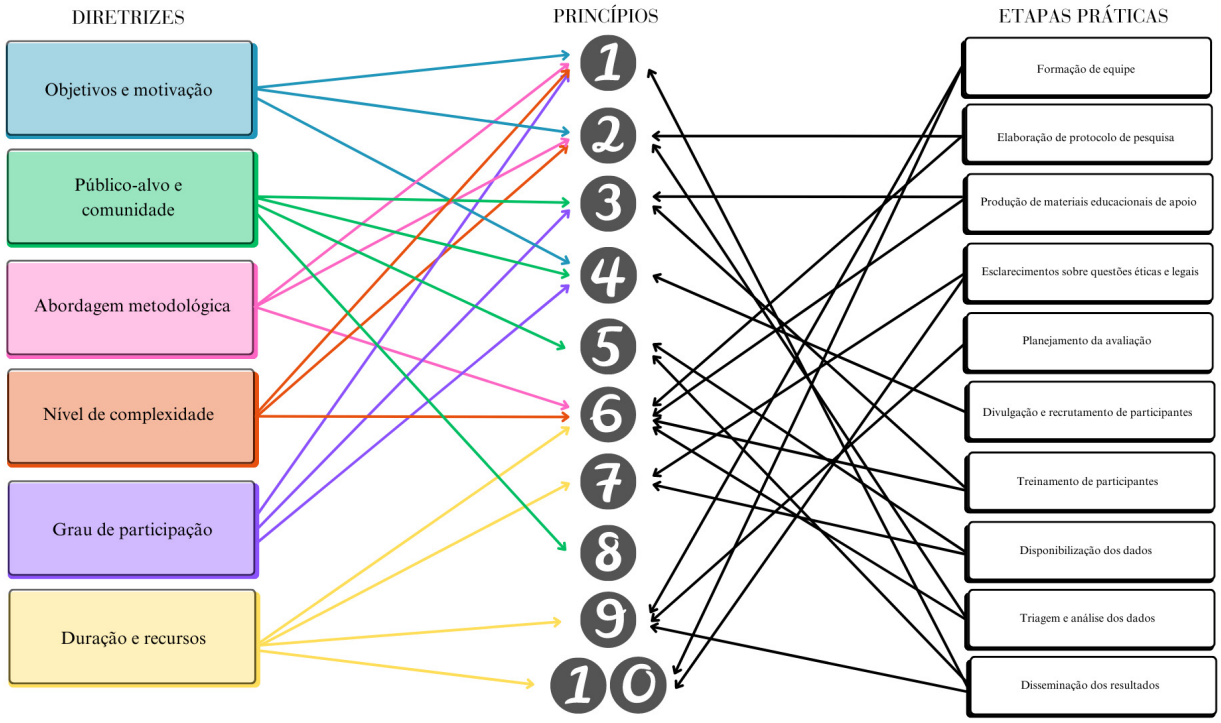


FIGURA 1: Reflexões e etapas práticas para o desenvolvimento de um projeto de ciência cidadã e suas relações com os "Dez Princípios da Ciência Cidadã" (ECSA 2015, disponível em http://doi.org/10.17605/OSF.IO/XPR2N). A figura ilustra as relações descritas no texto, bem como outras possíveis relações entre diretrizes e princípios que podem ser consideradas.

o sentimento de pertencimento de todos os envolvidos em relação à iniciativa e permitindo uma efetiva co-criação. Além disso, a definição da pergunta de pesquisa ou problema a ser investigado é uma etapa importante tanto para guiar o desenvolvimento da metodologia do projeto, como para promover a educação científica dos cientistas cidadãos. Segundo o Princípio 2 da Ciência Cidadã: "os projetos de CC têm um resultado científico genuíno" (ECSA 2015), ressaltando a importância da etapa de definição do problema ou das perguntas de pesquisa.

Público-alvo e comunidade a ser envolvida

A identificação do público-alvo é uma etapa fundamental, pois subsidia a elaboração de estratégias específicas de comunicação, recrutamento, treinamento, engajamento e retenção dos participantes. Recomenda-se definir um público-alvo específico (evitando abranger o "público geral"), a fim de elaborar estratégias de comunicação e engajamento direcionadas, reunindo participantes interessados no tema e com maior potencial para se envolverem com a proposta (Bonney *et al*. 2009, Tweedle *et al*. 2012). Por exemplo, um projeto que tem como público-alvo estudantes de ensino médio entre 14 e 18 anos pode considerar quais são os principais meios de comunicação que esse público utiliza, bem como a linguagem preferencial a ser utilizada. Além disso, como "cientistas cidadãos se beneficiam da participação" (Princípio 3, ECSA 2015), é importante identificar os interesses e motivações dos participantes, a fim de alinhar os objetivos do projeto com as expectativas e cultivar o sentimento de pertencimento e confiança dos mesmos (West e Pateman 2016; Acevedo 2018). Tanto a identificação do público, como o levantamento de suas motivações, podem ser realizados através de questionários e enquetes simples ou a partir de reuniões em grupos focais.

Abordagem metodológica (tipo de monitoramento e escala das iniciativas)

De acordo com Pocock *et al*. (2017), a abordagem metodológica apresenta uma variação contínua, desde

projetos baseados em monitoramento sistemático por um pequeno número de cientistas cidadãos a projetos de observações e registros oportunísticos com participação em massa. O monitoramento sistemático é caracterizado por treinamento presencial, visitas repetidas ao local de monitoramento pré-selecionado e uso de equipamentos específicos para a coleta de dados. Assim, requerem uma maior dedicação presencial no local de realização e, em alguns casos, investimento em equipamentos. Por outro lado, projetos com participação em massa podem ser realizados no ambiente escolhido pelo cientista cidadão, possuem ampla escala espacial e adotam estratégias de obtenção rápida de registros, como uma fotografia de uma ocorrência de determinada espécie sendo suficiente para participar. Desta forma, esses projetos dependem da criação de redes e pontos de apoio local para obter sucesso no recrutamento e engajamento dos participantes em larga escala. A abordagem metodológica, portanto, deve estar alinhada à definição do público alvo e respectivas motivações. Além disso, um conjunto de estratégias pode ser implementado para abranger distintos públicos na etapa de coleta de dados (West e Pateman 2016).

Nível de complexidade dos protocolos de investigação

Em relação ao nível de complexidade, os projetos podem ser complexos ou simples, sendo que a classificação é baseada na estrutura dos protocolos de pesquisa (Pocock *et al*. 2017). Projetos complexos apresentam protocolos com vários passos a serem seguidos ou com passos que exigem habilidades avançadas dos participantes. Com isso, estes projetos são associados a materiais de suporte com uma ampla gama de informações, que demandam maior dedicação dos participantes e da equipe organizadora. Como apresentam perguntas de investigação específicas, projetos complexos produzem bases de dados mais detalhadas, com vários indicadores que necessitam ser avaliados e podem ser utilizados para pesquisa científica. Já projetos simples não possuem protocolo estruturado ou os protocolos são simples e apresentam poucos passos, exigindo habilidades mais básicas dos participantes. Embora possam requerer alguma experiência no tema, as perguntas de pesquisa dos projetos simples são mais amplas e as bases de dados resultantes são menos detalhadas e mais genéricas.

Grau de participação para cientistas cidadãos

Segundo os princípios da CC (ECSA 2015), "os cientistas cidadãos podem participar de diferentes etapas do processo científico" (Princípio 4) e "têm um papel significativo no projeto, podendo atuar como contribuintes, colaboradores ou líderes do projeto" (Princípio 1). Essas múltiplas formas de participação permitem a classificação dos projetos em: (a) contributivos, em que cientistas cidadãos contribuem principalmente com a coleta de dados; (b) colaborativos, em que cientistas cidadãos, além de coletarem dados, podem participar da elaboração da metodologia, análise de dados e disseminação dos resultados; e (c) co-criados, em que cientistas cidadãos participam de todas as etapas, incluindo a definição de objetivos e perguntas de pesquisa (Shirk *et al*. 2012). Enquanto projetos contributivos facilitam o engajamento de um maior número de participantes, projetos co-criados demandam mais tempo e dedicação na sua elaboração, além de requererem parceiros estratégicos para o desenvolvimento do projeto nas comunidades. Estes níveis de participação têm sido atualizados e contextualizados em iniciativas de ciência cidadã (Haklay *et al*. 2021). Por exemplo, a tipologia alternativa proposta por Haklay (2013) considera desde participantes como sensores de dados até uma co-participação extrema ou "*Extreme Citizen Science*". A participação pública é chave na CC, principalmente para iniciativas co-criadas ou extremas, e a qualidade dela dependerá da atenção dada ao estágio inicial de interação entre os envolvidos na parceria, cientistas formais e demais participantes interessados em ciência.

Duração e recursos necessários

Definir a duração do projeto permite a definição de metas e alinhamento do cronograma do projeto com as expectativas dos participantes. Além disso, elaborar um cronograma de atividades previstas pode ser importante para solicitação de recursos para o projeto. A implementação e manutenção de projetos de CC pode envolver custos como criação de *website* e de aplicativos para dispositivos móveis, desenvolvimento e distribuição de materiais informativos e de apoio, compra de equipamentos para coleta e análise de dados e manutenção de bases de dados. Além disso, é importante planejar a remuneração da equipe do projeto, sendo sugerido que haja uma pessoa dedicada à comunicação frequente com os participantes para

garantir o engajamento social (Bonney *et al*. 2009). A remuneração da equipe de participantes pode ser frequentemente um assunto desafiador, considerando os múltiplos conceitos-chave em iniciativa de ciência cidadã (Eitzel *et al*. 2017), mas é um tema pertinente a ser discutido e definido previamente com a equipe. A manutenção de projetos a longo prazo também pode ser complexa, principalmente em um contexto de escassez de recursos e investimentos e insuficiente reconhecimento institucional (Queiroz-Souza *et al*. 2023).

Etapas práticas no desenvolvimento de um projeto de ciência cidadã

Discutimos a seguir uma série de passos para planejamento e implementação dos projetos de ciência cidadã, inspirado no esquema proposto por Bonney *et al*. (2009).

Formação da equipe

Recomenda-se formar uma equipe multi-disciplinar, considerando os aspectos científicos, educacionais, de comunicação e tecnológicos/ computacionais da proposta. Além disso, é benéfico identificar aliados chave para o projeto - desde entidades sociais à gestão pública, visando maior divulgação, aprimoramento e acesso a recursos para sua implementação (Acevedo 2018).

Elaboração do protocolo de pesquisa

Os protocolos para coleta de dados devem ser claros e ter uma linguagem adequada ao público-alvo do projeto. Por exemplo, protocolos voltados para o público escolar trarão objetivos de aprendizagem específicos (Ghilardi-Lopes 2022; Guerra *et al*. 2023), enquanto projetos envolvendo povos e comunidades tradicionais devem considerar aspectos éticos específicos quanto à soberania dos dados (Reyes-García *et al*. 2022). Os cuidados com a elaboração do protocolo podem resultar em dados de maior qualidade, visto que "a CC é uma abordagem de pesquisa que, como as demais, apresenta limitações e vieses que devem ser identificados e controlados" (Princípio 6, ECSA 2015). Assim, a produção do protocolo é uma etapa de garantia de qualidade que ocorre previamente à implementação do projeto. Uma forma de aprimorar o protocolo é realizar aplicações piloto com um grupo de participantes, a fim de identificar problemas de interpretação e dificuldades na execução.

Produção de materiais educacionais de apoio

Outra maneira de garantir a qualidade dos dados produzidos nos projetos de CC é a disponibilização de materiais de apoio, contendo informações gerais sobre o projeto e formas de participação, explicações detalhadas do protocolo e dúvidas frequentes. Além de favorecer a qualidade dos dados, estes materiais podem ser um importante subsídio para a alfabetização científica dos cientistas cidadãos. Os formatos dos materiais podem ser diversos, dependendo do tipo do projeto, incluindo *websites*, mídias sociais, vídeos, livros, cartilhas, sequências de ensino-aprendizagem, panfletos, fóruns, entre outros (veja exemplos em https://civis.ibict.br).

Esclarecimentos sobre questões éticas e legais

"Os coordenadores dos projetos de CC devem considerar questões éticas e legais sobre direitos autorais, propriedade intelectual, acordo de compartilhamento de dados, confidencialidade, atribuição e impactos das propostas" (Princípio 10, ECSA 2015). Assim, recomendações mínimas incluem informar e obter consentimento dos participantes sobre o uso dos dados produzidos e não compartilhar dados sensíveis referentes à privacidade dos participantes ou sobre o *status* de conservação ou grau de ameaça de espécies em perigo. Adicionalmente, é essencial que os coordenadores assumam o compromisso de responsabilidade social de democratizar o acesso às informações científicas para todos os cidadãos, rejeitando toda forma de discriminação social, cultural, étnica, política, religiosa, sexual, de gênero, etária ou direcionada a pessoas com deficiência (PCD). No Brasil, pesquisas recentes têm contribuído com esta discussão na perspectiva da ciência aberta, relacionando aspectos de governança, conhecimentos locais e tradicionais, software livre e ativismo (Parra 2015; Albagli *et al*. 2020).

Planejamento da avaliação

"Os programas de CC são avaliados por seus resultados científicos, qualidade dos dados, experiência dos participantes e impactos sociais e políticos"

(Princípio 9, ECSA 2015). O acompanhamento e avaliação dos projetos podem ser previstos desde o planejamento, permitindo uma avaliação contínua durante o desenvolvimento das atividades (avaliação formativa ou processual) e uma avaliação dos impactos do projeto ao final, gerando reflexões e aprimoramentos à proposta (avaliação somativa). Este processo pode incluir avaliações de curto, médio e longo prazo, com seus respectivos indicadores para mensurar os impactos produzidos.

Divulgação e recrutamento de participantes

A definição do público-alvo direcionará as estratégias de divulgação, recrutamento e retenção, devendo ser adequadas em relação à linguagem e meios de comunicação escolhidos. O estabelecimento de parcerias pode, ainda, auxiliar no recrutamento de participantes de públicos específicos.

Treinamento de participantes

O treinamento dos cientistas cidadãos pode ocorrer no formato presencial, *online* ou mesmo de forma independente através dos materiais de apoio do projeto. É parte do comprometimento e responsabilidade dos participantes se envolver nos treinamentos propostos, que podem ainda contribuir para o ganho de confiança na execução do protocolo e domínio sobre o tema da investigação (p.ex. Barbiéri *et al*. 2023).

Disponibilização dos dados

"Os dados e metadados de CC são disponibilizados de forma pública e, sempre que possível, publicados em formato aberto" (Princípio 7, ECSA 2015). Os dados produzidos nos projetos podem ser disponibilizados em seu formato completo (planilha de dados) e/ou sumarizados em gráficos, mapas e tabelas. A manipulação e estudos dos dados do projeto podem ainda ser um recurso educacional importante para os cientistas cidadãos.

Triagem e análise dos dados

Previamente à análise dos dados, é necessário realizar um controle de sua qualidade, reconhecendo vieses e possíveis erros durante a coleta. É possível realizar uma limpeza na base de dados ou mesmo tratar o conjunto de dados utilizando ferramentas estatísticas. Embora haja desconfiança em relação à qualidade dos dados de CC, dados produzidos por cientistas cidadãos apresentam qualidade comparável aos dados produzidos por cientistas profissionais e são, em geral, confiáveis. Após a etapa de controle de qualidade, os dados podem ser analisados a fim de responder à pergunta de pesquisa.

Disseminação dos resultados

Ainda que a participação dos cientistas cidadãos ocorra apenas em etapas iniciais, é previsto que "cientistas cidadãos recebam retorno sobre o projeto" (Princípio 5, ECSA 2015). Estratégias de comunicação podem ser utilizadas ao longo de todo o projeto, favorecendo tanto o recrutamento de participantes e captação de recursos, como a divulgação científica e valorização da ciência em contextos de negacionismo e falta de confiança na ciência. A disseminação dos resultados pode ser realizada através de publicações científicas, relatórios técnicos, *website* e *newsletter* do projeto, jornais ou revistas, podendo também apoiar a tomada de decisão e políticas públicas. Além disso, é recomendado que "cientistas cidadãos sejam reconhecidos nos resultados dos projetos e nas publicações" (Princípio 8, ECSA 2015).

CONCLUSÕES

O desenvolvimento de projetos de CC demanda um grande esforço, além de um planejamento cuidadoso a fim de atingir seus objetivos e impactos esperados (Bonney *et al*. 2009; Bonney 2021). Com este artigo, pretendemos contribuir para o desenvolvimento de projetos de ciência cidadã no Brasil, garantindo rigor científico, benefícios aos participantes e mudanças na sociedade. Reconhecemos que há limitações, devido à grande diversidade de abordagens e tipos de projetos de CC (Pocock *et al*. 2017). Dessa forma, também é recomendado que os interessados em desenvolver projetos de CC busquem complementar sua formação no tema com outras referências, cursos, conferências, oportunidades de troca com outros projetos (consulte a plataforma Cívis https://civis.ibict.br/pt-br/) ou mesmo participando de redes, como a RBCC. Neste cenário de crescimento da CC brasileira, esperamos um aumento tanto na quantidade como na qualidade dos projetos.

Assim, a partir das múltiplas experiências e lições aprendidas, estimulamos que os próprios projetos de CC brasileiros tragam novas contribuições teóricas e práticas ao campo, fomentando o desenvolvimento da ciência cidadã no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos revisores anônimos pela cuidadosa leitura e sugestões construtivas a este manuscrito. S. Koffler agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa (processo nº301985/2024-3). S. Koffler, N.P. Ghilardi-Lopes e A.M. Saraiva agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto e pela bolsa (processos nº 2018/14994-1 e nº 2019/26760-8). N.P. Ghilardi-Lopes agradece à FAPESP (processo nº 2022/06862-3) e ao CNPq (processos nº 406137/2023-4 e 406712/2022-0) pelos financiamentos. B.F. Viana e A.M. Saraiva agradecem ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa (respectivamente processos nº 2112819756584522 e 310752/2022-1). J.S. França agradece à Fapemig/CNPq pela bolsa (processo nº 150516/2023-1). C. Queiroz-Souza agradece à Capes pela bolsa de pesquisa (processo 88887.814744/2023-00).

REFERÊNCIAS

Acevedo, D. (2018). *Ciencia Ciudadana: principios, herramientas, proyectos de medio ambiente*. Fundación Ciencia Ciudadana y Embajada de Canadá. https://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1259

Albagli, S., & Rocha, L. (2021). Ciência cidadã no Brasil: um estudo exploratório. In M.M. Borges & E.S. Casado (Coords.), *Sob a Lente da Ciência aberta: olhares de Portugal, Espanha e Brasil*. Imprensa da Universidade. https://doi.org/10.14195/978-989-26-2022-0

Albagli, S., Py, H., & Iwama, A.Y. (2020). Geovisualização de dados e ciência aberta e cidadã-a experiência da Plataforma LindaGeo. *Digital Humanities Quarterly*, *14*(2). https://www.digitalhumanities.org/dhq/vol/14/2/000452/000452.html

Arbetman, M., Barahona-Segovia, R., Burgos, A., Gobatto, A., Koffler, S., & Queiroz-Souza, C. (2022). Como se tornar um cientista cidadão? In N. Ghilardi-Lopes, & E. Zattara (Orgs.), *Ciência cidadã e polinizadores da América do Sul* (pp. 89-94). Cubo. https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/978-65-86819-20-5.s03c10.pt

Barbiéri, C., Koffler, S., Leocadio, J.N., Albertini, B., Francoy, T.M., Saraiva, A.M., & Ghilardi-Lopes, N.P. (2023). Evaluation of a Bee-Focused Citizen Science Training Process: Influence of Participants' Profiles on Learning. *Sustainability*, *15*(18), 13545. https://doi.org/10.3390/su151813545

Bonney, R., Cooper, C.B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K.V., & Shirk, J. (2009). Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience, 59*(11), 977–984. https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9

Bonney, R. (2021). Expanding the impact of citizen science. *BioScience*, *71*(5), 448–451. https://doi.org/10.1093/biosci/biab041

Cronemberger, C., Ribeiro, K.T., Acosta, R.K., de Andrade, D.F.C., Marini-Filho, O.J., Masuda, L.S.M., Mendes, K.R., Nienow, S.S., Polaz, C.N.M., Reis, M.L., Sampaio, R., Souza, J.M., & de Tófoli, C.F. (2023). Social Participation in the Brazilian National Biodiversity Monitoring Program Leads to Multiple Socioenvironmental Outcomes. *Citizen Science: Theory and Practice*, *8*(1), 32. https://doi.org/10.5334/cstp.582

ECSA (European Citizen Science Association). (2015). *Ten Principles of Citizen Science*. http://doi.org/10.17605/OSF.IO/XPR2N

Eitzel, M., Cappadonna, J., Santos-Lang, C., Duerr, R., West, S.E., Virapongse, A., ... & Jiang, Q. (2017). Citizen science terminology matters: Exploring key terms. *Citizen science: Theory and practice*, 1–20. https://doi.org/10.5334/cstp.96

Ghilardi-Lopes, N.P. (2022). Ciência feita em parceria: conceito de ciência cidadã aposta em dimensão participativa do aprendizado, na sociedade e nas escolas. In *STEM Education Hub: educação científica nas escolas: conexões entre Brasil e Reino Unido,* (1. ed., pp. 8-15). British Council Brasil.

Ghilardi-Lopes, N.P., Gonzalez, J.D, Monteiro, G.B.,

Bezerra, J.A., Roque, D.R.R., Joucoski, E., Mendes, M., Brum, D.L., & Reis, R.A. (2024). Ciência cidadã para a promoção da educação científica em escolas: um relato de múltiplos casos. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, 1(2), 14–24.

Guerra, A.F.S., Matsuo, P.M., de Souza Faria, J., Esteves, C.F., Trajber, R., Olivato, D., & Pereira, R.D.S.D. (2023). Contribuições do Programa Cemaden Educação Frente aos Desafios da Emergência Climática e na Prevenção de Riscos de Desastres. *International Journal of Environmental Resilience Research and Science*, *5*(2). https://doi.org/10.48075/ijerrs.v5i2.32227

Haklay, M. (2023). Citizen science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. In D.Z. Sui, S. Elwood, & M.F. Goodchild. (Eds.). *Crowdsourcing geographic knowledge: Volunteered geographic information (VGI) in theory and practice* (pp. 105–122). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7

Haklay, M., Fraisl, D., Greshake Tzovaras, B., Hecker, S., Gold, M., Hager, G., ... & Vohland, K. (2021). Contours of citizen science: a vignette study. *Royal Society Open Science*, *8*(8), 202108. https://doi.org/10.1098/rsos.202108

Lacerda, J.V.A., Koffler, S., Gonzalez, J.D., Monteiro, G.B., Kawabe, L.A., Mendes, M., Bravo, P. & Ghilardi-Lopes, N.P. (2023). Many possibilities for students as citizen scientists: a supplement to Forti (2023). *Biodiversity*, *24*(4), 181–185. https://doi.org/10.1080/14888386.2023.2256712

Parra, H.Z.M. (2015). Ciência cidadã: Modos de participação e ativismo informacional. In S. Albagli, M.L. Maciel, & A.H. Abdo (Eds.), Ciência aberta, questões abertas (pp. 121–141). Ibict, Unirio. https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/1060/1/Ciencia%20aberta_questoes%20abertas_PORTUGUES_DIGITAL%20(5).pdf

Pettibone, L., Vohland, K., Bonn, A., Richter, A., Bauhus, W., Behrisch, B., ... & Ziegler, D. (2016). *Citizen science for all – a guide for citizen science practitioners*. Bürger Schaffen Wissen. https://www.mitforschen.org/sites/default/files/assets/dokumente/handreichunga5_engl_web.pdf

Pocock, M.J., Tweddle, J.C., Savage, J., Robinson, L.D., & Roy, H.E. (2017). The diversity and evolution of ecological and environmental citizen science. *PloS one*, *12*(4), e0172579. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172579

Pocock, M.J., Chandler, M., Bonney, R., Thornhill, I., Albin, A., August, T., Bachman, S. & Danielsen, F. (2018). A vision for global biodiversity monitoring with citizen science. *Advances in Ecological Research*, *59*, 169–223. https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2018.06.003

Queiroz-Souza, C., Viana, B., Ghilardi-Lopes, N., Kawabe, L., Alexandrino, E., França, J., Koffler, S., Saraiva, A.M., & Loula, A. (2023). Opportunities and Barriers for Citizen Science Growth in Brazil: Reflections from the First Workshop of the Brazilian Citizen Science Network. *Citizen Science: Theory and Practice, 8*(1), 13. https://doi.org/10.5334/cstp.521

Reyes-García, V., Tofighi-Niaki, A., Austin, B.J., Benyei, P., Danielsen, F., Fernández-Llamazares, Á., Sharma, A., Soleymani-Fard, R. & Tengö, M. (2022). Data sovereignty in community-based environmental monitoring: toward equitable environmental data governance. *BioScience*, *72*(8), 714–717. https://doi.org/10.1093/biosci/biac048

Shirk, J.L., Ballard, H.L., Wilderman, C.C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B.V., Krasny, M.E., & Bonney, R. (2012). Public participation in scientific research: a framework for deliberate design. *Ecology and society, 17*(2). http://dx.doi.org/10.5751/ES-04705-170229

Tweddle, J.C., Robinson, L.D., Pocock, M.J.O., & Roy, H.E. (2012). *Guide to citizen science: developing, implementing and evaluating citizen science to study biodiversity and the environment in the UK*. NERC/Centre for Ecology & Hydrology. https://www.ceh.ac.uk/sites/default/files/citizenscienceguide.pdf

Zamoner, M. (2021). *Ciência cidadã e biodiversidade*. Comfauna.

West, S.E., & Pateman, R.M. (2016). Recruiting and retaining participants in citizen science: What can be learned from the volunteering literature? *Citizen science: Theory and practice*, *1*(2), 15. https://doi.org/10.5334/cstp.8

ARTIGO CIENTÍFICO

Ciência cidadã em um bioma ameaçado: uma perspectiva para a Mata Atlântica brasileira

Lucas Rodriguez Forti[1,2], Ana Marta Pereira R. da S. Passetti[2], Talita Oliveira[3], Arthur Queiros, Maria Alice Dantas Ferreira Lopes[4], Jandson Lucas Camelo da Silva[5], Judit K. Szabo[6*]

[1] Departamento de Biociências, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, 59625-900

[2] Programa de Pós-Graduação em Ecologia: Teoria, Aplicações e Valores, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Jeremoabo, 668, Campus de Ondina, Salvador, Bahia, Brasil, 40170-115

[3] Graduação em Ecologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, 59625-900

[4] Graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, 59625-900

[5] Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, 59625-900

[6] College of Engineering, IT and Environment, Charles Darwin University, Casuarina, Northern Territory 0909, Australia

***Autor para correspondência:**
E-mail: judit.szabo@cdu.edu.au

Recebido: 18/09/2023
Aceito: 11/07/2024

Resumo

A ciência cidadã levou a pesquisa da biodiversidade para a era do *big data*, uma vez que dados sobre ocorrência de espécies compartilhados em plataformas *online* são uma fonte promissora de informações para estudos ecológicos em larga escala, como aqueles aplicados à biomas. Estudos em escalas espaciais mais amplas são fundamentais para a tomada de decisões. Desta forma, no presente trabalho avaliamos a contribuição dos usuários do iNaturalist para entender até que ponto a ciência cidadã está contribuindo para o conhecimento sobre a biodiversidade da Mata Atlântica brasileira. Fornecemos aqui uma análise quantitativa dos padrões temporais e espaciais no conjunto de dados do iNaturalist, incluindo uma ênfase particular em espécies globalmente ameaçadas e quase ameaçadas. Obtivemos um banco de dados bruto com 877.301 observações para o bioma até fevereiro de 2023. Os insetos representaram 49,7% das observações, enquanto os peixes de nadadeiras raiadas representaram apenas 0,2%. Encontramos lacunas espaciais principalmente no Corredor Central da Mata Atlântica (CCMA) e nas florestas do Alto Paraná. O conjunto de dados incluiu 15.048 espécies não marinhas com base em observações de "nível pesquisa", o que representou mais da metade das espécies estimadas para ocorrer na Mata Atlântica. Curvas de rarefação e mapas de riqueza de espécies mostraram amostragem insuficiente para a maioria dos táxons e baixa representatividade espacial das espécies. Uma maior representatividade de observações de áreas remotas e, em particular, de áreas protegidas mais distantes dos centros urbanos, poderiam contribuir bastante para redução das lacunas espaciais no banco de dados. Apesar dessas deficiências, a ciência cidadã conseguiu uma contribuição espetacular e espera-se que no futuro se torne a principal fonte de dados de biodiversidade na Mata Atlântica e em outros biomas ameaçados.

Palavras-chave: Biodiversidade, dados coletados por voluntários, espécies ameaçadas, iNaturalist, pesquisa em larga escala, pesquisa participativa

Citizen science in a threatened biome: a perspective for the Brazilian Atlantic Forest

Abstract

Citizen science has enabled biodiversity research to enter the era of big data, as species occurrence data shared on online platforms become a valuable source of information for large-scale ecological studies, including those conducted at the biome level. Such broad-scale spatial assessments are pivotal for decision-making. Therefore, in the present work, we evaluate the contribution of iNaturalist users, and thereby the contribution of citizen science, to our knowledge of the biodiversity of the Brazilian Atlantic Forest. We quantitatively analyze temporal and spatial patterns in the iNaturalist dataset based on 877,301 observations from the biome until February 2023. Insects represented 49.7% of observations, while ray-finned fishes amounted to only 0.2%. Spatial gaps were predominant in the Central Biodiversity Corridor and in the western part of the biome. The dataset included "research grade" observations of 15,048 non-marine species, representing almost half of the species estimated to occur in the Atlantic Forest. Rarefaction curves and species richness maps indicated insufficient sampling for most taxa and low spatial representativeness of species. Through structured projects, groups of iNaturalist observers could collect more observations from remote areas, particularly in protected areas further from urban centers, to reduce spatial gaps in the dataset. Despite these shortfalls, citizen science has made a spectacular contribution and is expected to become the main source of biodiversity data from the Atlantic Forest, as well as other threatened biomes in the near future.

Keywords: Biodiversity, endangered species, iNaturalist, large-scale research, participatory research, volunteer-collected data

INTRODUÇÃO

A participação pública em levantamentos de espécies tem fornecido uma grande quantidade de dados (Bonney 2021). Essa abordagem, chamada de ciência cidadã, revolucionou a pesquisa sobre a biodiversidade e tem permitido avaliações de padrões ecológicos em larga escala (Devictor *et al.* 2010; Callaghan *et al.* 2021a). Embora a coleta de dados não padronizada resulte em conjuntos de dados contendo vieses espaciais, taxonômicos e temporais (Szabo *et al.* 2012), as observações coletadas pelos cidadãos aumentaram nosso conhecimento sobre a distribuição espaço-temporal das espécies (Dickinson *et al.* 2010; Bird *et al.* 2014). Atualmente, pelo menos 43% dos dados de ocorrência de espécies do Brasil que estão hospedados no *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) originaram-se de iniciativas de ciência cidadã, como eBird e iNaturalist (GBIF.org 2022). Em alguns países, a cobertura de espécies dessas plataformas está quase completa: quase 90% das espécies de aves existentes nos EUA, por exemplo, são representadas por pelo menos uma observação no iNaturalist (Di Cecco *et al.* 2021).

A maioria dos dados da ciência cidadã não apenas apoia a pesquisa em macroecologia, mas também fornece informações para entender as tendências populacionais (Dennis *et al.* 2017; Horns *et al.* 2018; Fink *et al.* 2020), o efeito do clima na distribuição, abundância e fenologia das espécies (Hurlbert e Liang 2012; Champion *et al.* 2018; Forti *et al.* 2022a) e pode

orientar a tomada de decisões em relação à conservação da biodiversidade (Tulloch *et al.* 2013; Kobori *et al.* 2016; Newman *et al.* 2017; Forti *et al.* 2022a). O engajamento de voluntários também facilita a compreensão do processo de produção de conhecimento pelo público, rompe barreiras acadêmicas e transforma positivamente os valores pessoais dos cidadãos em relação à natureza (Bonney *et al.* 2016; Owen e Parker 2018; Ghilardi-Lopes *et al.* 2024). Em escala nacional a ciência cidadã tem sido sugerida também como um mecanismo de combater o ceticismo e a desconfiança científica na sociedade (Forti e Szabo 2024).

Todos os produtos da ciência cidadã podem beneficiar biomas biodiversos e ameaçados como a Mata Atlântica, segunda maior floresta tropical da América do Sul, que se estende por toda a costa brasileira e engloba grandes centros populacionais humanos, como São Paulo e Rio de Janeiro (Marques *et al.* 2021). A Mata Atlântica é um complexo de fitofisionomias que inclui desde florestas perenifólias, caducifólias e semidecíduas até manguezais, dunas e campos de altitude (Ribeiro *et al.* 2011). Sua intrincada topografia se estende por uma grande faixa de elevações (0 a quase 3000 metros acima do nível do mar) com estratificação vertical complexa, contendo muitos substratos que criam microhabitats para uma biota diversa (Morellato e Haddad 2000; Ramalho 2004). Essas características resultam em centros de endemismo para múltiplos táxons e tornam esse bioma altamente rico em espécies (Silva e Casteleti 2003; Silva *et al.* 2004). Infelizmente, dada a sua grande extensão, muitas áreas ainda estão sub-representadas nos estudos ecológicos (Figueiredo *et al.* 2021).

Começando pela colonização portuguesa do Brasil, há mais de 500 anos, as pressões antrópicas chegaram a reduzir a extensão da vegetação nativa da Mata Atlântica para 7,6% de sua extensão original (Marques e Grelle 2021). Atualmente, graças a recentes iniciativas de restauração no bioma (i.e., https://pactomataatlantica.org.br/), a extensão da vegetação da Mata Atlântica pode ter chegado entre 16 e 22%, ainda que, de forma alarmante, esta cobertura seja representada por pequenas áreas fragmentadas (Ribeiro *et al.* 2009; Vancine *et al.* 2024) e as áreas protegidas representem apenas 2% da área original com vegetação nativa (Tabarelli *et al.* 2005). Embora as taxas de desmatamento do bioma, historicamente impulsionadas por plantios de cana-de-açúcar e café (Dean 1997), tenham diminuído, as mudanças climáticas e a fragmentação dos remanescentes florestais ainda representam uma grande ameaça à sua biodiversidade (Hirota e Ponzoni 2018; Lima *et al.* 2020).

O ritmo acelerado da perda de habitat tem causado uma demanda substancial para reduzir as deficiências de conhecimento em larga escala em relação à biota da Mata Atlântica (Figueiredo *et al.* 2021). A demanda por levantamentos de biodiversidade na Mata Atlântica, semelhante a outros *hotspots* globais, claramente excede a capacidade individual de cientistas profissionais, bem como está sujeita a restrições financeiras e logísticas. Além disso, cientistas profissionais trabalham principalmente em áreas públicas, deixando involuntariamente grandes lacunas de amostragem em terras privadas de difícil acesso (Callaghan *et al.* 2021a). Por outro lado, o esforço coletivo de cientistas cidadãos pode cobrir vários locais de amostragem ao mesmo tempo, inclusive englobando áreas com propriedades privadas (Tulloch *et al.* 2013; Callaghan *et al.* 2021a). Portanto, se pudermos superar as limitações impostas pela natureza dos dados não estruturados ou semiestruturados coletados pelos cidadãos, essas vantagens tornam a ciência cidadã uma abordagem mais econômica e espaço-temporalmente mais robusta do que métodos mais tradicionais de pesquisa (Callaghan *et al.* 2021a).

Considerando os múltiplos benefícios que a ciência cidadã trouxe em diferentes contextos e a necessidade de considerar amplas escalas espaciais para a conservação (Boyd *et al.* 2008), no presente trabalho tivemos a seguinte pergunta: Até que ponto a ciência cidadã pode contribuir para o conhecimento sobre a ocorrência e distribuição da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira? Para responder a esta questão central, avaliamos a contribuição de voluntários do iNaturalist (https://www.inaturalist.org/), uma plataforma de ciência cidadã fundamentada na contribuição de dados de ocorrência com base em uma mídia visual (fotografia) ou auditiva (áudio) dos organismos na natureza. O iNaturalist foi criado pela Academia de Ciências da Califórnia e pela National Geographic Society em 2008 (https://www.inaturalist.org/pages/about) e, recentemente, se tornou uma organização independente (https://www.inaturalist.org/blog/82010-spreading-our-wings-inaturalist-is-now-an-independent-nonprofit). Dentro dessa plataforma, a identificação do táxon presente na observação pode ser feita e validada tanto por especialistas como por usuários não profissionais que pertencem a comunidade. Além disso, há uma ferramenta de inteligência artificial que sugere identificações através da imagem contida na observação. Se as observações atingirem o nível "pesquisa", quando dois terços dos identificadores

concordam com a identidade do táxon, elas entram no repositório do *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF; https://www.gbif.org). Consequentemente, o iNaturalist é uma das principais fontes de dados sobre a ocorrência de espécies que alimentam o GBIF (Bonney 2021). Nós escolhemos analisar os dados do iNaturalist porque esta plataforma é considerada uma referência global de dados de biodiversidade baseados em atividades de voluntários (Mesaglio e Callaghan 2021), onde seus usuários podem postar observações com fotografias ou sons de qualquer grupo taxonômico e, praticamente, de qualquer lugar do planeta. No momento deste estudo, a plataforma dispunha de uma comunidade de 3.467.558 observadores e 327.825 identificadores. Um total de 430.741 espécies foram observadas através de 167.083.877 de observações brutas de ocorrência. Diante de nossos resultados e das lacunas taxonômicas e espaciais identificadas, discutimos o potencial da ciência cidadã e as perspectivas de contribuir com novas informações sobre a ocorrência e distribuição de espécies na Mata Atlântica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nós usamos os limites da Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006) com dados geográficos salvos em um arquivo KML (*Keyhole Markup Language*) para criar um projeto (https://www.inaturalist.org/projects/biodiversidade-geral-mata-atlantica) dentro da plataforma englobando o domínio do bioma. A partir deste projeto, todas observações realizadas dentro dos limites espaciais estabelecidos são automaticamente compiladas para dentro do projeto. Nós realizamos requisições formais de download via API (*Application Programming Interface*) do website para compilação dos dados completos na página do projeto dentro da plataforma. Removemos observações duplicadas com base na repetição de dados referentes as espécies, data das observações e localizações geográficas. Excluímos também observações de espécies marinhas e aquelas com localização geográfica sobre o mar usando a ferramenta de recorte no software QGIS 3.30 ‘s-Hertogenbosch (https://qgis.org/en/site/). Desta forma, o conjunto de dados ficou restrito, ao melhor de nosso conhecimento, para organismos terrestres e de água doce. Avaliamos as datas de observação diretamente no conjunto de dados usando as funções de classificação e ordenamento no software R versão 4.2.1 (R Core Development Team 2020). Para fornecer uma lista e contagem de espécies mais realistas, eliminamos as identificações somente de gênero e consideramos apenas as identificações em nível de espécie. Subespécies foram atribuídas às espécies parentais. Para essa lista, consideramos apenas as observações que estavam no “nível pesquisa”. Para as espécies em nosso conjunto de dados, obtivemos a classificação de ameaça da IUCN (IUCN 2022) usando o pacote *rredlist* (Gearty e Chamberlain 2020). Com base em coordenadas geográficas, classificamos cada observação por sua localização em relação a áreas públicas (IMAFLORA 2018), urbanas (IBGE 2019), e áreas protegidas, correspondentes às Unidades de Conservação de proteção integral e de uso sustentável (MMA 2019). Também calculamos a cobertura espacial anual de observações no iNaturalist entre 2011 e 2022 usando a ferramenta de forma côncava (*alfa shapes*) com um limite de 0,1, com o cálculo da área (em km^2) realizado na “calculadora de campo” do QGIS 3.30 ‘s-Hertogenbosch.

Toda a análise de dados foi realizada em R. As figuras foram preparadas usando o pacote *ggplot2* (Wickham 2016). Aplicamos a correlação de Spearman entre o número de observações e o número de observadores por ano usando a função *cor.test* para verificar a relação entre essas variáveis. Aplicamos um modelo de regressão linear também para testar o efeito do número de observadores sobre o logaritmo da cobertura espacial das observações por ano usando a função *lm*, tomando o número de observadores como variável explicativa e o logaritmo da cobertura espacial como a variável resposta. Para criar o mapa de calor da distribuição de observações, usamos uma estimativa de densidade com raio de 10 km, interpolada pelo método discreto, aplicando o modo de classificação de intervalos iguais no QGIS 3.30 ‘s-Hertogenbosch.

Usamos um teste de ajuste para a Lei de Benford com base na distribuição de dígitos dos dados de observações de espécies (abundância) para verificar a qualidade do conjunto de dados em relação à heterogeneidade da amostragem (Szabo *et al.* 2023). Esse tipo de verificação nos permite testar se a representatividade das espécies se assemelha à padrões naturais de abundância na natureza (Szabo *et al.* 2023). Para este teste, adotamos a função *benford* do pacote *benford.analysis* (Cinelli 2022), e usamos apenas espécies com mais de 100 observações para a checagem. Também testamos o ajuste dos dados ao modelo de distribuição gama-binomial, que é considerado o melhor modelo de distribuição de abundância de espécies para comunidades reais com muitas espécies raras (Ugland *et*

al. 2007). Usamos a função *fit_abundance* no pacote *gambin* para estimar parâmetros estatísticos e testar o ajuste usando o método de máxima verossimilhança (Matthews *et al.* 2014). Mais especificamente, para entender a representatividade da diversidade de espécies no conjunto de dados, calculamos curvas de rarefação para os dez grupos taxonômicos mais representativos usando a função *specaccum* do pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2020), definindo matrizes de comunidade com base em datas de observação a partir de observações de nível "pesquisa". Por fim, mapeamos a distribuição da riqueza de espécies para grupos taxonômicos adicionando os atributos das observações a células hexagonais (de 50 km de raio) e realizando a contagem de ocorrência das espécies no QGIS 3.30 's-Hertogenbosch.

RESULTADOS

Até 27 de fevereiro de 2023, o banco de dados do iNaturalist reuniu 877.301 observações que, após remoção de duplicatas, resultaram em um total de 775.631 registros. Deste conjunto de dados, 334.245 observações (cerca de 43,2%) estavam classificadas no nível "pesquisa" e englobavam 15.048 espécies não marinhas, com coordenadas e datas válidas na Mata Atlântica brasileira.

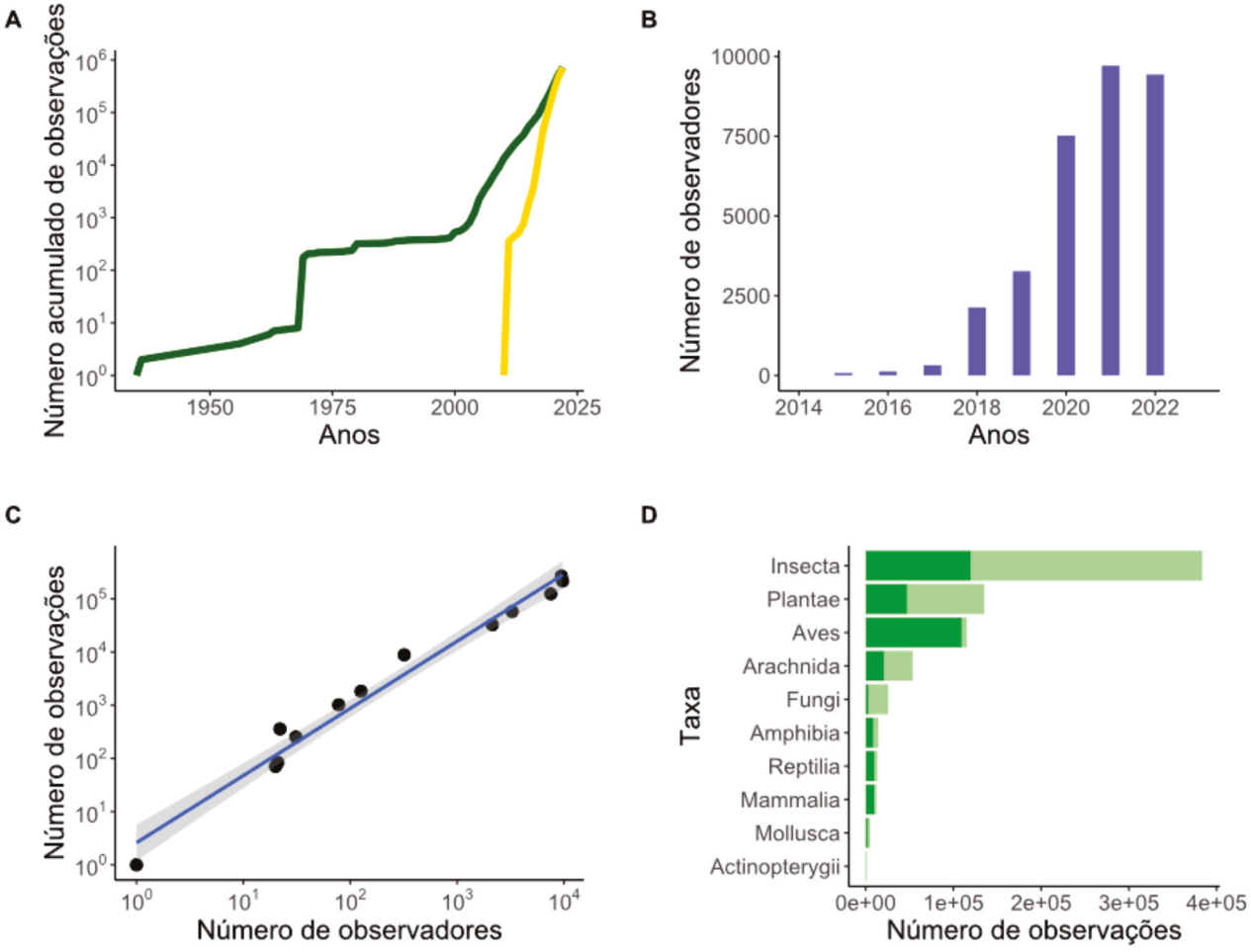


FIGURA 1: Características temporais e taxonômicas do conjunto de dados da Mata Atlântica na plataforma iNaturalist. (A) O acúmulo de observações em função da data da observação (linha verde) e da data do upload (linha amarela); (B) O número de observadores entre 2014-2022 apresentando observações; (C) Relação entre o número de observadores ativos e o número de observações por ano; e (D) A distribuição do número de observações entre os principais grupos taxonômicos registrados pelos usuários do iNaturalist. Verde escuro = observações em nível "pesquisa"; verde claro = observações de táxons não identificados (ou seja, observações em nível "casual" e "precisando de identificação").

Para todas as análises envolvendo contagem de espécies nós utilizamos apenas observações em nível "pesquisa", sendo que observações casuais e não identificadas foram removidas para esse fim. Não encontramos conformidade de distribuição de dígitos do número de observações por espécie em relação à distribuição teórica esperada pela Lei de Benford (Desvio absoluto médio (DAM) = 0.06352255; Fator de distorção: -35.70915; Teste do arco de Mantissa: L2 = 0.15473; df = 2; valor p < 2.2e-16; N = 869). Da mesma maneira, os dados não se encaixaram no modelo gama-binomial ($\alpha = 0.485$; $X^2 = 2317.345$; df = 16; p-valor = 0).

Identificamos 7.826 observações de 424 espécies ameaçadas e quase ameaçadas de extinção (Tabela S1), das quais 154 (i.e., a maioria) são vulneráveis, enquanto apenas quatro são consideradas extintas na natureza (todas plantas do gênero *Brugmansia* – *B. arborea, B. insignis, B. suaveolens* e *B. versicolor*). As espécies mais observadas entre ameaçadas e quase ameaçadas foram o pinheiro-do-paraná *Araucaria angustifolia* (criticamente em perigo), com 954 observações, o macaco-prego *Sapajus nigritus* (quase ameaçada), com 693 observações, e o bugio-ruivo *Alouatta guariba* (vulnerável), com 390 observações.

As observações tiveram uma ampla abrangência temporal, sendo a primeira do ano de 1935, com um aumento exponencial após 2010 (Figura 1A), ilustrando que, embora existam algumas observações históricas, os observadores só começaram a enviar dados da região de interesse na plataforma a partir de 2010. A comunidade de observadores que enviam observações da biodiversidade da Mata Atlântica também cresceu bastante (Figura 1B) e hoje conta com 26.474 colaboradores, com taxa de 0,73 observações por km^2. Encontramos uma forte correlação entre o número de observadores e o número de observações dentro da plataforma ($\rho = 0,99$; $p < 0,01$; $n = 13$; Figura 1C), no entanto, 20% dos observadores mais ativos na Mata Atlântica contribuíram com 93,8% das observações, ao passo que 43,8% da comunidade de observadores contribuiu com apenas uma única observação. Os dados de ocorrência das espécies na plataforma foram desiguais entre os diferentes grupos taxonômicos (Figura 1D).

Os insetos foram representados em quase me-

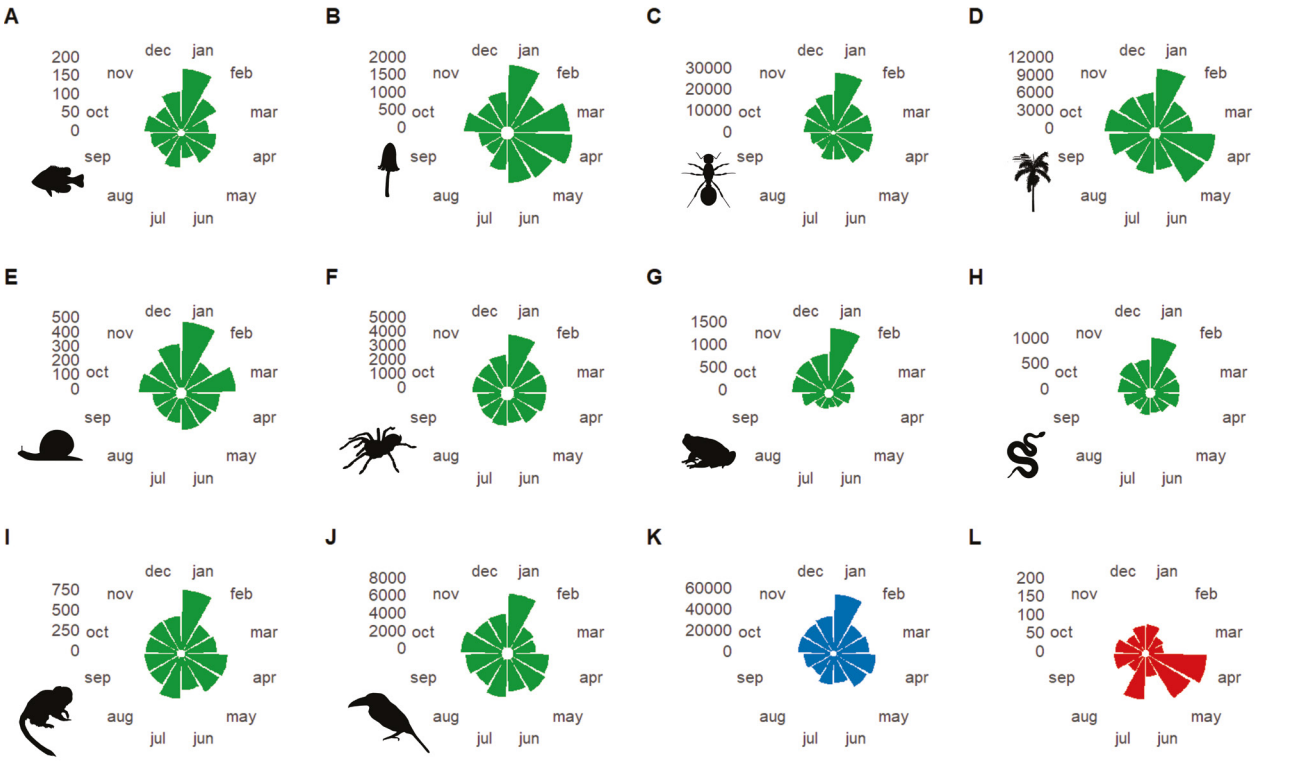


FIGURA 2: Distribuição mensal das observações entre os grupos taxonômicos. A = Actinopterygii; B = Fungos; C = Insecta; D = Plantae; G = Molusco; F = Aracnídeos; G = Anfíbios; H = Répteis; I = Mamíferos; J = Aves ; K = todas as observações juntas e L = espécies ameaçadas e quase ameaçadas.

tade dos registros (49,7%), enquanto os peixes foram particularmente sub-representados, com apenas 0,2% das observações. Aves tiveram a maior proporção de observações de nível "pesquisa" (94,5%), enquanto aranhas, insetos e fungos tiveram o maior número de observações não identificadas (60,5%, 68,8% e 87,5%, respectivamente). A distribuição mensal de observações no conjunto de dados completo foi maior entre os meses de outubro e fevereiro, enquanto espécies ameaçadas e quase ameaçadas foram mais observadas entre setembro e novembro, com pico em outubro (Figura 2). O mesmo padrão do conjunto de dados completo se repetiu entre alguns grupos, como Insecta, Mollusca, Fungi, Amphibia e Reptilia. Peixes foram mais observados em janeiro, fevereiro e outubro, enquanto mamíferos e aves tiveram mais observações entre os meses de julho e janeiro. Plantas foram observadas de forma regular ao longo do ano, porém os meses de julho e março foram menos representativos.

A cobertura espacial das observações aumentou significativamente com o número anual de observadores na plataforma ($r^2 = 0.7571$; $f = 31.18$; $p = 0.0002329$; n

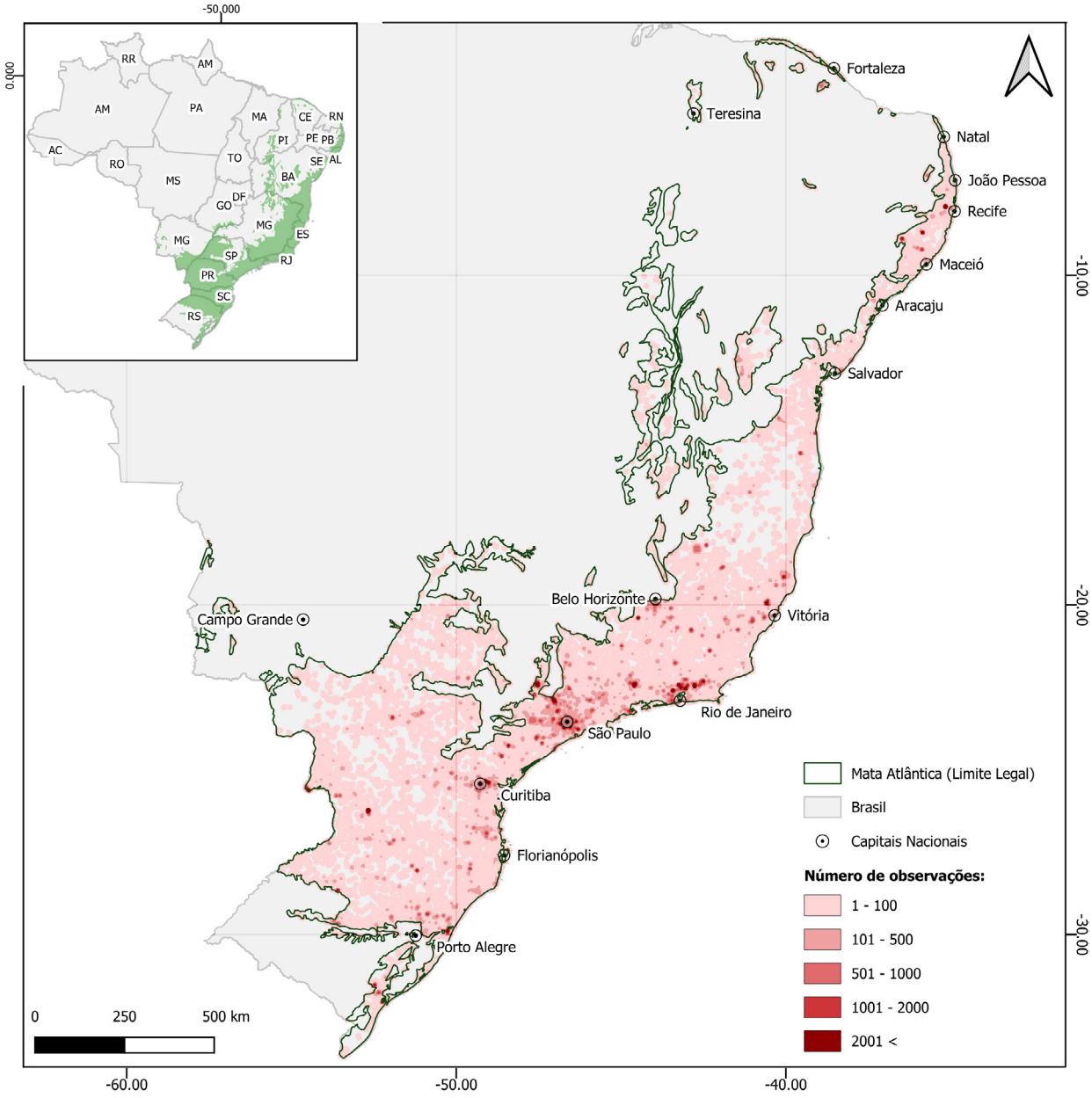


FIGURA 3: Mapa de calor baseado no número de observações no banco de dados do iNaturalist dentro dos limites territoriais da Mata Atlântica.

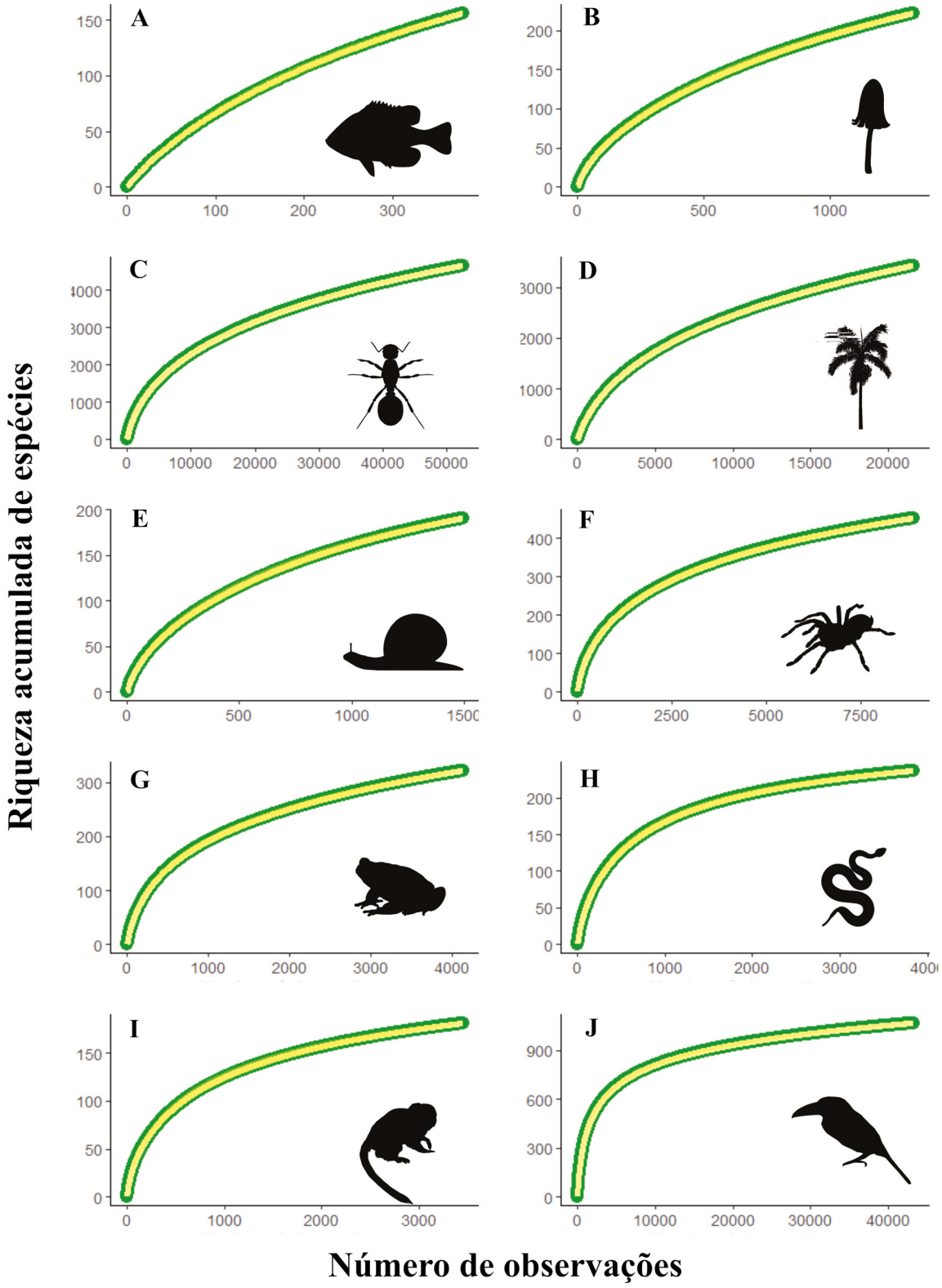


FIGURA 4: Curvas de rarefação baseadas em observações de nível "pesquisa" para 10 grupos taxonômicos representativos da Mata Atlântica no banco de dados iNaturalist: A = Actinopterygii; B = Fungi; C = Insecta; D = Plantae; G = Mollusca; F = Arachnida; G = Amphibia; H = Reptilia; I = Mammalia; J = Aves.

= 12). As capitais dos estados e seus arredores tiveram o maior número de observações (Figura 3), com as áreas urbanas concentrando 49,1% das observações. As áreas públicas somaram 24,8% das observações, sendo apenas uma pequena parte (aproximadamente, 0,2%) localizada em locais externos às Unidades de Conservação, como assentamentos rurais e terras indígenas. As lacunas espaciais mais significativas ocorreram na região do Corredor Central da Mata Atlântica, precisamente entre o norte do Espírito Santo e o sul da Bahia e as florestas do alto Paraná, no oeste do bioma (em torno da latitude 23° O e longitude 55° S).

Enquanto as curvas de rarefação para aves, répteis e mamíferos se aproximam de uma assíntota, sugerindo representatividade quase satisfatória na amostra, outros grupos (em particular peixes, fungos, moluscos, insetos e plantas) foram evidentemente subamostrados (Figura 4).

Os mapas de *hotspots* de diversidade mostraram que a riqueza de espécies foi distribuída espacialmente de forma desigual para todos os grupos taxonômicos (Figura 5). No geral, as regiões sudeste e sul do Brasil apresentaram uma maior cobertura de áreas ricas em espécies que o Nordeste.

DISCUSSÃO

Com base na estimativa de 22.000 espécies para a Mata Atlântica (Ribeiro *et al.* 2009), a plataforma do iNaturalist cobre mais de 68% dessa diversidade considerando apenas observações válidas em nível "pesquisa". Apesar do viés temporal (a maioria das observações ocorre entre outubro e janeiro) e das lacunas espaciais nos dados de ocorrência, o número crescente de observações e observadores nos fornece motivos para sermos otimistas em relação à cobertura das espécies e representatividade espacial no futuro. O grande investimento do tempo e esforço também valorizam o trabalho voluntário na busca de conhecimento sobre a distribuição da biodiversidade neste bioma megadiverso.

No geral, temos uma grande disparidade na contribuição de alguns grupos taxonômicos. Por exemplo, enquanto as aves e plantas recebem muitas observações, fungos normalmente são pouco representados. Esse padrão em plataformas de ciência cidadã também aparece em outras regiões do planeta (Tiago *et al.* 2017). A disparidade amostral entre grupos taxonômicos representa uma grande restrição para que os dados de

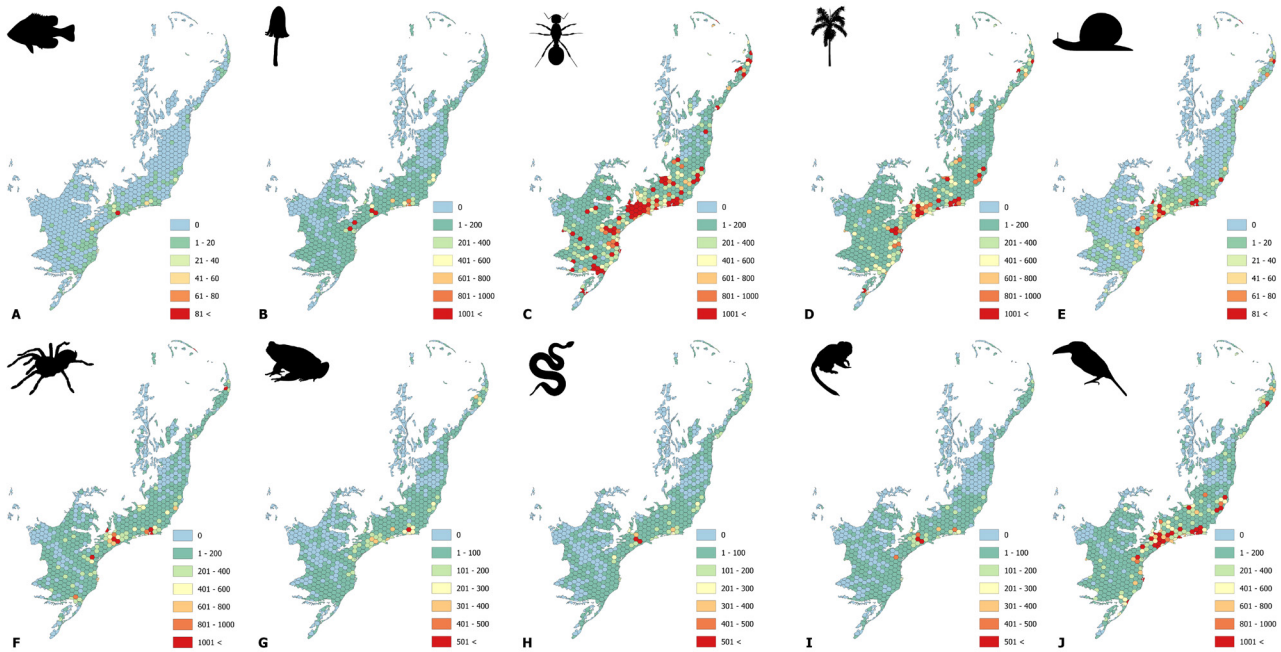


FIGURA 5: Distribuição espacial da riqueza de espécies entre grupos taxonômicos da Mata Atlântica com base em observações em nível "pesquisa" no banco de dados do iNaturalist. A = Actinopterygii; B = Fungi; C = Insecta; D = Plantae; G = Mollusca; F = Arachnida; G = Amphibia; H = Reptilia; I = Mammalia; J = Aves.

ciência cidadã possam ser úteis ao monitoramento de espécies de grupos menos representativos. Embora a grande maioria dos observadores na Mata Atlântica tenha contribuído com poucas observações, o que é um padrão comum em projetos de ciência cidadã (Wood *et al.* 2011; Cooper *et al.* 2017; Arazy e Malkinson 2021), o crescimento futuro do número de observadores provavelmente levará a uma maior cobertura espacial dos dados de ocorrência. Nosso modelo previu esse aumento na cobertura espacial em relação ao número de observadores e mostrou uma tendência crescente no número de observadores ao longo do tempo. Além disso, apesar da distribuição espacial da riqueza de espécies apresentar grandes lacunas e a distribuição de abundância das espécies não se ajustar ao esperado para distribuições reais (segundo o teste de Benford e o teste de ajuste para a distribuição gama-binomial), esses números demonstram a relevância da participação de cientistas cidadãos no bioma sob a perspectiva do Brasil e da América do Sul.

Potencialmente, o fator mais importante em relação ao elevado número de observações da Mata Atlântica no iNaturalist é o tamanho da população humana dentro do bioma. Atualmente, cerca de 70% da população brasileira reside dentro do domínio original da Mata Atlântica (Marques *et al.* 2021). O mapa de calor das observações indica que áreas remotas são pouco visitadas, enquanto áreas urbanas e próximas a rodovias estão melhor representadas no banco de dados. O número de observações por cientistas cidadãos é conhecido por ser afetado pela distância em relação aos centros urbanos (Tulloch e Szabo 2012; Geldmann *et al.* 2016). Esse viés espacial explica o padrão paradoxal de riqueza de espécies ser maior em áreas urbanas do que em áreas remotas e protegidas. Esse padrão é unânime entre os diferentes táxons e mostra a necessidade de incentivar cientistas cidadãos a expandir seus horizontes a fim de contribuir com observações de áreas mais remotas da Mata Atlântica, especialmente através de projetos organizados, buscando não gerar impactos enquanto se produz novos dados de ocorrência. Paralelamente, se reconhece a necessidade de promover a ciência cidadã dentro dos locais de baixa amostragem, mesmo que desafios para o acesso à internet tenham que ser enfrentados para o engajamento do público. Esse tipo de iniciativa tanto poderá fornecer novos dados, como poderá ajudar a ciência a se popularizar dentro de comunidades residentes em áreas de grande interesse para a conservação da biodiversidade.

Observações de espécies ameaçadas encontradas por observadores do iNaturalist na Mata Atlântica, como o Soldadinho-do-Araripe *Antilophia bokermanni* e a araucária *Araucaria angustifolia*, são essenciais para entender não apenas a distribuição, mas também as tendências sobre o tamanho de suas populações. Os registros de ocorrência podem ajudar a entender a flutuação das populações ao longo do tempo e nos informar sobre os limites de suas ocorrências. Informações sobre a ocorrência de espécies ameaçadas são extremamente valiosas para a tomada de decisões, como a priorização de espécies para ações de conservação (Nicholson e Possingham 2006; Drummond *et al.* 2010). O número de observações de espécies de aves endêmicas e ameaçadas na Mata Atlântica está proporcionalmente declinando em relação às observações de espécies de menor preocupação nas plataformas de ciência cidadã (Forti *et al.* 2024a). Esse padrão é uma evidência de declínio para as populações destas espécies, as quais podem estar reduzindo em densidade populacional, ou mesmo em suas abrangências geográficas, já que o número de observações de cientistas cidadãos tem sido positivamente correlacionado com esses parâmetros populacionais (Forti *et al.* 2024b). De qualquer maneira, campanhas de ciência cidadã estruturadas e guiadas por especialistas tendo o foco nesses táxons seriam bem-vindas para se obter mais segurança na predição de cenários futuros. Para essas campanhas de ciência cidadã em locais sensíveis e importantes para a conservação não aconselhamos o uso de um mecanismo do tipo *crowdsourcing*. O grupo de voluntários deve ser controlado por limites específicos de participantes e estarem sujeitos à um treinamento prévio para se evitar impactos secundários relacionados à atividade de busca (Goodwin 1996), embora recursos e boa vontade possam ajudar muito a elucidar a presença de espécies conspícuas e raras, tais como os anuros gigantes dos gêneros *Ceratophrys*, *Megaelosia* e *Phantasmarana,* que permanecem pouco conhecidos e sem evidências suficientes que possam informar sobre suas condições para conservação (Augusto-Alves *et al.* 2023).

A identificação de áreas de endemismo e alta riqueza de espécies também é fundamental para o planejamento de ações de conservação da biodiversidade (Myers *et al.* 2000). No entanto, nossos resultados mostram um grande atraso nas identificações de uma variedade de grupos, principalmente insetos e fungos, além de grandes erosões espaciais no mapa de distribuição da riqueza de espécies, que evidenciam o viés espacial na contribuição dos observadores. Sabe-se que as preferências particulares das pessoas têm um forte efeito no viés taxonômico, e alguns táxons sempre

requerem mais atenção para reduzir deficiências na identificação de espécies (Szabo *et al.* 2012; Troudet *et al.* 2017). Em geral, táxons bem representados são fáceis de fotografar, abundantes ou interessantes para os humanos (Di Cecco *et al.* 2021). Para alguns grupos, como os répteis e aves, o tamanho do corpo implica em mais alta representatividade de observações da espécie em bancos de dados (Callaghan *et al.* 2021b; Guedes *et al.* 2023). No entanto, as curvas de rarefação demonstram que, mesmo entre os grupos mais representativos da base de dados, a amostragem ainda é modesta. Esses resultados destacam o papel crucial dos especialistas na identificação das espécies na plataforma, que, juntamente com os observadores, têm um longo e desafiador caminho pela frente, considerando a grande extensão geográfica da Mata Atlântica. Uma possível solução para esse desafio é fomentar iniciativas para aumentar o número e a diversidade de taxonomistas ativos no iNaturalist, o que pode acontecer por meio da divulgação de pesquisas científicas sobre o assunto (Dance 2022), da organização de reuniões científicas para discutir possíveis usos da plataforma, ou mesmo do uso do iNaturalist como uma ferramenta didática para alunos de graduação e pós-graduação (Forti 2023). Convidar mais taxonomistas para o iNaturalist também pode ser facilitado por publicações que demonstrem o potencial da ciência cidadã - ou, particularmente, da plataforma do iNaturalist -, e o valor dos dados secundários na filogeografia (Fritz e Ihlow 2022; Liu *et al.* 2022), taxonomia (Polašek *et al.* 2022) e história natural (Lehtinen *et al.* 2020; Panter e Amar 2021). Imagens fotográficas de organismos permitem, em muitas ocasiões, acessar evidências comportamentais e morfológicas que têm aplicação em estudos sistemáticos e do comportamento animal (Winterton 2020; Forti *et al.* 2022a; Forti *et al.* 2022b; Forti e Szabo 2023). A pesquisa básica usando o iNaturalist está se tornando cada vez mais comum (Dance 2022) e, uma vez que sua aceitação tenha aumentado suficientemente entre os acadêmicos, esperamos que mais pessoas usem a plataforma ativamente. O aumento do público de especialistas na plataforma pode fortalecer o engajamento de voluntários, já que se reconhece a necessidade deste "feedback" como uma estratégia de retenção. Para se alcançar sucesso com a ciência cidadã, essa abordagem precisa ser vista como uma parceria entre cientistas profissionais e cidadãos, possibilitando benefícios mútuos.

Indo mais além, temos muitos motivos para sermos otimistas e acreditar que a ciência cidadã pode fornecer conhecimento sobre a biodiversidade da Mata Atlântica (ver também Viana *et al*. 2024). Isso ocorre porque sabemos que os voluntários de projetos de ciência cidadã já foram capazes de fornecer informações confiáveis e precisas em outras ocasiões (Crall *et al.* 2011; Kosmala *et al.* 2016), e contribuir com a ampliação do conhecimento sobre a distribuição geográfica de inúmeras espécies (Cutler e Parr 2020; Díaz-Calafat 2020), também fornecendo imagens de espécies vivas pela primeira vez (Mesaglio *et al.* 2021) e arquivando observações singulares de espécies muito raras (Wilson *et al.* 2020; Guariento e Franzini 2021). No Brasil, os dados de ciência cidadã já tem ajudado inclusive a melhorar o reconhecimento de espécies raras em comunidades biológicas (ver Forti *et al.* 2024c) e isso tem fortes implicações para o planejamento de ações de conservação.

Ao reconhecer o potencial da ciência cidadã, principalmente quando os pesquisadores estão com restrições para realizar trabalhos de campo, os especialistas terão um incentivo maior para navegar na plataforma, buscar dados para seus projetos e contribuir intuitivamente com identificações. É verdade que, para muitos grupos taxonômicos, imagens simples não são suficientes para fornecer evidências do reconhecimento de táxons (McMullin e Allen 2022). Alguns grupos, como liquens ou fungos, precisam de avaliações de caracteres microscópicos, ou mesmo de evidências moleculares para encontrar identificações precisas (McMullin e Allen 2022). Em alguns casos, por outro lado, presumimos que uma melhoria qualitativa das imagens fotográficas que são postadas na plataforma poderia melhorar as taxas de identificação das espécies contidas nas milhares de observações no iNaturalist. Nesse caso, cursos de extensão focados em fotografia de natureza (ou, pelo menos, orientações pertinentes a diferentes táxons) e vinculados à plataforma poderiam ser realizados em conjunto com movimentos de amostragem em massa da biodiversidade, como os eventos de Bioblitz. Essas iniciativas, que podem ser promovidas por instituições de ensino, são capazes de contribuir qualitativa e quantitativamente para aumentar o uso da plataforma e o ganho de dados.

Os eventos Bioblitz são conhecidos por aumentar o número de observações no iNaturalist em um curto espaço de tempo (Aristeidou *et al.* 2021; Stevenson *et al.* 2021). Eles também são muito bem-sucedidos como uma ferramenta de recrutamento para novos observadores (Meeus *et al.* 2023). Por exemplo, durante a Bioblitz da Escola de Aplicação da Universidade de São Paulo (https://www.inaturalist.org/projects/university-of-sao-paulo-natural-reserve--bioblitz-ngs-2019), 36 observadores adicionaram 957

observações de 257 espécies ao banco de dados da Mata Atlântica. Esses observadores (ou seja, alunos do ensino médio) pesquisaram as florestas do campus universitário na cidade de São Paulo em um único dia em 2019. Alguns membros desse projeto ainda estão ativos na plataforma, mostrando uma boa retenção de participantes a longo prazo.

Outra contribuição importante do banco de dados da Mata Atlântica no iNaturalist é que muitas das observações vêm de terras privadas, locais geralmente inacessíveis para a maioria dos cientistas profissionais (Callaghan *et al.* 2021a). Isso indica que a biota monitorada por cientistas cidadãos ocorre principalmente em locais que não seriam facilmente visitados de outra forma. Cientistas cidadãos são conhecidos por amostrar áreas e habitats diferentes dos cientistas profissionais, o que pode informar futuros esforços de pesquisa (Szabo *et al.* 2012; Tulloch *et al.* 2013). Cientistas profissionais também enfrentam mais dificuldades para acessar áreas privadas, porque demandam uma grande quantidade de autorizações específicas (Hilty e Merenlender 2003). O uso da ciência cidadã, portanto, permite ampliar consideravelmente o alcance da amostragem. Ainda mais importante, áreas públicas e privadas geralmente diferem em sua biota, o que também afeta fortemente a cobertura de espécies resultante em um banco de dados (Scott *et al.* 2001).

Nossos resultados demonstram a necessidade de encorajar cientistas cidadãos a registrar grupos sub-representados na Mata Atlântica, embora saibamos que iniciativas para realização de eventos de recrutamento muitas vezes demandam atuação de equipe multidisciplinar e recursos, muitas vezes, escassos. Os peixes, em particular, estão entre os vertebrados menos representados no banco de dados, apesar de sua importância econômica e recreativa (Russ e Williams 1994; Close *et al.* 2006). Embora pouco representados também na escala sul-americana (Forti *et al.* 2024d), alguns projetos usando plataformas específicas, como o Ictio (https://ictio.org/), estão produzindo em abundância dados em algumas regiões, como na Amazônia. Ainda que o público em geral se depare com organismos terrestres com mais facilidade e que os peixes possam ser difíceis de observar, essa sub-representação também pode resultar da demanda por ocasiões mais específicas de registro, como atividades recreativas em corpos d'água ou visitas a comunidades tradicionais de pescadores.

Por fim, nossos resultados mostram que, embora ainda seja necessário ampliar amostragens para reduzir e os déficits Wallaceanos, a ciência cidadã tem sido um dos principais impulsionadores da geração de dados sobre a ocorrência de espécies na Mata Atlântica e se apresenta como a principal fonte futura de dados sobre a biodiversidade em biomas ameaçados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos milhares de voluntários da plataforma iNaturalist pela sua contribuição.

REFERÊNCIAS

Arazy, O., & Malkinson, D. (2021). A framework of observer-based biases in citizen science biodiversity monitoring: Semi-structuring unstructured biodiversity monitoring protocols. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *9*. https://doi.org/10.3389/fevo.2021.693602

Aristeidou, M., Herodotou, C., Ballard, H.L., Young, A.N., Miller, A.E., Higgins, L., & Johnson, R.F. (2021). Exploring the participation of young citizen scientists in scientific research: The case of iNaturalist. *PLoS ONE*, *16*(1), e0245682. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245682

Augusto-Alves, G., das Neves-da-Silva, D., Checchinato, J., Maria Paulino Telles de Carvalho-e-Silva, A., & Felipe Toledo, L. (2023). Giant and phantom rogs in the Atlantic Forest: Historical distribution and conservation implications. *Journal for Nature Conservation*, *75*, 126460. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126460

Bird, T.J., Bates, A.E., Lefcheck, J.S., Hill, N.A., Thomson, R.J., Edgar, G.J., Stuart-Smith, R. D., Wotherspoon, S., Krkosek, M., Stuart-Smith, J.F., Pecl, G.T., Barrett, N., & Frusher, S. (2014). Statistical solutions for error and bias in global citizen science datasets. *Biological Conservation*, *173*, 144–154. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.07.037

Bonney, R. (2021). Expanding the impact of citizen science. *BioScience*, *71*(5), 448–451. https://doi.org/10.1093/biosci/biab041

Bonney, R., Phillips, T.B., Ballard, H.L., & Enck, J.W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, *25*(1), 2–16. https://doi.org/10.1177/0963662515607406

Boyd, C., Brooks, T.M., Butchart, S.H.M., Edgar,

G.J., da Fonseca, G.A.B., Hawkins, F., Hoffmann, M., Sechrest, W., Stuart, S.N., & Van Dijk, P.P. (2008). Spatial scale and the conservation of threatened species. *Conservation Letters*, *1*(1), 37–43. https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2008.00002.x

Callaghan, C.T., Poore, A.G.B., Mesaglio, T., Moles, A.T., Nakagawa, S., Roberts, C., Rowley, J.J.L., VergÉs, A., Wilshire, J.H., & Cornwell, W.K. (2021a). Three frontiers for the future of biodiversity research using citizen science data. *BioScience*, *71*(1), 55–63. https://doi.org/10.1093/biosci/biaa131

Callaghan, C.T., Poore, A.G.B., Hofmann, M., Roberts, C.J., & Pereira, H.M. (2021b). Large-bodied birds are over-represented in unstructured citizen science data. *Scientific Reports*, *11*(1), 19073. https://doi.org/10.1038/s41598-021-98584-7

Champion, C., Hobday, A.J., Tracey, S.R., & Pecl, G.T. (2018). Rapid shifts in distribution and high-latitude persistence of oceanographic habitat revealed using citizen science data from a climate change hotspot. *Global Change Biology*, *24*(11), 5440–5453. https://doi.org/10.1111/gcb.14398

Cinelli, C. (2022). *Benford Analysis for Data Validation and Forensic Analytics. R package version 0.1.5.* https://www.rdocumentation.org/packages/benford.analysis/versions/0.1.5

Close, C., Cheung, W.W.L., Hodgson, S., Lam, V., Watson, R., & Pauly, D. (2006). Distribution ranges of commercial fishes and invertebrates. In Fisheries Centre Research Report, 14. *Fishes in Database and Ecosystems* (pp. 27-37). Fisheries Centre, University British Columbia.

Cooper, C.B., Larson, L.R., Krafte Holland, K., Gibson, R.A., Farnham, D.J., Hsueh, D.Y., Culligan, P.J., & McGillis, W.R. (2017). Contrasting the views and actions of data collectors and data consumers in a volunteer water quality monitoring project: Implications for project design and management. *Citizen Science: Theory and Practice*, *2*(1), 8. https://doi.org/10.5334/cstp.82

Crall, A.W., Newman, G.J., Stohlgren, T.J., Holfelder, K.A., Graham, J., & Waller, D.M. (2011). Assessing citizen science data quality: an invasive species case study. *Conservation Letters*, *4*(6), 433–442. https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2011.00196.x

Cutler, B., & Parr, M. (2020). First records of *Icius subinermis* (Araneae: Salticidae) in North America, with notes on the local establishment of this species and its behavior in captivity. *Peckhamia*, *226*(1).

Dance, A. (2022). Community science draws on the power of the crowd. *Nature*, *609*(7927), 641–643. https://doi.org/10.1038/d41586-022-02921-3

Dean, W. (1997). *With Broadax and Firebrand: The Destruction of the Brazilian Atlantic Forest.* University of California Press.

Dennis, E.B., Morgan, B.J.T., Brereton, T.M., Roy, D.B., & Fox, R. (2017). Using citizen science butterfly counts to predict species population trends. *Conservation Biology*, *31*(6), 1350–1361. https://doi.org/10.1111/cobi.12956

Devictor, V., Whittaker, R.J., & Beltrame, C. (2010). Beyond scarcity: citizen science programmes as useful tools for conservation biogeography. *Diversity and Distributions*, *16*(3), 354–362. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2009.00615.x

Di Cecco, G.J., Barve, V., Belitz, M.W., Stucky, B.J., Guralnick, R.P., & Hurlbert, A.H. (2021). Observing the observers: How participants contribute data to iNaturalist and implications for biodiversity science. *BioScience*, *71*(11), 1179–1188. https://doi.org/10.1093/biosci/biab093

Díaz-Calafat, J. (2020). First record of *Sceliphron caementarium* (Drury, 1773) (Hymenoptera: Sphecidae) in the Balearic Islands, with an identification key to the archipelago's species of the genus Sceliphron Klug, 1801. *Ecosistemas*, *29*(1), 1939. https://doi.org/10.7818/ECOS.1939

Dickinson, J.L., Zuckerberg, B., & Bonter, D.N. (2010). Citizen science as an ecological research tool: Challenges and benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *41*(1), 149–172. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636

Drummond, S.P., Wilson, K.A., Meijaard, E., Watts, M., Dennis, R., Christy, L., & Possingham, H.P. (2010). Influence of a threatened-species focus on conservation planning. *Conservation Biology*, *24*(2), 441–449. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01346.x

Figueiredo, M. de S.L., Weber, M.M., Brasileiro, C.A., Cerqueira, R., Grelle, C.E.V., Jenkins, C.N., Solidade, C.V., Thomé, M.T.C., Vale, M.M., & Lorini, M.L. (2021). Tetrapod diversity in the Atlantic Forest: Maps and gaps. In M.C.M. Marques, & C.E.V. Grelle (Eds.), *The Atlantic Forest* (pp. 185-294). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_9

Fink, D., Auer, T., Johnston, A., Ruiz-Gutierrez, V., Hochachka, W.M., & Kelling, S. (2020). Modeling avian full annual cycle distribution and population trends with citizen science data. *Ecological Applications*, *30*(3), e02056. https://doi.org/10.1002/eap.2056

Forti, L.R., Hepp, F., de Souza, J.M., Protazio, A., & Szabo, J.K. (2022a). Climate drives anuran breeding phenology in a continental perspective as revealed by citizen-collected data. *Diversity and Distributions*, *28*(10), 2094–2109. https://doi.org/10.1111/ddi.13610

Forti, L.R., Pontes, M.R., Augusto-Alves, G., Martins, A., Hepp, F., & Szabo, J.K. (2022b). Data collected by citizen scientists reveal the role of climate and phylogeny on the frequency of shelter types used by frogs across the Americas. *Zoology*, *155*, 126052. https://doi.org/10.1016/j.zool.2022.126052

Forti, L.R. (2023). Students as citizen scientists: project-based learning through the iNaturalist platform could provide useful biodiversity data. *Biodiversity*, *24*(1–2). https://doi.org/10.1080/14888386.2023.2174595

Forti, L.R., & Szabo, J.K. (2023). The iNaturalist platform as a source of data to study amphibians in Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, *95*(1), e20220828. https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220828

Forti, L.R., Passetti, A., Oliveira, T., Lima, J., Queiros, A., Lopes, M.A.D.F., & Szabo, J.K. (2024a). Declining representation of imperiled Atlantic Forest birds in community-science datasets. *Perspectives in Ecology and Conservation*. https://doi.org/10.1016/j.pecon.2024.02.001

Forti, L.R., Passetti, A., Monielly, T., Lima, J., Luan, A., Dantas Ferreira Lopes, M.A. & Szabo, J.K. (2024b) Global threat status, rarity and species distribution affect prevalence of Atlantic Forest endemic birds in citizen-collected datasets. *Cambridge Prisms: Extinction*. Early online

Forti, L.R., da Silva, J.L.C., Ferreira, E.A., & Szabo, J.K. (2024c). The implications of estimating rarity in Brazilian reptiles from GBIF data based on contributions from citizen science *versus* research institutions. *Integrative Conservation, 3*, 112-126. https://doi.org/10.1002/inc3.53

Forti, L.R., Novaes, J.L.C., Wachlevski, M., Costa, R.S. da, Silva, J.L.C. da, Lima, J., Alves, A. M., Fernandes, L.B.T., & Szabo, J.K. (2024d). Fishing and recording dead fish by citizen scientists contribute valuable data on south American ray-finned fish diversity. *Biodiversity and Conservation*, *33*(6–7), 2211–2229. https://doi.org/10.1007/s10531-024-02857-2

Forti, L.R., & Szabo, J.K. (2024) Public collaboration to improve the future for science in Brazil. *Environmental Science and Policy*. Early online

Fritz, U., & Ihlow, F. (2022). Citizen Science, taxonomy and grass snakes: iNaturalist helps to clarify variation of coloration and pattern in *Natrix natrix* subspecies. Vertebrate *Zoology*, *72*, 533–549. https://doi.org/10.3897/vz.72.e87426

GBIF - Global Biodiversity Information Facility (2022). *What Is GBIF?* https://www.gbif.org/what-is-gbif

Gearty, W., & Chamberlain, S. (2020). *rredlist: "IUCN" Red List Client*. R package version 0.7.0. https://CRAN.R-project.org/package=rredlist

Geldmann, J., Heilmann-Clausen, J., Holm, T.E., Levinsky, I., Markussen, B., Olsen, K., Rahbek, C., & Tøttrup, A.P. (2016). What determines spatial bias in citizen science? Exploring four recording schemes with different proficiency requirements. *Diversity and Distributions*, *22*(11), 1139–1149. https://doi.org/10.1111/ddi.12477

Ghilardi-Lopes, N. P., Gonzalez, J. D, Monteiro, G. B., Bezerra, J. A., Roque, D. R. R., Joucoski, E., Mendes, M., Brum, D. L., & Reis, R. A. (2024). Ciência cidadã para a promoção da educação científica em escolas: um relato de múltiplos casos. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA), 1*(2), 14-24.

Goodwin, H. (1996). In pursuit of ecotourism. *Biodiversity and Conservation*, *5*(3), 277–291. https://doi.org/10.1007/bf00051774

Guariento, E., & Franzini, G. (2021). *Attalus minimus* (Insecta, Melyridae) recently rediscovered in South Tyrol after 109 years. *Gredleriana*, 21, 169–171. https://doi.org/10.5281/zenodo.5526633

Guedes, J.J.M., Moura, M.R., & Alexandre F. Diniz-Filho, J. (2023). Species out of sight: elucidating the determinants of research effort in global reptiles. *Ecography*, *2023*(3), e06491. https://doi.org/10.1111/ecog.06491

Hilty, J., & Merenlender, A.M. (2003). Studying biodiversity on private lands. *Conservation Biology*, *17*(1), 132–137. https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01361.x

Hirota, M.M., & Ponzoni, F.J. (2018). *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2016-2017 - Relatório Técnico.* SOS MATA ATLÂNTICA. http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/Atlas_Mata_Atlantica_2016-2017_relatorio_tecnico_2018_final.pdf

Horns, J.J., Adler, F.R., & Şekercioğlu, Ç.H. (2018). Using opportunistic citizen science data to estimate avian population trends. *Biological Conservation*, *221*, 151–159. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.027

Hurlbert, A.H., & Liang, Z. (2012). Spatiotemporal variation in avian migration phenology: Citizen science reveals effects of climate change. *PLoS ONE*, *7*(2), e31662. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031662

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). *Áreas urbanizadas do Brasil* (arquivo vetorial). https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=acesso-ao-produto

IMAFLORA. (2018). *A geografia da agropecuária brasileira* (arquivo vetorial). https://atlasagropecuario.imaflora.org/downloads

IUCN - International Union for Conservation of Nature (2022). *Red List.* http://www.Iucnredlist.Org/. http://www.iucnredlist.org/

Kobori, H., Dickinson, J.L., Washitani, I., Sakurai, R., Amano, T., Komatsu, N., Kitamura, W., Takagawa, S., Koyama, K., Ogawara, T., & Miller-Rushing, A.J. (2016). Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research*, *31*(1), 1–19. https://doi.org/10.1007/s11284-015-1314-y

Kosmala, M., Wiggins, A., Swanson, A., & Simmons, B. (2016). Assessing data quality in citizen science. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *14*(10), 551–560. https://doi.org/10.1002/fee.1436

Lehtinen, R.M., Carlson, B.M., Hamm, A.R., Riley, A.G., Mullin, M.M., & Gray, W.J. (2020). Dispatches from the neighborhood watch: Using citizen science and field survey data to document color morph frequency in space and time. *Ecology and Evolution*, *10*(3), 1526–1538. https://doi.org/10.1002/ece3.6006

Lima, R.A.F. de, Oliveira, A.A., Pitta, G.R., de Gasper, A.L., Vibrans, A.C., Chave, J., ter Steege, H., & Prado, P. I. (2020). The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Nature Communications*, *11*(1), 6347. https://doi.org/10.1038/s41467-020-20217-w

Liu, W., Smith, D.A.S., Raina, G., Stanforth, R., Ng Iru, I., Ireri, P., Martins, D.J., Gordon, I.J., & Martin, S.H. (2022). Global biogeography of warning coloration in the butterfly *Danaus chrysippus*. *Biology Letters*, *18*(6), 20210639. https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0639

Marques, M.C.M., & Grelle, C.E.V. (2021). *The Atlantic Forest: History, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse forest*. Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7

Marques, M.C.M., Trindade, W., Bohn, A., & Grelle, C.E.V. (2021). The Atlantic Forest: An introduction to the megadiverse forest of South America. In M.C.M. Marques, & C.E.V. Grelle (Eds.), *The Atlantic Forest* (pp. 3-23). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_1

Matthews, T.J., Borregaard, M.K., Ugland, K.I., Borges, P.A.V., Rigal, F., Cardoso, P., & Whittaker, R.J. (2014). The gambin model provides a superior fit to species abundance distributions with a single free parameter: Evidence, implementation and interpretation. *Ecography*, *37*(10), 1002–1011. https://doi.org/10.1111/ecog.00861

McMullin, R.T., & Allen, J.L. (2022). An assessment of data accuracy and best practice recommendations

for observations of lichens and other taxonomically difficult taxa on iNaturalist. *Botany*, *100*(6), 491–497. https://doi.org/10.1139/cjb-2021-0160

Meeus, S., Silva-Rocha, I., Adriaens, T., Brown, P.M.J., Chartosia, N., Claramunt-López, B., Martinou, A.F., Pocock, M.J.O., Preda, C., Roy, H.E., Tricarico, E., & Groom, Q.J. (2023). More than a Bit of Fun: The Multiple Outcomes of a Bioblitz. *BioScience*, *73*(3), 168–181. https://doi.org/10.1093/biosci/biac100

Mesaglio, T., & Callaghan, C.T. (2021). An overview of the history, current contributions and future outlook of iNaturalist in Australia. *Wildlife Research*, *48*(4), 289–303. https://doi.org/10.1071/WR20154

Mesaglio, T., Soh, A., Kurniawidjaja, S., & Sexton, C. (2021). 'First Known Photographs of Living Specimens': the power of iNaturalist for recording rare tropical butterflies. *Journal of Insect Conservation*, *25*(5–6), 905–911. https://doi.org/10.1007/s10841-021-00350-7

MMA - Ministério do Meio Ambiente (2019). *Cadastro Nacional de UC'S* (arquivo vetorial). http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm

Morellato, L.P.C., & Haddad, C.F.B. (2000). Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, *32*(SPEC. ISS.), 786–792. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00618.x

Myers, N., Mittermeler, R.A., Mittermeler, C.G., da Fonseca, G.A.B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, *403*(6772), 853–858. https://doi.org/10.1038/35002501

Newman, G., Chandler, M., Clyde, M., McGreavy, B., Haklay, M., Ballard, H., Gray, S., Scarpino, R., Hauptfeld, R., Mellor, D., & Gallo, J. (2017). Leveraging the power of place in citizen science for effective conservation decision making. *Biological Conservation*, *208*, 55–64. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.019

Nicholson, E., & Possingham, H.P. (2006). Objectives for multiple-species conservation planning. *Conservation Biology*, *20*(3), 871–881. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00369.x

Oksanen, J., Legendre, P., O'Hara, B., Stevens, M.H.H., Oksanen, M.J., & Suggests, M. (2020). *Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7*. Community Ecology Package, 10(10). https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf

Owen, R.P., & Parker, A.J. (2018). *Citizen Science*. UCL Press. https://doi.org/10.14324/111.9781787352339

Panter, C.T., & Amar, A. (2021). Sex and age differences in the diet of the Eurasian Sparrowhawk (*Accipiter nisus*) using web-sourced photographs: exploring the feasibility of a new citizen science approach. *Ibis*, *163*(3), 928–947. https://doi.org/10.1111/ibi.12918

Polašek, O., Bellingan, T., & van Noort, S. (2022). A new species of paper wasp from the genus *Ropalidia* Guérin-Méneville from South Africa (Hymenoptera, Vespidae). *Journal of Hymenoptera Research*, *90*, 213–222. https://doi.org/10.3897/jhr.90.81581

R Core Development Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing. In R Foundation for Statistical Computing*. http://www.R-project.org/

Ramalho, M. (2004). Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. *Acta Botanica Brasilica*, *18*(1), 37–47. https://doi.org/10.1590/s0102-33062004000100005

Ribeiro, M. C., Martensen, A.C., Metzger, J.P., Tabarelli, M., Scarano, F., & Fortin, M.-J. (2011). The Brazilian Atlantic Forest: A shrinking biodiversity hotspot. In F. Zachos, & J. Habel (Eds.), *Biodiversity Hotspots* (pp. 405-434). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20992-5_21

Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J., & Hirota, M.M. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, *142*(6), 1141–1153. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021

Russ, G.R., & Williams, D.McB. (1994). Review of data on fishes of commercial and recreational fishing interest in the Great Barrier Reef. *Research Publication*, 1(33).

Scott, J.M., Davis, F.W., McGhie, R.G., Wright, R.G., Groves, C., & Estes, J. (2001). Nature reserves: Do they capture the full range of America's biological diversity? *Ecological Applications*, *11*(4), 999–1007.

https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[0999:NRDTCT]2.0.CO;2

Silva, J.M.C. da, & Casteleti, C.H.M. (2003). Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. In C. Galindo-Leal, & I.G. Camara (Eds.), *The Atlantic Forest of South America*: biodiversity status, threats, and outlook. Island Press.

Silva, J.M.C. da, Sousa, M.C. de, & Castelletti, C.H.M. (2004). Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. *Global Ecology and Biogeography*, *13*(1), 85–92. https://doi.org/10.1111/j.1466-882X.2004.00077.x

Stevenson, R., Merrill, C., & Burn, P. (2021). Useful biodiversity data were obtained by novice observers using iNaturalist during college orientation retreats. *Citizen Science: Theory and Practice*, *6*(1), 27. https://doi.org/10.5334/cstp.407

Szabo, J.K., Forti, L.R., & Callaghan, C.T. (2023). Large biodiversity datasets conform to Benford's law: Implications for assessing sampling heterogeneity. *Biological Conservation*, *280*, 109982. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.109982

Szabo, J.K., Fuller, R.A., & Possingham, H.P. (2012). A comparison of estimates of relative abundance from a weakly structured mass-participation bird atlas survey and a robustly designed monitoring scheme. *Ibis*, *154*(3), 468–479. https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2012.01229.x

Tabarelli, M., Pinto, L.P., Silva, J.M.C., Hirota, M.M., & Bedê, L.C. (2005). Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, *1*, 132–138.

Tiago, P., Ceia-Hasse, A., Marques, T.A., Capinha, C., & Pereira, H.M. (2017). Spatial distribution of citizen science casuistic observations for different taxonomic groups. *Scientific Reports*, *7*(1), 12832. https://doi.org/10.1038/s41598-017-13130-8

Troudet, J., Grandcolas, P., Blin, A., Vignes-Lebbe, R., & Legendre, F. (2017). Taxonomic bias in biodiversity data and societal preferences. *Scientific Reports*, *7*(1), 9132. https://doi.org/10.1038/s41598-017-09084-6

Tulloch, A.I.T., Possingham, H.P., Joseph, L.N., Szabo, J., & Martin, T.G. (2013). Realising the full potential of citizen science monitoring programs. *Biological Conservation*, *165*, 128–138. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.05.025

Tulloch, A.I.T., & Szabo, J.K. (2012). A behavioural ecology approach to understand volunteer surveying for citizen science datasets. *Emu - Austral Ornithology*, *112*(4), 313–325. https://doi.org/10.1071/MU12009

Ugland, K.I., Lambshead, P.J.D., McGill, B., Gray, J.S., O'Dea, N., Ladle, R.J., & Whittaker, R. J. (2007). Modelling dimensionality in species abundance distributions: Description and evaluation of the Gambin model. *Evolutionary Ecology Research*, *9*(2), 313–324.

Vancine, M.H., Muylaert, R.L., Niebuhr, B.B., Oshima, J.E. de F., Tonetti, V., Bernardo, R., De Angelo, C., Rosa, M.R., Grohmann, C.H., & Ribeiro, M.C. (2024). The Atlantic Forest of South America: Spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. *Biological Conservation*, *291*, 110499. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110499

Viana, B.F., Barreto-Lima, A.F., Oliveira da Silva, F., França, J.S., Lacerda, J.V.A., Szabo, J., Koffler, S., & Dantas, T.B. (2024). Potencial da Ciência Cidadã para mapeamento, monitoramento e conservação da biodiversidade na Mata Atlântica. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 73-86.

Wickham, H. (2016). *Ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag.

Wilson, J.S., Pan, A.D., General, D.E.M., & Koch, J.B. (2020). More eyes on the prize: an observation of a very rare, threatened species of Philippine Bumble bee, *Bombus irisanensis*, on iNaturalist and the importance of citizen science in conservation biology. *Journal of Insect Conservation*, *24*(4). https://doi.org/10.1007/s10841-020-00233-3

Winterton, S.L. (2020). A new bee-mimicking stiletto fly (Therevidae) from China discovered on iNaturalist. *Zootaxa*, *4816*(3). https://doi.org/10.11646/zootaxa.4816.3.6

Wood, C., Sullivan, B., Iliff, M., Fink, D., & Kelling, S. (2011). eBird: Engaging Birders in Science and Conservation. *PLoS Biology*, *9*(12), e1001220. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001220

MATERIAL SUPLEMENTAR: **Tabela S1** – Lista de espécies ameaçadas e seus respectivos números de observações na plataforma do iNaturalist

Ciência cidadã em um bioma ameaçado: uma perspectiva para a Mata Atlântica brasileira

Lucas Rodriguez Forti, Ana Marta Pereira R. da S. Passetti, Talita Oliveira, Arthur Queiros, Maria Alice Dantas Ferreira Lopes, Jandson Lucas Camelo da Silva, Judit K. Szabo

Espécies	Número de observações
Abarema filamentosa	3
Acanthochelys radiolata	10
Acanthochelys spixii	10
Accipiter poliogaster	11
Acrobatornis fonsecai	3
Adelophryne baturitensis	1
Adonidia merrillii	4
Agamia agami	1
Alatococcus siqueirae	3
Alectrurus risora	1
Alectrurus tricolor	2
Alipiopsitta xanthops	7
Allobates olfersioides	2
Alouatta belzebul	12
Alouatta caraya	23
Alouatta guariba	390
Alouatta ululata	1
Amanita viscidolutea	4
Amazona aestiva	184
Amazona brasiliensis	19
Amazona pretrei	13
Amazona rhodocorytha	30
Amazona vinacea	83
Amburana cearensis	5
Ameivula nativo	4
Amphisbaena heathi	1
Anabacerthia amaurotis	19
Annona pickelii	1
Anodorhynchus hyacinthinus	2
Anolis nasofrontalis	1
Anthus nattereri	7
Antilophia bokermanni	3

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
Antrodia neotropica	2
Anumara forbesi	3
Aplastodiscus cavicola	8
Aplastodiscus weygoldti	3
Araucaria angustifolia	954
Arrojadoa dinae	1
Arrojadoa eriocaulis	1
Arthrocereus glaziovii	19
Arthrocereus melanurus	19
Aspidosperma illustre	1
Aspidosperma polyneuron	10
Asthenes hudsoni	3
Asthenes luizae	4
Ateles paniscus	2
Atractus ronnie	2
Augastes lumachella	20
Automolus lammi	1
Bactris pickelii	4
Balfourodendron riedelianum	3
Biatas nigropectus	18
Blastocerus dichotomus	7
Bokermannohyla vulcaniae	2
Boletinellus merulioides	5
Bothrops muriciensis	8
Bothrops pirajai	2
Brachyteles arachnoides	51
Brachyteles hypoxanthus	33
Bradypus torquatus	20
Brasilicereus phaeacanthus	7
Brugmansia arborea	11
Brugmansia insignis	3
Brugmansia suaveolens	98
Brugmansia versicolor	1
Buteogallus aequinoctialis	4
Buteogallus coronatus	32
Buteogallus lacernulatus	43
Butia eriospatha	10
Calidris canutus	10
Calidris pusilla	13
Calidris subruficollis	7
Callicebus coimbrai	5
Callicebus melanochir	7
Callicebus nigrifrons	132
Callicebus personatus	47

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
Callithrix aurita	104
Callithrix flaviceps	22
Callithrix kuhlii	23
Campomanesia aromatica	4
Campomanesia laurifolia	2
Campomanesia phaea	16
Campomanesia reitziana	4
Campylopterus diamantinensis	1
Caretta caretta	9
Cariniana legalis	64
Carpornis melanocephala	27
Caryocar coriaceum	1
Cathedra bahiensis	1
Cedrela fissilis	88
Cedrela montana	2
Cedrela odorata	19
Cedrus libani	1
Celeus galeatus	7
Celeus torquatus	15
Cercomacra brasiliana	16
Chaetomys subspinosus	3
Charitospiza eucosma	7
Chelonia mydas	27
Chiasmocleis lacrimae	1
Chloroleucon tortum	5
Chrysocyon brachyurus	92
Chrysophyllum imperiale	4
Cichlopsis leucogenys	11
Cinclodes pabsti	23
Cipocereus bradei	1
Cipocereus crassisepalus	1
Clavaria zollingeri	4
Coendou speratus	21
Coffea arabica	103
Coleocephalocereus purpureus	3
Columbina cyanopis	14
Conirostrum bicolor	44
Conopophaga cearae	16
Contomastix vacariensis	1
Contopus cooperi	2
Cordia hatschbachii	3
Coryphaspiza melanotis	8
Cotinga maculata	3
Couepia schottii	1

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
Couratari asterotricha	1
Crax blumenbachii	33
Crax fasciolata	8
Crinodendron brasiliense	4
Crossodactylodes izecksohni	1
Crossodactylus schmidti	5
Crypturellus noctivagus	8
Ctenomys flamarioni	2
Culicivora caudacuta	8
Cyanocorax caeruleus	1
Cyanocorax caeruleus	144
Cyanophrys bertha	1
Cycloramphus acangatan	2
Cycloramphus brasiliensis	3
Cyprinus carpio	14
Dacnis nigripes	54
Dahlia imperialis	2
Dalbergia cearensis	1
Dalbergia nigra	9
Dasypops schirchi	1
Dermochelys coriacea	2
Dinizia jueirana-facao	10
Discocactus pseudoinsignis	10
Disocactus phyllanthoides	1
Drymaeus acervatus	7
Drymophila ochropyga	56
Duroia valesca	9
Dyckia reitzii	7
Dypsis lutescens	19
Dysithamnus plumbeus	10
Dysithamnus stictothorax	47
Echinanthera cephalomaculata	2
Eleoscytalopus psychopompus	2
Eleothreptus anomalus	5
Enyalius erythroceneus	4
Erythroxylum splendidum	1
Eschweilera sphaerocarpa	1
Esenbeckia leiocarpa	1
Eucalyptus deglupta	4
Eucalyptus pilularis	1
Eugenia prasina	1
Euparkerella tridactyla	1
Euphonia chalybea	27
Euryades corethrus	2

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
Euscarthmus rufomarginatus	4
Falco deiroleucus	7
Ficus cyclophylla	1
Formicivora acutirostris	44
Formicivora erythronotos	5
Formicivora grantsaui	8
Formicivora iheringi	12
Geositta poeciloptera	5
Gerronema viridilucens	1
Glaucis dohrnii	9
Glycydendron espiritosantense	1
Gossypium hirsutum	11
Griffinia intermedia	2
Guaiacum officinale	1
Guaruba guarouba	2
Gymnocalycium horstii	1
Handroanthus chrysanthus	3
Handroanthus impetiginosus	6
Handroanthus serratifolius	22
Harpia harpyja	17
Hemiancistrus chlorostictus	1
Hemiancistrus megalopteryx	1
Hemitriccus furcatus	8
Hemitriccus kaempferi	1
Hemitriccus mirandae	13
Hemitriccus orbitatus	23
Herpsilochmus pectoralis	3
Herpsilochmus pileatus	4
Hydromedusa maximiliani	49
Ilex paraguariensis	28
Inga congesta	4
Inga exfoliata	2
Inga hispida	3
Inga lentiscifolia	5
Iodopleura pipra	15
Ischnocnema manezinho	1
Jacamaralcyon tridactyla	33
Jacaranda mimosifolia	85
Joanesia princeps	1
Joannesia princeps	25
Kalanchoe beharensis	1
Kalanchoe daigremontiana	2
Kielmeyera albopunctata	2
Laniisoma elegans	4

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
Larus atlanticus	2
Laterallus xenopterus	1
Leontopithecus caissara	3
Leontopithecus chrysomelas	8
Leontopithecus chrysopygus	33
Leontopithecus rosalia	26
Leopardus guttulus	45
Leopardus wiedii	18
Lepidochelys olivacea	2
Leposternon octostegum	2
Leptasthenura setaria	58
Leptodon forbesi	6
Leptolobium tenuifolium	1
Limnoctites rectirostris	4
Lipaugus conditus	6
Lontra longicaudis	50
Lophornis chalybeus	73
Lycalopex vetulus	12
Machaerium villosum	7
Macrodontia cervicornis	10
Magnolia brasiliensis	1
Manilkara dardanoi	1
Manilkara longifolia	1
Manilkara rufula	5
Mazama nana	8
Megalobulimus lopesi	3
Megalops atlanticus	3
Melanophryniscus admirabilis	1
Melanophryniscus devincenzii	1
Melanophryniscus macrogranulosus	3
Melanophryniscus moreirae	50
Melocactus lanssensianus	1
Melocactus violaceus	23
Merulaxis stresemanni	1
Mico melanurus	1
Micranthocereus flaviflorus	1
Microglanis malabarbai	1
Micrurus potyguara	2
Micrurus silviae	1
Mimosa taimbensis	2
Minagrion ribeiroi	2
Moldenhawera blanchetiana	1
Mollinedia lamprophylla	1
Mollinedia stenophylla	1

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
Morphnus guianensis	1
Musa coccinea	25
Myotis ruber	10
Myrcia bergiana	4
Myrcia eumecephylla	1
Myrcia gilsoniana	1
Myrcia isaiana	1
Myrcia riodocensis	1
Myrcianthes pungens	5
Myrmecophaga tridactyla	20
Myrmoderus ruficauda	6
Myrmotherula minor	10
Myrmotherula snowi	4
Myrmotherula unicolor	24
Myrmotherula urosticta	7
Naucleopsis oblongifolia	1
Nemosia rourei	11
Neomitranthes cordifolia	1
Neopelma aurifrons	12
Neothraupis fasciata	3
Ocotea arenicola	2
Ocotea catharinensis	7
Ocotea ciliata	1
Ocotea marumbiensis	1
Ocotea porosa	16
Orchesticus abeillei	35
Oryctolagus cuniculus	4
Oxyprora flavicornis	16
Oxysternon pteroderum	1
Ozotoceros bezoarticus	3
Panthera onca	11
Parides ascanius	7
Parides burchellanus	1
Parodia haselbergii	5
Parodia ottonis	6
Paubrasilia echinata	58
Penelope jacucaca	1
Penelope purpurascens	1
Penelope superciliaris	90
Peruphasma schultei	1
Phallus aureolatus	6
Philodendron gloriosum	2
Phoenicoparrus andinus	3
Phoenicopterus chilensis	11

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
Phrynops williamsi	10
Phyllomyias griseocapilla	54
Phylloscartes beckeri	6
Phylloscartes ceciliae	8
Phylloscartes oustaleti	20
Phylloscartes roquettei	1
Phylloscartes sylviolus	9
Piculus aurulentus	114
Picumnus nebulosus	26
Pilosocereus arrabidae	14
Pilosocereus chrysostele	2
Pilosocereus densiareolatus	1
Pilosocereus fulvilanatus	22
Pilosocereus magnificus	4
Pilosocereus multicostatus	1
Pilosocereus ulei	4
Pipile jacutinga	30
Piprites pileata	13
Pithecopus ayeaye	6
Platyrinchus leucoryphus	8
Pleurodema bibroni	1
Plinia phitrantha	3
Podocarpus lambertii	14
Podocarpus sellowii	4
Podocnemis unifilis	12
Pogonotriccus eximius	27
Polioptila lactea	1
Polystictus pectoralis	2
Pomatomus saltatrix	2
Pontoporia blainvillei	2
Pouteria bullata	2
Pouteria grandiflora	1
Pouteria macahensis	1
Pouteria macrophylla	1
Primolius maracana	142
Proceratophrys bigibbosa	4
Proceratophrys moratoi	1
Procnias nudicollis	139
Pseudastur polionotus	22
Pseudoatta argentina	1
Psilops paeminosus	2
Pterocarya fraxinifolia	1
Pteroglossus bailloni	141
Pterogyne nitens	13

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
Pyriglena atra	6
Pyrrhura cruentata	22
Pyrrhura griseipectus	19
Pyrrhura leucotis	33
Ravenia infelix	1
Recordia reitzii	2
Rhea americana	31
Rhipsalis clavata	1
Rhipsalis crispata	8
Rhipsalis dissimilis	1
Rhipsalis oblonga	2
Rhipsalis pacheco-leonis	1
Rhipsalis pilocarpa	1
Rhipsalis russellii	8
Rhipsalis triangularis	1
Rhopornis ardesiacus	21
Rupirana cardosoi	4
Sapajus cay	18
Sapajus flavius	2
Sapajus libidinosus	9
Sapajus nigritus	693
Sapajus robustus	26
Sapajus xanthosternos	10
Schlumbergera microsphaerica	5
Schlumbergera opuntioides	15
Schlumbergera russelliana	2
Schlumbergera truncata	10
Scytalopus diamantinensis	5
Scytalopus iraiensis	2
Simira eliezeriana	4
Solanum melissarum	1
Sorocea guilleminiana	2
Sotalia guianensis	22
Spinus yarrellii	6
Spizaetus ornatus	27
Sporophila beltoni	7
Sporophila cinnamomea	5
Sporophila falcirostris	17
Sporophila frontalis	29
Sporophila melanogaster	20
Sporophila palustris	1
Sporophila ruficollis	1
Stictocardia macalusoi	4
Swietenia macrophylla	9

Continua

Continuação

Espécies	Número de observações
Syagrus botryophora	3
Sylvilagus brasiliensis	63
Synallaxis cinerea	7
Synallaxis infuscata	13
Tabebuia roseoalba	8
Tachigali densiflora	3
Tacinga braunii	3
Tangara fastuosa	50
Tantilla boipiranga	8
Tapirus terrestris	136
Tayassu pecari	14
Tectona grandis	4
Terenura sicki	7
Terminalia acuminata	7
Terminalia kleinii	1
Thalassarche chlororhynchos	1
Thalurania watertonii	27
Thripophaga macroura	9
Tinamus solitarius	56
Touit melanonotus	4
Touit surdus	7
Trichechus manatus	4
Trichilia pallens	2
Trichilia pseudostipularis	5
Trichodactylus crassus	10
Trichogenes claviger	1
Tropidophis grapiuna	1
Tropidurus hygomi	12
Uebelmannia gummifera	1
Uebelmannia pectinifera	1
Urbanodendron verrucosum	10
Vataireopsis araroba	1
Wilfredomys oenax	3
Worsleya procera	10
Xanthopsar flavus	15
Xiphocolaptes falcirostris	1
Xipholena atropurpurea	13
Xiphorhynchus atlanticus	10
Xylopia decorticans	1
Zeyheria tuberculosa	41

ARTIGO CIENTÍFICO

Potencial da Ciência Cidadã para mapeamento, monitoramento e conservação da biodiversidade na Mata Atlântica

Blandina Felipe Viana[1*], André Felipe Barreto-Lima[2], Fabiana Oliveira Da Silva[3], Juliana Silva França[4], João Victor Andrade Lacerda[2], Judit Kriszta Szabo[5], Sheina Koffler[2], Tatiana Bichara Dantas[1]

[1] Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação Ecologia, Teoria, Aplicação e Valores. Rua Barão de Jeremoabo, 668, Salvador, BA, Brasil, 40170-115

[2] Instituto Nacional da Mata Atlântica - INMA. Av. José Ruschi, n. 4, Santa Teresa, ES, Brasil, 29650-000

[3] Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão. Rodovia Engenheiro Jorge Neto k 0, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil, 49680-000

[4] Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31270-901

[5] College of Engineering, IT and Environment, Charles Darwin University, Casuarina, Northern Territory 0909, Australia

***Autor para correspondência:**
E-mail: blandefv@ufba.br

Recebido: 14/08/2023
Aceito: 16/07/2024

Resumo

A conservação da biodiversidade é essencial para a estabilidade dos ecossistemas e a sustentabilidade do planeta, dado o papel crucial da biodiversidade em serviços essenciais como polinização, decomposição de resíduos e regulação climática. No entanto, as atividades humanas, incluindo desmatamento, exploração excessiva de recursos e poluição, associadas com os efeitos das mudanças climáticas, estão impondo pressões significativas sobre a biodiversidade em todos os ecossistemas, particularmente em *hotspots* como o bioma Mata Atlântica. Entender o estado atual da biodiversidade é necessário para apoiar esforços de conservação, identificar áreas prioritárias e orientar tomadas estratégicas de decisão. Embora haja avanços, ainda há lacunas nas informações sobre táxons, prejudicando análises e avaliações sobre a biodiversidade. O Brasil enfrenta desafios em relação aos dados de biodiversidade para táxons em todos os biomas. Além disso, estudos mostram vieses no conhecimento da biodiversidade brasileira, com concentração de informações em determinadas áreas. Nesse contexto, os monitoramentos participativos por meio da ciência cidadã surgem como uma abordagem promissora para preencher as lacunas de conhecimento. A participação de não acadêmicos não apenas enriquece as bases de dados, mas também aumenta a conscientização pública e o engajamento na conservação. O presente artigo oferece uma visão geral do potencial das contribuições dos projetos de monitoramento participativo da biodiversidade, destacando exemplos na Mata Atlântica. Por fim, oferece orientações para o desenvolvimento bem-sucedido desses projetos, enfatizando o potencial da ciência cidadã, e conclui, discutindo as perspectivas promissoras e os desafios, apontando para um caminho de avanços na conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Engajamento público, monitoramento participativo, sustentabilidade ambiental, transdisciplinaridade, voluntariado científico

The potential contribution of citizen science to biodiversity mapping, monitoring and conservation in the Atlantic Forest

Abstract

Biodiversity conservation is essential to maintain healthy ecosystems and for the sustainable use of the planet given the crucial role of biodiversity in essential ecosystem services, such as pollination, waste decomposition and climate regulation. However, human activities, including deforestation, excessive resource use, and pollution, exacerbated by climate change, impose significant pressures on biodiversity. This is particularly concerning in global biodiversity hotspots, such as the Atlantic Forest. Understanding the current state of biodiversity is necessary to guide decision-making, to identify priority areas and to support other conservation efforts. In spite of some advancements, there are still gaps in the information about biodiversity, hindering analyses and evaluation. Challenges in relation to the collection of biodiversity data resulting in uneven depth of knowledge across Brazilian biomes. In the past decade, participatory monitoring through citizen science has emerged as a promising approach to fill knowledge gaps. The participation of non-academics does not only enrich databases, but also increases public awareness and engagement of the public in conservation. This article provides an overview of the potential contributions of participatory biodiversity monitoring projects, highlighting examples in the Atlantic Forest. We also provide guidelines related to project development, emphasizing the potential role of citizen science. We conclude by discussing some challenges and opportunities to support biodiversity conservation through citizen science.

Keywords: Environmental sustainability, participatory monitoring, public engagement, scientific volunteering, transdisciplinarity

INTRODUÇÃO

A conservação da biodiversidade tornou-se uma necessidade premente para garantir a estabilidade e a resiliência dos ecossistemas e sustentabilidade da vida no planeta (Hooper *et al*. 2005; IPBES 2019). Essa urgência deve-se ao fato da biodiversidade desempenhar um papel fundamental no funcionamento dos ecossistemas, fornecendo serviços essenciais para manutenção da vida e bem-estar dos seres vivos, tais como polinização, decomposição de resíduos orgânicos, ciclo de nutrientes e regulação do clima, dentre outros (Le Provost *et al*. 2023).

No entanto, a perda de hábitats, a exploração excessiva de recursos naturais, a poluição dos solos e cursos d'água, a introdução de espécies invasoras, associadas com os efeitos das mudanças climáticas, têm exercido pressões significativas sobre a biodiversidade. Há consenso entre os especialistas que para apoiar os esforços de conservação, é fundamental conhecer a biodiversidade e entender seu estado atual (IPBES 2019; Joly *et al.* 2019). Estes conhecimentos são cruciais para: identificar áreas prioritárias de conservação; sinalizar mudanças acentuadas na biodiversidade, para as quais são demandadas políticas específicas; avaliar ações de conservação e/ou orientar as tomadas de decisões.

Contudo, apesar dos avanços, ainda existem lacunas significativas nas informações disponíveis sobre a biodiversidade (IPBES 2019; Hughes *et al.* 2021). No Brasil, o Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES), divulgado em 2019, apontou que os dados relacionados à biodiversidade

ainda são inconsistentes para alguns táxons, biomas e taxas de endemismos, e que essas lacunas de informações dificultam análises abrangentes sobre a riqueza, distribuição e dinâmica populacional das espécies, e impedem a avaliação do *status* de conservação e o risco de extinção das espécies (Joly *et al*. 2019).

Além disso, o conhecimento atual sobre a biodiversidade terrestre brasileira apresenta um forte viés espacial (Oliveira *et al.* 2016; Lewinsohn *et al*. 2022), apontando uma correlação positiva entre a densidade de vias de acesso e a densidade de registros de distribuição de espécies, sugerindo que coletas realizadas em locais afastados de estradas podem aumentar a probabilidade de descobrir novos registros geográficos ou espécies desconhecidas (Oliveira *et al.* 2016). Essa constatação reforça a necessidade de gerar mais dados e informações sobre a biodiversidade do país, em especial da Mata Atlântica, pois as lacunas de conhecimento sobre a biodiversidade no bioma podem levar a decisões inadequadas no que diz respeito às políticas de conservação, uso da terra e desenvolvimento sustentável.

A Mata Atlântica é reconhecida globalmente pelas elevadas taxas de diversidade e endemismo, e pelo alto grau de devastação, sendo considerada um dos principais *hotspots* do planeta (Mittermeier *et al*. 2004, Rezende *et al.* 2018). Essa elevada devastação é resultado de um processo de mais de 500 anos de exploração, visto que desde a colonização o bioma têm sido alvo de um contínuo desmatamento (Galdino-Leal e Câmara 2003).

O bioma abrange cerca de 15% do território nacional em 17 estados, sendo que o território sob seu domínio é habitado por 70% de toda população brasileira e concentra 80% do PIB nacional (SOS Mata Atlântica e INPE 2022). E mesmo restando apenas 23% de cobertura florestal (Vancine *et al*. 2024), é considerado uma das áreas do planeta com maior potencialidade para descoberta de novas espécies (Moura e Jetz 2021). Diante deste cenário, torna-se evidente a necessidade de proposição de iniciativas que possam envolver diretamente parte dessa população no processo de produção do conhecimento científico e nas estratégias de conservação da Mata Atlântica.

Os monitoramentos participativos realizados sob a ótica da ciência cidadã (CC), que inclui diversas formas de colaboração entre cientistas e demais cidadãos interessados nas ciências, têm se destacado como uma abordagem promissora para suprir as lacunas existentes no conhecimento sobre a biodiversidade (Chandler *et al*. 2017; Pocock *et al.* 2018). Ao permitir que indivíduos com diferentes formações, experiências e conhecimentos contribuam para a geração de dados e informações sobre a biodiversidade, enriquece as bases de dados e amplia sua abrangência geográfica (Tulloch *et al.* 2013).

A participação de não acadêmicos também promove maior consciência pública sobre a ciência e maior engajamento nos esforços de conservação (Ballard *et al*. 2017), oferecendo um potencial significativo para alcançar resultados mais eficazes na conservação e gestão dos recursos naturais (McKinley *et al.* 2017).

Neste artigo, apresentamos uma visão geral sobre os avanços e resultados que reforçam o potencial dos monitoramentos participativos da biodiversidade em gerar dados úteis, para orientar ações de manejo para a conservação da biodiversidade no Brasil. Destacamos exemplos de projetos e programas conduzidos no país, com ênfase no bioma da Mata Atlântica. Adicionalmente, fornecemos orientações para o desenvolvimento de projetos e/ou programas bem-sucedidos de monitoramento participativo da biodiversidade, por meio da CC. Por fim, discutimos as perspectivas promissoras, bem como os desafios existentes, delineando os possíveis caminhos para superá-los.

Os monitoramentos participativos da biodiversidade produzem dados confiáveis e úteis para orientar ações de manejo e conservação

O monitoramento participativo da biodiversidade é uma forma específica de CC na qual o público desempenha um papel ativo no mapeamento e/ou monitoramento de diversos grupos taxonômicos e funcionais. Essa abordagem envolve a coleta sistemática de dados e informações sobre espécies e seus hábitats, podendo resultar em conjuntos abrangentes de dados e informações em largas escalas espaço-temporais (Chandler *et al*. 2017). Assim, a depender do seu desenho amostral, essa abordagem também pode ser aplicada numa perspectiva multi-táxons para o monitoramento de determinadas áreas/ambientes, como as Unidades de Conservação (e.g., Monitora *et al*. 2023).

Do ponto de vista dos colaboradores, a motivação para participar nessa abordagem de ciência está em poder efetivamente contribuir com o avanço do conhecimento científico, colaborando com dados e observações e obtenção de novos conhecimentos (Maund *et al*. 2020; Thompson *et al*. 2023). Ademais, o

acesso à informação pública é facilitado, promovendo uma maior transparência e democratização da ciência (Irwin 1995). Para os cientistas, a CC representa uma valiosa oportunidade de coletar informações que, de outra forma, seriam de difícil ou até mesmo impossível acesso (Viana *et al.* 2020). Ao contar com a colaboração da comunidade, os pesquisadores podem ampliar a abrangência de seus estudos e obter dados em maior quantidade e diversidade, permitindo a realização de análises mais completas e detalhadas (Tulloch *et al*. 2013; Chandler *et al*. 2017). Ainda, em muitos casos, os custos para a coleta de dados podem ser inferiores quando comparados aos monitoramentos tradicionais (Gardiner *et al*. 2012).

Há uma diversidade de estudos usando dados coletados por voluntários em projetos de CC, que demonstram que esta pode produzir informações úteis e robustas (e.g., Tregidgo *et al*. 2013). Alguns destes informam sobre impactos de espécies invasoras (e.g., Gallo e Waitt 2011), novas ocorrências e padrões de riqueza e distribuição de espécies (e.g., Forti *et al*. 2022), abundância populacional (e.g., Szabo *et al*. 2009, 2010), características de espécies como fenologia (e.g., Klinger *et al*. 2023) e variáveis de função do ecossistema, como polinização (e.g., Graham *et al*. 2023) e produtividade (e.g., Hines *et al*. 2023). A maioria dos dados é oriunda de projetos conduzidos na Europa, América do Norte, África do Sul, Índia e Austrália, entretanto, o número de estudos no Brasil ainda é reduzido, apesar de estar em franco crescimento (e.g., França *et al.* 2019).

Dados da CC já estão contribuindo para subsidiar políticas que orientam tomadas de decisões nacionais e globais sobre a biodiversidade. Sabe-se que 63% dos 186 indicadores de 12 acordos ambientais multilaterais podem ser informados por dados da CC (Danielsen *et al.* 2014). Fraisl *et al*. (2020), por exemplo, revelaram que os dados coletados por voluntários estão contribuindo ou podem contribuir para o monitoramento de 33% dos indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas (ONU).

Vale destacar que os monitoramentos participativos trazem outros benefícios importantes como: detecção precoce de mudanças ecológicas, envolvimento do público em ações de conservação, vigilância e fiscalização ambiental, educação científica e ambiental dos participantes, aproximação da ciência à sociedade e fortalecimento dos laços de confiança entre cientistas e demais membros e/ou setores da sociedade (von Gönner *et al*. 2023).

Iniciativas de monitoramento participativo da biodiversidade que estão sendo desenvolvidas no Brasil, com destaque para a Mata Atlântica

Atualmente, há vários projetos de monitoramento participativo da biodiversidade em curso no país, com potencial para gerar informações úteis e subsidiar políticas públicas de conservação. Esses projetos podem ser acessados nas páginas da *web*: (i) Civis Ciência Cidadã, plataforma desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) https://civis.ibict.br/projects, (ii) Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr) Ciência Cidadã, plataforma desenvolvid a sob coordenação do Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI) https://www.sibbr.gov.br/cienciacidada/projetos.html), e (iii) Rede Brasileira de Ciência Cidadã https://rbcc.ong.br/. A maioria desses é focada no levantamento da ocorrência e distribuição de grupos taxonômicos específicos e é conduzida principalmente por pesquisadores e técnicos vinculados a instituições de ensino e pesquisa (e.g., Lodi e Tardin 2018; Norris *et al*. 2018). Mas, existem também iniciativas voltadas para o monitoramento de interações ecológicas. Um exemplo são os projetos "Guardiões dos Polinizadores" (e.g., Guardiões da Chapada e Guardiões dos Sertões Sergipanos). Tais iniciativas têm como foco central a promoção de práticas de manejo sustentável e a preservação dos polinizadores em variados cenários, que vão desde ambientes naturais até contextos urbanos e agrícolas. Estes projetos envolvem a participação ativa de voluntários no registro fotográfico das interações entre plantas e seus visitantes, contribuindo assim para um entendimento mais amplo da dinâmica dessas interações (Viana *et al.* 2022).

No domínio da Mata Atlântica estão sendo conduzidas várias iniciativas, junto a diversos setores da sociedade, governamentais e não governamentais. Dentre os projetos sem vínculo formal com instituições governamentais, destacam-se dois coordenados por organizações não governamentais, o "Ciência Cidadã na Bacia do Rio Doce", fruto de um acordo entre a UNESCO no Brasil e a Fundação Renova, que vem estimulando o engajamento do público, sobretudo escolar, em atividades de monitoramento da qualidade da água e biodiversidade aquática e terrestre na Bacia do Rio Doce (Lima e Gatti 2023); e o monitoramento do macaco Muriqui (*Brachyteles hypoxanthus*), conduzido pela ONG Muriqui Instituto de Biodiversidade (MIB), nos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, sendo

este primata endêmico da Mata Atlântica e criticamente ameaçado de extinção (Nery *et al*. 2021).

Entre os grupos da fauna, as aves estão entre as mais presentes em projetos de monitoramento participativo. Como exemplos de iniciativas em andamento na Mata Atlântica, podemos citar o projeto "Observação de Aves na Costa do Descobrimento", que vem engajando públicos diversos de diferentes idades em atividades de observação de aves em fragmentos florestais do sul da Bahia (Lamas *et al*. 2018). Outro exemplo é a iniciativa "Avifauna do Parque Estadual do Morro do Diabo" que, em 10 anos, recebeu 70 registros inéditos de turistas observadores de aves (Pires *et al*. 2022).

As abelhas também têm sido um importante foco de iniciativas de monitoramento participativo. Uma boa possibilidade tem sido explorada pelo projeto "#cidadãoasf" ao engajar cientistas cidadãos da Mata Atlântica e demais biomas brasileiros, em protocolos de gravação, envio e análise de vídeos que possibilitem o monitoramento de atividades de voo de abelhas sem ferrão para investigar a influência das condições climáticas e da paisagem neste comportamento (Koffler *et al*. 2021).

Em relação aos programas nacionais, há poucas iniciativas governamentais, mas dentre estas, pode-se destacar o Programa Monitora, uma iniciativa de larga escala espaço-temporal, sob a gestão do ICMBio. Tal programa, iniciado em 2010, foi desenvolvido por meio de um longo processo envolvendo centenas de instituições, pesquisadores, gestores, além de usuários e beneficiários de Unidades de Conservação (UCs) (Souza *et al*. 2019), visando estabelecer linhas de base e séries temporais para acompanhar a efetividade das UCs individualmente, e do Sistema Brasileiro de UCs como um todo, contribuindo para melhor planejamento e gestão das UCs, proteção de espécies ameaçadas e manejo sustentável da fauna e flora (Monitora *et al*. 2023). Esse programa tem sido fundamental para melhorar a compreensão sobre a biodiversidade em áreas protegidas. Na Mata Atlântica, o Monitora vem atuando em diversas UCs, localizadas em oito estados.

Ainda, no contexto de programas governamentais, destacamos o Programa de Ciência Cidadã do Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), que conta com sete projetos voltados à realização de inventários e/ou monitoramentos participativos de diferentes grupos biológicos, com foco na Mata Atlântica. Desde sua criação em 2019, o programa já apresenta o engajamento de 2.320 colaboradores, na obtenção de dados sobre 600 espécies da fauna da Mata Atlântica, dentre anfíbios (Projetos: "Bromélias" e "Cantoria de Quintal"), aves ("Eu vi uma ave usando pulseiras?!"), borboletas ("Borboletas Capixabas"), invertebrados aquáticos ("A água desse rio é boa?"), primatas ("Eu vi um macaco no mato") e répteis ("Eu conheço os répteis daqui!"), incluindo espécies endêmicas e/ou ameaçadas de extinção (Ghilardi-Lopes *et al.* 2024).

Muitos dos projetos conduzidos no Brasil utilizam plataformas *online*, com ou sem protocolos estruturados, para registro de dados e/ou informações coletados por voluntários colaboradores, dentre eles: o "Serpentes de Juiz de Fora", MG, associado à Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), que monitora as ocorrências desses répteis por meio de registros fotográficos dos colaboradores depositados na plataforma contributiva de acesso livre, *iNaturalist* (https://www.inaturalist.org/projects/serpentes-de-juiz-de-fora; comunicação pessoal, Costa, H.). Tais plataformas *online* coletam dados em escala global (e.g., https://www.anecdata.org, https://biofaces.com, www.inaturalist.org, www.ispotnature.org) ou nacional (e.g., https://guardioes.cria.org.br/, https://sistemaurubu.com.br/conheca-o-aplicativo/, https://www.biodiversidade.ciss.fiocruz.br/apresentacao-0, https://taxeus.com.br, https://www.wikiaves.com.br/). As observações registradas nessas plataformas têm contribuído com dados importantes e inéditos sobre vários aspectos da biologia e conservação de muitas espécies (Forti e Szabo 2023).

Etapas para o desenvolvimento de um projeto exitoso de monitoramento participativo da biodiversidade

O êxito de um projeto de monitoramento participativo da biodiversidade está condicionado a uma série de etapas estruturadas a serem seguidas (Figura 1) durante o processo de planejamento e desenvolvimento do referido projeto (Constantino e Cruz 2016; Koffler *et al*. 2024).

Antes de começar a planejar a elaboração de uma proposta de projeto, é importante questionar**: Por que ou para que será realizado o monitoramento?** A proposta visa ampliar, enriquecer e desenvolver conhecimentos acerca da biodiversidade? Irá alertar sobre as variações drásticas na biodiversidade que necessitam de atenção especial de políticas públicas? Pretende avaliar ações, intervenções ou programas de conservação e/ou manejo? Assim, com objetivos

claramente explicitados, torna-se possível identificar a quem será destinada a informação produzida e quais atores-chave estarão envolvidos no monitoramento, i.e., comunidades científicas, escolares ou locais, gestores públicos, formuladores de políticas, entre outros.

Em seguida, deve-se pensar: **O que será monitorado?** Na impossibilidade de monitorar todos os elementos e componentes físico-químicos, bem como toda a biodiversidade, deve-se priorizar aqueles que serão objeto do monitoramento. Quais critérios devem ser usados para selecionar esses componentes? No caso da biodiversidade, quais espécies ou grupos taxonômicos devemos monitorar? Considerando os indicadores ambientais, biológicos, de biodiversidade e/ou de perturbação ecológica, quais variáveis serão coletadas? Será necessária a utilização de equipamentos especiais para medições e aferições, a fim de garantir dados de alta qualidade? Nesta etapa, é importante considerar o nível de conhecimento dos participantes em relação ao grupo a ser monitorado, que deve ser reconhecido e identificado. O registro de observações em fotografias, vídeos e gravação de sons pelos participantes pode ser de fundamental importância para a posterior validação, por especialistas, dos dados produzidos (Wiggins *et al*. 2011).

Na etapa seguinte, faz-se necessário indagar: **Como e onde será realizado o monitoramento?** A seleção dos locais a serem monitorados será determinada antecipadamente ou de maneira oportunística durante a coleta de dados em campo? Com qual frequência os dados serão coletados? Haverá um protocolo elaborado e testado com o público-alvo para orientar a coleta dos dados? Os voluntários receberão treinamento e materiais para consulta?

As iniciativas de monitoramento envolvem ampla rede de atores, com diferentes perfis que assumem diferentes funções: coordenação, coleta e análise de dados, capacitação/formação, gestão, comunicação e divulgação dos dados e/ou informações. Na sequência, é importante saber: **Quem são os atores envolvidos**

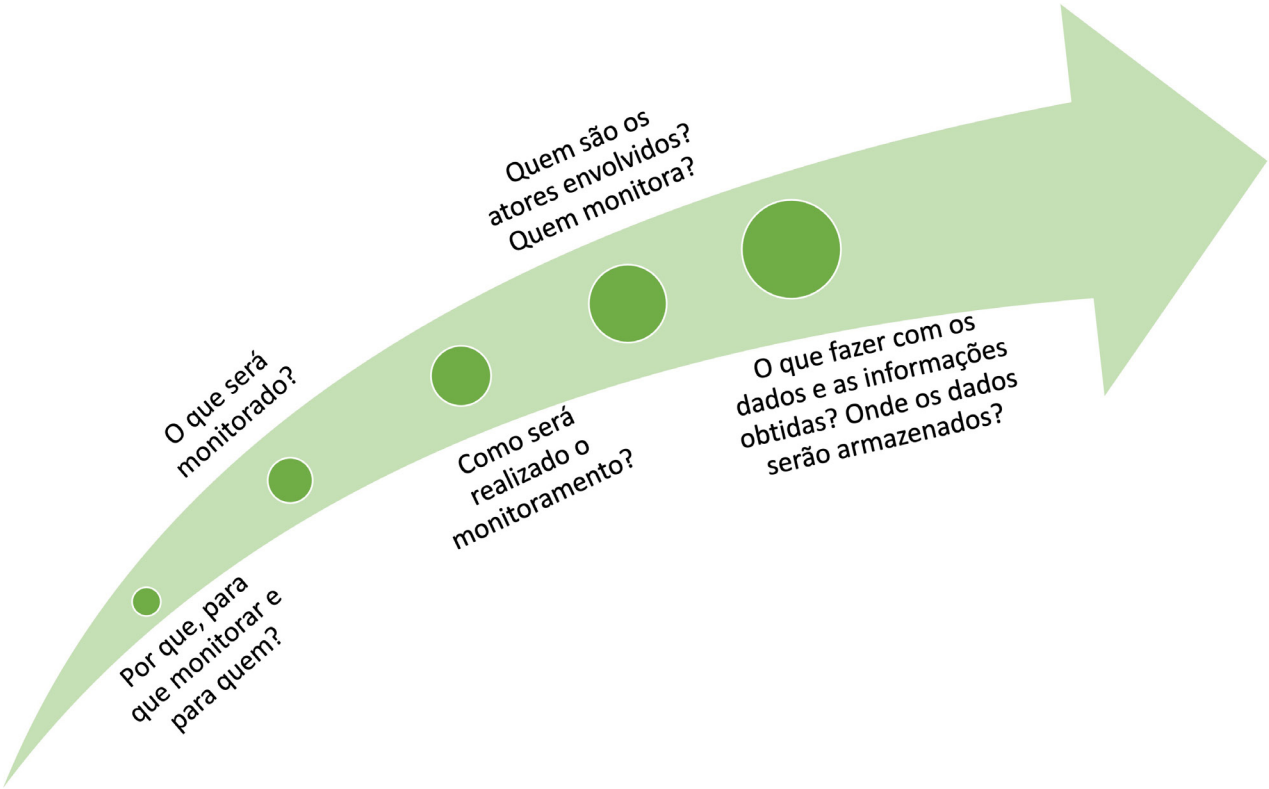


FIGURA 1: Etapas a serem seguidas durante o processo de planejamento e desenvolvimento de um projeto e/ou programa de monitoramento participativo, sob a perspectiva da ciência cidadã, organizadas na forma de perguntas orientadoras (modificado de Constantino e Cruz 2016). O aumento no tamanho dos círculos demonstra que as etapas estão interligadas. À medida que progredimos para as etapas seguintes, acumulam-se informações das anteriores, enriquecendo nossa compreensão do contexto.

na proposta? Responder a essa pergunta ajuda-nos entender as motivações e os interesses desses atores durante todas as fases do projeto, visando mantê-los motivados e engajados.

Adicionalmente, é crucial que os coordenadores dos projetos saibam: **O que irão fazer com as informações e os dados obtidos e onde estes serão armazenados?** Esse planejamento dependerá da complexidade, qualidade e quantidade dos dados, da capacidade de gestão e manutenção da estrutura, bem como do tipo da informação produzida. Vale ressaltar que a CC é parte do movimento da ciência aberta, sendo que os dados produzidos devem ser acessíveis e divulgados em formato aberto ao público sempre que possível, seguindo os princípios da ciência aberta (Manisfesto Brasileiro de Apoio ao Acesso Livre à Informação Cientifica IBICT: https://livroaberto.ibict.br/Manifesto.pdf acesso em 20/09/2024; Suter *et al*. 2023).

É também vital ter em mente: **Como assegurar a continuidade do monitoramento a médio e longo prazo?** Tendo em vista que isso irá afetar o êxito das várias etapas do projeto: planejamento, capacitação, engajamento, recursos financeiros e parcerias. Vale lembrar que a busca por recursos para custos de implementação e manutenção do projeto, inclusive garantindo uma equipe executora que terá contato frequente com os participantes, deve ser prevista desde o início do monitoramento.

Por fim, deve-se também perguntar: **Quais outros desdobramentos podem surgir a partir de uma iniciativa de monitoramento participativo**? Para além dos benefícios ligados à disponibilidade de bases de dados robustas e aos impactos positivos na formulação de planos de manejo e conservação, é importante prever os retornos diretos destinados às comunidades locais, participantes da pesquisa. É imperativo que estes indivíduos se mantenham informados sobre o andamento, resultados e aplicações dos produtos do monitoramento.

Recomendações para implementação de projetos de monitoramentos participativos da biodiversidade

O Brasil, em especial a Mata Atlântica, pela alta concentração populacional das cidades no seu domínio, e com sua vasta diversidade biológica, tem muito a ganhar com o monitoramento participativo e deve explorar plenamente seu potencial para enfrentar os desafios da conservação da biodiversidade no século XXI. Os monitoramentos participativos, ao envolverem o público na coleta de dados e/ou informações sobre a biodiversidade, quando bem planejados e conduzidos sob os princípios das ciências aberta e cidadã, podem ser uma abordagem essencial para preencher lacunas de informações, expandir nosso conhecimento científico, integrar conhecimentos e experiências advindas de outros setores da sociedade e impulsionar esforços para a conservação (Bonney *et al*. 2016).

A participação social, ao aliar o conhecimento científico às experiências e saberes locais e tradicionais, em torno de um objetivo comum, estimula a apropriação da iniciativa e garante sua manutenção ao longo do tempo, além da aplicação dos resultados. Por outro lado, as participações dos pesquisadores profissionais garantem rigor e credibilidade nas informações geradas pela iniciativa (Dickinson *et al.* 2012).

Contudo, para gerar informações acessíveis, relevantes e usáveis, as iniciativas de monitoramento participativo da biodiversidade dependem da superação de algumas barreiras que envolvem planejamento, implementação e continuidade do projeto. Na Tabela 1 apresentamos as principais diretrizes a serem implementadas com o propósito de estabelecer e fomentar projetos e programas de monitoramento participativo da biodiversidade. Finalmente, identificamos alguns desafios a serem transpostos, ao mesmo tempo que apresentamos recomendações pertinentes para embasar a formulação de políticas voltadas à superação dos desafios no atual cenário brasileiro.

TABELA 1: Diretrizes, Desafios e Recomendações para avanços no monitoramento participativo da biodiversidade, sob a perspectiva da Ciência Cidadã, no Brasil.

Diretrizes	Desafios	Recomendações
Ampliar número e abrangência dos projetos de monitoramento participativo da biodiversidade e fortalecer os projetos existentes.	- Falta de estrutura adequada nas instituições para pesquisa transdisciplinar; - Baixo reconhecimento por parte das instituições de ensino e pesquisa e das agências de fomento às pesquisas e atividades desenvolvidas pelos técnicos e pesquisadores em parceria com os demais setores da sociedade; - Existência de lacunas sobre o estado da arte dos projetos de monitoramento em curso, no país (número, localização, táxons, tipos de dados, local de armazenamento das informações etc.); - Falta de financiamento adequado para capacitação da equipe de coordenação, divulgação do projeto, aquisição de equipamentos e treinamento e engajamento de participantes.	- Estabelecer uma política de financiamento de programas e projetos de monitoramento participativo da biodiversidade, tanto em nível governamental quanto por intermédio de parcerias com ONGs, para garantir os recursos necessários para implementação e continuidade dos projetos; - Apoiar a manutenção de plataformas que visam oferecer informações sobre os projetos em andamento e conteúdos sobre ciência cidadã (e.g., plataforma CIVIS); - Apoiar a criação de redes de projetos estratégicos similares de ciência cidadã (e.g., que enfoquem um determinado grupo biológico; ou serviço ecossistêmico, como a polinização etc..); - Fomentar e apoiar o estabelecimento de parcerias interinstitucionais visando fortalecer os grupos de pesquisa e a integração dos projetos existentes e divulgação dos resultados gerados.
Incentivar a adoção da ciência cidadã como abordagem de pesquisa transdisciplinar e metodologia de ensino e transposição didática no ambiente escolar e universitário.	- Baixa valorização profissional por parte das Instituições de Ensino Superior (IES) e das agências de fomento das atividades de interação com a sociedade desenvolvidas pelos acadêmicos, o que os desencoraja a investir tempo nesse tipo de trabalho; - Falta de treinamento adequado dos acadêmicos para o desenvolvimento de atividades em colaboração com atores sociais externos às IES; - Baixa inserção nos currículos de atividades curriculares em comunidades e sociedade nas IES; - Falta de apoio aos educadores da educação básica para adotarem metodologias ativas de aprendizagem, que proporcionem momentos para testar, experimentar e propor soluções para questões do mundo real; - Desconfiança por parte dos pesquisadores sobre a qualidade científica dos dados coletados por cientistas cidadãos.	- Criar e implementar indicadores de avaliação que valorizem as pesquisas e atividades transdisciplinares na progressão das carreiras dos profissionais. - Investir na criação de programas de treinamento e capacitação regulares para pesquisadores interessados em adotar a ciência cidadã como prática de pesquisa, garantindo que possuam as habilidades necessárias para conduzirem o monitoramento de forma consistente; - Inserir nos currículos acadêmicos componentes que promovam a interação com comunidades locais e demais setores da sociedade; - Aportar recursos financeiros e destinar carga horária necessária para planejamento e execução de atividades “mão na massa”, aos professores da educação básica interessados em adotar metodologias ativas de aprendizagem (facilitadoras da ciência cidadã no espaço escolar); - Criar “mutirões” com taxonomistas para a revisão dos dados e sanar problemas em projetos que utilizam identificação taxonômica.

Continua

Continuação

Diretrizes	Desafios	Recomendações
Ampliar a rede de voluntários não acadêmicos (cientistas cidadãos) no Brasil.	- Falta de tradição de voluntariado científico no país; - Desigualdade de renda, longa jornada de trabalho e altos custos de deslocamento (distância das moradias), para dedicação aos projetos; - Dificuldade de acesso às informações sobre os projetos e como participar (muitas publicações em inglês em veículos inacessíveis aos voluntários e protocolos complexos de coleta de dados).	- Estabelecer parcerias entre órgãos governamentais, organizações não governamentais, coletivos, instituições de pesquisa e comunidades locais para compartilhar recursos, conhecimentos e promover o engajamento dos voluntários nos projetos; - Criar incentivos para a participação, como reconhecimento público ou benefícios para as comunidades locais envolvidas no monitoramento participativo da biodiversidade de forma consistente; - Incluir as comunidades locais no planejamento e na tomada de decisões do programa de monitoramento, garantindo que suas necessidades e preocupações sejam levadas em consideração; - Aumentar a disponibilidade de publicações de acesso livre, em português e com linguagem acessível aos não acadêmicos; - Elaborar protocolos para coleta de dados e materiais de suporte destinados aos voluntários, considerando as peculiaridades de cada público-alvo; - Fomentar o desenvolvimento e implementação de estratégias de recrutamento e retenção de voluntários nos projetos.
Desenvolver novas tecnologias e/ou adaptar tecnologias existentes e promover a aprendizagem de habilidades para uso de ferramentas digitais para monitoramento da biodiversidade.	- Insuficiência de tecnologia e conectividade de qualidade em muitas áreas do interior do Brasil podem dificultar a coleta, compartilhamento e armazenamento eficiente dos dados coletados; - Falta de habilidades no uso de tecnologias digitais. Alguns recursos já disponíveis no celular (e.g., aplicativos como GPS, câmera fotográfica, gravadores, bloco de notas), são pouco explorados pelo usuário, especialmente quanto à sua aplicabilidade para registro da biodiversidade.	- Adaptar a tecnologia utilizada no monitoramento para as realidades de cada região, buscando soluções que sejam viáveis mesmo em áreas com acesso limitado à infraestrutura; - Ampliar o acesso das comunidades locais ao *wifi* gratuito e a aparelhos celulares ou aparelhos compatíveis de uso para registros de dados/informações (e.g., imagens ou vídeos); - Desenvolver treinamentos práticos demonstrativos e divulgar as informações geradas com o uso de ferramentas digitais e aplicativos específicos, enfatizando sua aplicabilidade; - Investir em comunicação e disseminação da informação sobre os resultados dos projetos.

Continua

Continuação

Diretrizes	Desafios	Recomendações
Promover atitudes favoráveis à ciência e ao meio ambiente e treinamento para o reconhecimento da biodiversidade.	- Falta de conscientização da população sobre a importância do monitoramento participativo da biodiversidade; - Falta de compreensão sobre a natureza da ciência e sua relação com os desafios socioambientais enfrentados no cotidiano; - Baixo nível de treinamento para identificação dos grupos taxonômicos; - Elevada diversidade biológica e impedimento taxonômico; - Pouca interação dos taxonomistas com projetos de monitoramento participativo.	- Promover campanhas educativas para destacar a importância da biodiversidade e como o monitoramento participativo pode contribuir para sua conservação, envolvendo as comunidades locais desde o início do projeto; - Criar espaços para inserção destes temas no cotidiano das comunidades, seja em ambientes formais e informais de ensino e organizações da sociedade; - Motivar os voluntários para realização de treinamentos sobre os grupos biológicos que serão monitorados; - Estimular parcerias com organizações não governamentais, museus, escolas e outros órgãos ligados ao estudo da biodiversidade (*scaling up*), para realização de treinamentos para identificação de grupos taxonômicos a serem monitorados pelos projetos; - Empreender esforços para incluir as comunidades locais no planejamento e na tomada de decisões do projeto de monitoramento, garantindo que suas necessidades e preocupações sejam levadas em consideração; - Investir na formação de taxonomistas e para taxonomistas; - Incentivar a participação de taxonomistas em propostas de projetos de monitoramento participativo.

AGRADECIMENTOS

B.F. Viana agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa (processo nº 2112819756584522). A.F. Barreto-Lima, J.V.A. Lacerda e S. Koffler agradecem ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil (MCTI), responsável pelo Programa de Capacitação Institucional (PCI), ao Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA) pelo suporte e ao CNPq pelas bolsas (processos nº 301328/2023-4, 301349/2023-1 e 301985/2024-3, respectivamente). J.S. França agradece à Fapemig/CNPq pela bolsa (processo nº 150516/2023-1).

REFERÊNCIAS

Ballard, H.L., Dixon, C.G.H., & Harris, E.M. (2017). Youth-focused citizen science: examining the role of environmental science learning and agency for conservation. *Biological Conservation*, *208*, 65–75. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.024

Bonney, R., Phillips, T.B., Ballard, H.L., & Enck, J.W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, *25*(1), 2–16. https://doi.org/10.1177/0963662515607406

Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A.M.Z., López, B.C., Danielsen, F., Legind, J.K., Masinde, S., Miller-Rushing, A.J., Newman, G., Rosemartin, A., & Turak, E. (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation*, *213*, 280–294. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004

Constantino, P.A.L., & Cruz, A.T. (2016). *Monitoreo de la biodiversidad en América Latina: Panorama*

y recomendaciones para estructurar una iniciativa. Gknoronha.

Danielsen, F., Pirhofer-Walzl, K., Adrian, T.P., Kapijimpanga, D.R., Burgess, N.D., Jensen, P.M., Bonney, R., Funder, M., Landa, A., Levermann, N., & Madsen, J. (2014). Linking public participation in scientific research to the indicators and needs of international environmental agreements. *Conservation Letters*, *7*(1), 12–24. https://doi.org/10.1111/conl.12024

Dickinson, J.L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R. L., Martin, J., Phillips, T., & Purcell, K. (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *10*(6), 291–297. https://doi.org/10.1890/110236

Forti, L.R., Pontes, M.R., Augusto-Alves, G., Martins, A., Hepp, F., & Szabo, J.K. (2022). Data collected by citizen scientists reveal the role of climate and phylogeny on the frequency of shelter types used by frogs across the Americas. *Zoology*, *155*, 126052. https://doi.org/10.1016/j.zool.2022.126052

Forti, L.R., & Szabo, J.K. (2023). The iNaturalist platform as a source of data to study amphibians in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, *95*(1), e20220828. https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220828

Fraisl, D., Campbell, J., See, L., Wehn, U., Wardlaw, J., Gold, M., Moorthy, I., Arias, R., Piera, J., Oliver, J. L., Masó, J., Penker, M., & Fritz, S. (2020). Mapping citizen science contributions to the UN sustainable development goals. *Sustainability Science*, *15*(6), 1735–1751. https://doi.org/10.1007/s11625-020-00833-7

França, J.S., Solar, R., Hughes, R.M., & Callisto, M. (2019). Student monitoring of the ecological quality of neotropical urban streams. *Ambio*, *48,* 867–878. https://doi.org/10.1007/s13280-018-1122-z

Galdino-Leal, C., & Câmara, I.G. (2003). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. Island Press.

Gallo, T., & Waitt, D. (2011). Creating a successful citizen science model to detect and report invasive species. *BioScience*, *61*(6), 459–465. https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.6.8

Gardiner, M.M., Allee, L.L., Brown, P.M.J., Losey, J.E., Roy, H.E., & Smyth, R.R. (2012). Lessons from lady beetles: accuracy of monitoring data from US and UK citizen-science programs. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *10*(9), 471–476. https://doi.org/10.1890/110185

Ghilardi-Lopes, N.P., Zocca, C., Barreto-Lima, A.F., Alexandrino, E., França, J.S., Guimarães, A., Lacerda, J.V.A., Braga, L., Baptista, N.N.M., & Castro, P.F.D. (2024). Desafios e potencialidades da ciência cidadã para o estudo da biodiversidade: resultados do Programa de Ciência Cidadã do Instituto Nacional da Mata Atlântica de 2019 a 2023. *Boletim do Museu de Biologia* Prof. *Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 155–171.

Graham, J.R., Campbell, J.W., Tsalickis, A., Stanley-Stahr, C., & Ellis, J.D. (2023). Observing Bees and Wasps: why surveys and monitoring programs are critical and how they can improve our understanding of these beneficial Hymenopterans. *Journal of Pollination Ecology*, *33*(9), 139–169. https://doi.org/10.26786/1920-7603(2023)725

Hines, C., Duval, L., Watts, B.D., Van Horn, G., & Miller, E. (2023). Citizen science photographs indicate different timing and location use of migrating adult and juvenile Whimbrels. *Ornithological Applications*, *125*, duad011. https://doi.org/10.1093/ornithapp/duad011

Hooper, D.U., Chapin III, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J., & Wardle, D.A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, *75*(1), 3–35. https://doi.org/https://doi.org/10.1890/04-0922

Hughes, A.C., Orr, M.C., Ma, K., Costello, M.J., Waller, J., Provoost, P., Yang, Q., Zhu, C., & Qiao, H. (2021). Sampling biases shape our view of the natural world. *Ecography*, *44*(9), 1259–1269. https://doi.org/10.1111/ecog.05926

IPBES. (2019). *Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES secretariat.

Irwin, A. (1995). *Citizen science: a study of people, expertise, and sustainable development*. Routledge.

Joly, C.A., Scarano, F.R., Seixas, C.S., Metzger, J.P., Ometto, J.P., Bustamante, M.M.C., Padgurschi, M.C.G., Pires, A.P.F., Castro, P.F.D., Gadda, T., Toledo, P., & Padgurschi, M.C.G. (2019). *1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade & Serviços Ecossistêmicos*. Editora Cubo. https://doi.org/10.4322/978-85-60064-88-5

Klinger, Y.P., Eckstein, R.L., & Kleinebecker, T. (2023). iPhenology: Using open-access citizen science photos to track phenology at continental scale. *Methods in Ecology and Evolution*, *14*(6), 1424–1431. https://doi.org/10.1111/2041-210X.14114

Koffler, S., Ghilardi-Lopes, N.P., Francoy, T.M., Albertini, B., Leocadio, J., Barbiéri, C., Nakamura, D.Y.M., Caldeira, B.S., Silva, L., Yamamoto, Y., & Saraiva, A. (2021). *Projeto #CIDADÃOASF: protocolo de monitoramento de atividade de voo em abelhas sem ferrão utilizando Ciência Cidadã*. UFABC.

Koffler, S., Queiroz-Souza, C., Ghilardi-Lopes, N.P., Viana, B.F., França, J.S., & Saraiva, A.M. (2024). Princípios e diretrizes para o desenvolvimento de projetos de ciência cidadã. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 38–45.

Lamas, I.R., Moreira-Lima, L., & Silva, T.C.L. (2018). *Observação de aves na costa do descobrimento: educação, conservação e sustentabilidade*. Conservação Internacional (CI-Brasil). https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/revis-rio-dos-frades/arquivos/livro_aves__descobrimento.pdf

Le Provost, G., Schenk, N.V., Penone, C., Thiele, J., Westphal, C., Allan, E., Ayasse, M., Blüthgen, N., Boeddinghaus, R.S., Boesing, A.L., Bolliger, R., Busch, V., Fischer, M., Gossner, M.M., Hölzel, N., Jung, K., Kandeler, E., Klaus, V.H., Kleinebecker, T., ... & Manning, P. (2023). The supply of multiple ecosystem services requires biodiversity across spatial scales. *Nature Ecology and Evolution*, *7*(2), 236–249. https://doi.org/10.1038/s41559-022-01918-5

Lewinsohn, T.M., Agostini, K., Lucci Freitas, A.V., & Melo, A.S. (2022). Insect decline in Brazil: An appraisal of current evidence. *Biology Letters*, *18*(8), 20220219. https://doi.org/10.1098/rsbl.2022.0219

Lima, A., & Gatti, A. (2023). *Biodiversidade de Colatina, Espírito Santo*. Belo Horizonte, MG: Fundação Renova. 64p. ISBN: 978-65-00-69476-5

Lodi, L., & Tardin, R. (2018). Citizen science contributes to the understanding of the occurrence and distribution of cetaceans in southeastern Brazil - a case study. *Ocean & Coastal Management, 158*, 45–55. http://doi:10.1016/j.ocecoaman.2018.03.029

Maund, P.R., Irvine, K.N., Lawson, B., Steadman, J., Risely, K., Cunningham, A.A., & Davies, Z.G. (2020). What motivates the masses: Understanding why people contribute to conservation citizen science projects. *Biological Conservation*, *246*, 108587. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108587

McKinley, D.C., Miller-Rushing, A.J., Ballard, H.L., Bonney, R., Brown, H., Cook-Patton, S., Evans, D.M., French, R.A., Parrish, J.K., Phillips, T.B., Ryan, S.F., Shanley, L.A., Shirk, J.L., Stepenuck, K.F., Weltzin, J.F., Wiggins, A., Boyle, O. D., Briggs, R.D., Chapin III, F.S., Hewitt, D.A., Preuss, P.W., & Soukup, M.A. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological Conservation*, *208*, 15–28. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.015

Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamourux, J., & Fonseca, G.A.B. (2004). *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Cemex.

Monitora, Cronemberger, C., Ribeiro, K.T., Acosta, R.K., de Andrade, D.F.C., Marini-Filho, O.J., Moriga Masuda, L.S., Rêgo Mendes, K., Nienow, S. dos S., Marcolino Polaz, C.N., Reis, M.L., Sampaio, R., Souza, J.M., & de Tófoli, C.F. (2023). Social participation in the Brazilian national biodiversity monitoring program leads to multiple socioenvironmental outcomes. *Citizen Science: Theory and Practice*, *8*(1), 32, 1–15. https://doi.org/10.5334/cstp.582

Moura, M.R., & Jetz, W. (2021). Shortfalls and opportunities in terrestrial vertebrate species discovery. *Nature Ecology and Evolution*, *5*(5), 631–639. https://doi.org/10.1038/s41559-021-01411-5

Nery, M.S., Pereira, R.P., Tabacow, F.P., de Melo, F.R., Mendes, S.L., & Strier, K.B. (2021). Citizen science for

monitoring primates in the Brazilian Atlantic Forest: Preliminary results from a critical conservation tool. *Primate Conservation*, *35*, 1–13.

Norris, D., Michalski, F., & Gibbs, J.P. (2018). Community involvement works where enforcement fails: conservation success through community-based management of Amazon river turtle nests. *PeerJ*, *2018*(6), 1–20. https://doi.org/10.7717/peerj.4856

Oliveira, U., Paglia, A.P., Brescovit, A.D., de Carvalho, C.J.B., Silva, D.P., Rezende, D. T., Leite, F.S.F., Batista, J.A.N., Barbosa, J.P.P.P., Stehmann, J.R., Ascher, J.S., de Vasconcelos, M.F., De Marco, P., Löwenberg-Neto, P., Dias, P.G., Ferro, V.G., & Santos, A.J. (2016). The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. *Diversity and Distributions*, *22*, 1232–1244. https://doi.org/10.1111/ddi.12489

Pires, A.S., Faria, H.H., & Antunes, A.Z. (2022). Monitoramento colaborativo: a 'ciência cidadã' atribuindo novos valores às pessoas e à conservação. *Revista Brasileira de Ecoturismo*, *15*(3), 414–433. https://doi.org/https://doi.org/10.34024/rbecotur.2022.v15.13643

Pocock, M.J.O., Chandler, M., Bonney, R., Thornhill, I., Albin, A., August, T., Bachman, S., Brown, P.M.J., Cunha, D.G.F., Grez, A., Jackson, C., Peters, M., Rabarijaon, N.R., Roy, H.E., Zaviezo, T., & Danielsen, F. (2018). Chapter Six - A Vision for Global Biodiversity Monitoring With Citizen Science. In D.A. Bohan, A.J. Dumbrell, G. Woodward, & M. Jackson (Eds.), *Advances in Ecological Research* (1st ed., pp. 169–223). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2018.06.003

Rezende, C.L., Scarano, F.R., Assad, E.D., Joly, C.A., Metzger, J.P., Strassburg, B.B. N., Tabarelli, M., Fonseca, G.A., & Mittermeier, R.A. (2018). From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, *16*(4), 208–214. https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002

SOS Mata Atlântica, & INPE. (2022). *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2020/2021, relatório técnico*. https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes/

Souza, T.C., Ribeiro, K.T., Tofoli, C.F., Lemos, P.F., & Chiaravalloti, R.M. (2019). Monitoramento da biodiversidade para as estratégias de conservação: experiência do Programa Monitora. In C.F. Tófoli, P.F. Lemos, R.M. Chiaravalloti, & F. Prado. (Eds.), *Monitoramento participativo da Biodiversidade: Aprendizados em evolução* (2nd ed., pp. 64–83). IPÊ - Instituto de Pesquisas Ecológicas / MEMNON.

Suter, S., Barrett, B., & Welden, N. (2023). Do biodiversity monitoring citizen science surveys meet the core principles of open science practices? *Environmental Monitoring and Assessment*, *195*(2). https://doi.org/10.1007/s10661-022-10887-y

Szabo, J.K., Davy, P.J., Hooper, M.J., & Astheimer, L.B. (2009). Predicting avian distributions to evaluate spatiotemporal overlap with locust control operations in eastern Australia. *Ecological Applications*, *19*(8), 2026–2037. https://doi.org/10.1890/08-0264.1

Szabo, J.K., Vesk, P.A., Baxter, P.W.J., & Possingham, H.P. (2010). Regional avian species declines estimated from volunteer-collected long-term data using List Length Analysis. *Ecological Applications*, *20*(8), 2157–2169. https://doi.org/10.1890/09-0877.1

Thompson, M.M., Moon, K., Woods, A., Rowley, J.J.L., Poore, A.G.B., Kingsford, R.T., & Callaghan, C.T. (2023). Citizen science participant motivations and behaviour: Implications for biodiversity data coverage. *Biological Conservation*, *282*, 110079. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110079

Tregidgo, D.J., West, S.E., & Ashmore, M.R. (2013). Can citizen science produce good science? Testing the OPAL Air Survey methodology, using lichens as indicators of nitrogenous pollution. *Environmental Pollution*, *182*, 448–451. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.034

Tulloch, A.I.T., Possingham, H.P., Joseph, L.N., Szabo, J., & Martin, T.G. (2013). Realising the full potential of citizen science monitoring programs. *Biological Conservation*, *165*, 128–138. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.05.025

Vancine, M.H., Muylaert, R.L., Niebuhr, B.B., Oshima, J.E. de F., Tonetti, V., Bernardo, R., De Angelo, C., Rosa, M.R., Grohmann, C.H., & Ribeiro, M.C. (2024). The Atlantic Forest of South America: Spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. *Biological Conservation*, *291*, 110499. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110499

Viana, B.F., Souza, C.Q., & Moreira, E.F. (2020). Why the views of Latin American scientists on citizen science as a tool for pollinator monitoring and conservation matter? *Neotropical Entomology*, *49,* 604–613. https://doi.org/10.1007/s13744-020-00793-8

Viana, B.F., Souza, C.Q., Silva, F.O., Blochtein, B., & Loula, A. (2022). Os guardiões dos polinizadores e do serviço de polinização. In N.P. Ghilardi-Lopes, & E.E. Zattara. (Eds.), *Ciência cidadã e polinizadores da América do Sul* (1st ed., pp. 95–101). Editora Cubo. https://doi.org/10.4322/978-65-86819-20-5.100001.pt

von Gönner, J., Herrmann, T.M., Bruckermann, T., Eichinger, M., Hecker, S., Klan, F., Lorke, J., Richter, A., Sturm, U., Voigt-Heucke, S., Brink, W., Liedtke, C., Premke-Kraus, M., Altmann, C., Bauhus, W., Bengtsson, L., Büermann, A., Dietrich, P., Dörler, ... & Bonn, A. (2023). Citizen science's transformative impact on science, citizen empowerment and socio-political processes. *Socio-Ecological Practice Research*, *5*, 11–33. https://doi.org/10.1007/s42532-022-00136-4

Wiggins, A., Newman, G., Stevenson, R.D., & Crowston, K. (2011). Mechanisms for data quality and validation in citizen science. *Seventh IEEE International Conference on E-Science Workshops*, 14–19. https://doi.org/10.1109/eScienceW.2011.27

RELATO DE EXPERIÊNCIA

Como a curiosidade humana norteou um projeto de ciência cidadã que monitora aves anilhadas? Lições aos futuros projetos brasileiros

Eduardo Roberto Alexandrino[1,2*], Maristela Camolesi Alcantara[2], Hiago Ermenegildo[2,3], Leticia Keiko Nunes de Campos[1,2], Giovana Izzo Costa[2], Taynara Cristina Bessi[1,2], Anita Seneme Gobbi[1,2], Katia Maria Paschoaletto Micchi de Barros Ferraz[1,2]

[1] Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Ciências Florestais, Laboratório de Ecologia, Manejo e Conservação da Fauna Silvestre, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba, SP, Brasil, 13418-900

[2] Equipe do projeto "Eu vi uma ave usando pulseiras!?"

[3] Instituto Manacá, Rodovia SP-139, km 80, Zona Rural, S/N, São Miguel Arcanjo, SP, Brasil, 18230-000

***Autor para correspondência:**
E-mail: eduardoalexandrino@hotmail.com

Recebido: 10/08/2023
Aceito: 05/07/2024

Resumo

Executar investigações científicas com a ajuda do público é uma forma de diminuir o distanciamento entre a academia e a sociedade, mas essa pode ser uma tarefa complexa. Neste manuscrito, compartilhamos nossas experiências em quatro investigações ornitológicas realizadas pelo projeto de ciência cidadã "Eu vi uma ave usando pulseiras!?". Destacamos como os erros cometidos e desafios vivenciados ajudaram a gradativamente moldar os atuais objetivos deste projeto. O projeto iniciou em 2016 com a intenção de mensurar a área de vida de aves em um remanescente florestal contando com a ajuda do público. Cada ave era marcada com anilhas com cores e sequências exclusivas e o público era recrutado para visitar o local. Ao encontrar uma ave anilhada, o público deveria reportar o ponto exato do encontro, data, hora e as cores das anilhas. Embora na primeira tentativa o baixo número de cidadãos engajados (n=10) não foi suficiente para coletar os dados necessários à investigação sobre espécies florestais, a mesma metodologia de monitoramento foi oportunamente testada em outras investigações que demandavam informações sobre indivíduos de aves. Movido pela curiosidade de vários cidadãos, estudamos o comportamento de seriemas e corruíras no ambiente urbano, e os impactos que comedouros podem causar nas comunidades de aves. Mesmo com uma equipe reduzida e bastante rotativa, pouco fomento e limitações tecnológicas, entre 2016 e 2023 o projeto anilhou 515 aves de 94 espécies em sete localidades e conseguiu gerar 986 registros de aves anilhadas com a atuação de 329 cidadãos. Estes resultados e o sucesso das investigações realizadas determinaram o escopo de atuação futura do projeto. Esperamos que a trajetória do projeto expressa neste manuscrito inspire outros brasileiros a contornar possíveis desafios ao executar seus projetos de ciência cidadã.

Palavras-chave: Anilhamento de aves, comedouros, comportamento animal, ecoturismo, observação de aves, ornitologia

How did human curiosity guide a citizen science project that monitors banded birds? Lessons for future projects in Brazil

Abstract

Conducting scientific research with public participation can close the gap between academy and society, however, it may not be an easy task. In this manuscript, we share our experiences from four ornithological studies carried out as part of the citizen science project "Did I see a banded bird!?". We emphasize the mistakes and challenges experienced which contributed to formulating the current project's objectives. The project started in 2016 with the aim of measuring the home range of birds in a forest remnant with the help of the public. Each bird was banded with a unique combination of colors, and public was recruited to visit the place. Upon resighting a banded bird, the public should report the exact location of the encounter, time, day, and band combination. In the first attempt, the low number of citizens engaged (n=10) were not enough to collect data necessary for the investigation about forest species. However, the same method of monitoring was opportunely tested in subsequent studies that required information of individuals. Driven by the curiosity of several citizens, we studied Red-legged-Seriema and House Wren behavior in urban landscapes, and the effects of feeders on bird communities. Even with small team that had a high turnover, limited funding and technological limitations, from 2016 to 2023, the project banded 515 birds of 94 species at seven locations, and generated 986 resighting with the contribution of 329 citizens. Our well succeed studies determined the future scope of activities of the project. We hope that the project's journey expressed in this manuscript inspires other Brazilians to overcome challenges when implementing their citizen science projects.

Keywords: Animal behavior, bird banding, bird feeders, birdwatching, ecotourism, ornithology

CONTEXTUALIZAÇÃO

A ciência cidadã é uma abordagem científica que nos últimos 10 anos ganhou expressiva atenção dentro das instituições de ensino e pesquisa do Brasil, bem como junto ao poder público e população em geral (Cunha *et al*. 2017; Queiroz-Souza *et al*. 2023). A definição de ciência cidadã depende do contexto (Haklay *et al*. 2021), mas em projetos de cunho ecológico e ornitológico uma forma conservadora e ilustrativa para compreendê-la é considerá-la como "a participação de não profissionais em genuínas investigações científicas", sendo que a forma dessa participação popular pode variar na intensidade, frequência e nas diferentes facetas do projeto científico (Shirk *et al*. 2012; Haklay *et al*. 2021). Embora esta abordagem científica seja mundialmente promissora, levantar ideias, planejar, adquirir meios financeiros e materiais para conduzir um projeto de ciência cidadã não é trivial. No Brasil, especificamente dentro dos temas mencionados, ainda existem poucos projetos que relatam os caminhos percorridos, os erros, os acertos e os ajustes cometidos desde o início de suas atividades (e.g., Alexandrino *et al*. 2019a; Comandulli e Alexandrino 2021). A falta de relatos de experiências na literatura brasileira pautada em uma visão crítica, mas construtiva, deixa diferentes entusiastas do processo de construção de conhecimento participativo sem exemplos a seguir

ou a evitar (Queiroz-Souza *et al*. 2023).

Assim, neste manuscrito, trazemos as experiências vividas pelo projeto "Eu vi uma ave usando pulseiras!?", entre 2016 e 2023, dando destaque em como os cidadãos ajudaram na condução de diferentes investigações científicas, algumas inesperadas, e como isso ajudou a formatar a estrutura e objetivos gerais deste projeto. Trazemos uma compilação de diferentes fatos ocorridos em três fases do projeto desde sua origem até culminar na estrutura e objetivos gerais atuais. Ao mesmo momento que o manuscrito traz relatos oriundos de estudos já publicados, também apresentamos dados inéditos.

Resultados alcançados e lições aprendidas

Fase 1 – Primeiras tentativas e ajustes (outubro/2016 a outubro/2019)

O projeto iniciou suas atividades em outubro de 2016 estando locado no Laboratório de Ecologia Manejo e Conservação da Fauna Silvestre, do departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (LEMAC/LCF/ESALQ/USP). Ele surgiu como um método auxiliar para monitorar a área de vida de aves em um remanescente florestal rodeado por plantação de cana-de-açúcar localizado no bairro rural de Santa Olímpia, município de Piracicaba/SP. O projeto tinha o objetivo de mensurar o potencial de diferentes espécies de aves na promoção de restauração florestal (Alexandrino *et al*. 2019a). No remanescente, cada indivíduo de ave capturado recebia uma sequência exclusiva de até três anilhas coloridas e uma anilha metálica com numeração única do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres - CEMAVE (Autorização para anilhamento - Projeto CEMAVE n. 4141, Licença SISBIO n. 5503). Com as anilhas coloridas, era possível identificar de longe cada indivíduo marcado no projeto e assim pontuar os locais de sua ocorrência cada vez que a mesma era encontrada. A fase de recrutamento dos cidadãos ocorreu entre abril de 2017 e abril de 2018 cujo público alvo era qualquer pessoa entusiasta por natureza, incluindo observadores de aves com diferentes níveis de experiência. Nesta fase, cada usuário da plataforma WikiAves residente no estado de São Paulo recebeu uma mensagem convite, bem como diferentes mensagens curtas e vídeos explicativos sobre o projeto foram postados em diferentes comunidades do Facebook. Palestras e divulgação boca a boca em eventos voltados ao público observador de aves também foram usadas durante a fase de recrutamento. Os cidadãos eram convidados a visitar o remanescente florestal para realizar uma manhã de observação de aves e ajudar na procura das aves anilhadas. Pedíamos que os observadores reportassem a data, hora, local de observação e qual era a espécie e as cores das anilhas. Até maio de 2018, 302 pessoas haviam declarado intenção de participar do projeto ao responder um pequeno questionário (Certificado de Apresentação de Apreciação no Ética da ESALQ/USP – CAEE – n. 63717316.5.0000.5395), sendo que várias apontaram alta propensão em visitar o local (e.g., 155 residiam a menos de 200 km do local, e ao menos 64 pessoas declararam que viajariam esta distância para participar do projeto, ver Alexandrino *et al*. 2019a).

Primeiras falhas observadas – Engajar cidadãos não é simples

O número de interessados em participar do projeto foi aparentemente elevado no início (i.e., 302 pessoas), porém, dentro de um ano (abril/2017-abril/2018) apenas 10 pessoas visitaram o remanescente florestal que estava sendo monitorado, e cada um apenas uma vez. Isso foi um resultado bem aquém do esperado e necessário para a pesquisa científica pretendida, uma vez que 64 pessoas que moravam perto do local do estudo declararam grandes chances de visitá-lo. Observamos que diferentes fatores estavam envolvidos nessa falta de êxito, desde a impossibilidade de garantir segurança mínima aos voluntários que visitariam o local, até a falta de uma comunidade de espécies que exerciam natural atração à maioria dos observadores de aves, como espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (Alexandrino *et al*. 2019a; Comandulli e Alexandrino 2021). Os voluntários que visitaram o local também se queixaram da dificuldade em seguir o protocolo de coleta de dados devido a natural dificuldade de visualizar aves no ambiente florestal (i.e., baixa detecção visual e predomínio de detecção auditiva). A forma de entrega dos registros era informal, por preenchimento de uma planilha enviada pelo coordenador do projeto ou por um aplicativo próprio para submissão de registros, ambos canais que impediam o aprendizado dos cidadãos participantes (ver tópico desafios). Com a ocorrência dos pontos acima mencionados, também foi notado que dois princípios básicos da ciência cidadã (RBCC

2023) não estavam sendo respeitados (e.g., princípios – "Tanto os cientistas como os cidadãos cientistas beneficiam-se da sua participação nos projetos de ciência cidadã"; "Os cidadãos cientistas recebem feedback do projeto"). Muito disso ocorreu por conta de uma visão acadêmica limitada sobre ciência cidadã que o coordenador do projeto tinha na época, o qual se resumia em recrutar cidadãos para coletar dados para pesquisadores formais enquanto realizavam uma atividade de lazer (i.e., visão que alinhava unicamente a Bonney 1996). Não estava sendo considerada uma ampla gama de fatores que poderiam determinar o engajamento dos cidadãos em projetos científicos (Queiroz-Souza *et al*. 2023). Estes detalhes fizeram com que os poucos participantes do projeto deixassem de fazer uma propaganda positiva sobre o mesmo. Em meados de 2018, quando a gravidade destas falhas fora reconhecida já era impossível reverter a situação, pois já não havia mais verba disponível para implementar adequações.

Segunda tentativa – corrigindo as primeiras falhas

Embora o projeto não tenha tido sucesso na primeira tentativa, seu caráter inovador chamou a atenção do público brasileiro. Vale destacar que 94 cidadãos que preencheram o formulário de intenção em participar da primeira tentativa residiam acima de 300km do local do projeto, e mensagens com fotos de aves anilhadas provenientes de outros pontos do Brasil, seguidas de questionamentos sobre a origem da ave, começaram e ser enviadas à equipe do projeto (e.g., Ribeiro *et al*. 2022). Esses fatos indicavam que monitorar aves anilhadas com o apoio de cidadãos poderia ser promissor, e fez com que seu coordenador mantivesse a vontade de testar o projeto uma segunda vez, mas contornando as falhas reconhecidas na primeira tentativa.

No início de novembro de 2018, o projeto oportunamente testou a mesma metodologia de monitoramento com um filhote de seriema (*Cariama cristata*, ave terrestre de grande porte que tinha aproximadamente 30 dias de vida) dentro do *campus* universitário "Luiz de Queiroz" em Piracicaba/SP. A ideia inicial era acessar quais eram os locais por onde aquele indivíduo e sua família (um adulto e outro filhote) andariam no *campus* e suas preferências de habitat (o campus tinha 914,5 ha e era composto por área urbana, rural e florestal). O recrutamento do público foi por meio do Facebook, rede social amplamente usada na época, e a entrega dos registros da seriema anilhada foi concentrada no grupo "Viu uma seriema na ESALQ?"[1]. Entre 05 de novembro de 2018, quando o filhote foi anilhado e 09 de agosto de 2019, data de seu último registro, foram obtidos 668 registros de seriemas no *campus* (média de 3 registros/dia, sendo 529 apenas da seriema anilhada). Mesmo após o desaparecimento da seriema anilhada, que não sabemos os motivos, e consequente finalização do monitoramento, o projeto ainda recebeu outros 96 registros de seriemas não anilhadas vistas no *campus* até 27 de fevereiro de 2020, um resultado que demonstra o quão popular foi o monitoramento neste local. No fim, esse monitoramento contou com a participação de 188 cidadãos, entre alunos, funcionários e visitantes da ESALQ. Como resultados científicos, o monitoramento conseguiu identificar as ameaças que as seriemas sofriam no local, e foi reconhecido a falta de comportamentos que sugeriam adaptação evolutiva nos filhotes para sobreviver no meio urbano (Alexandrino *et al*. 2019b).

Uma combinação de fatores explica o sucesso do monitoramento das seriemas e foi detalhadamente discutido em Comandulli e Alexandrino (2021). Para o presente manuscrito, vale destacar que a curiosidade dos participantes sobre diferentes ações observadas nas seriemas norteou a equipe do projeto a realizar uma investigação científica diferente da inicialmente pensada. No início, se acreditava que apenas registros sobre o local de avistamento das seriemas seriam fornecidos, mas ao longo do tempo registros visuais (fotos e vídeos) acompanhados de relatos sobre as ações executadas pelas aves permitiram a realização de uma investigação sobre os comportamentos executados por elas para sobreviver numa área urbanizada com alto fluxo de pessoas, carros e presença de centenas de gatos domésticos abandonados (Alexandrino *et al*. 2019b). Este fato ajudou engajar mais participantes, a manter o monitoramento ativo, e no final a propor tomada de decisões com base nos resultados obtidos (e.g., instalação de placas informativas sobre cuidados ao dirigir no campus, sobre não alimentar animais selvagens, etc, Comandulli e Alexandrino 2021). A lição que esta primeira experiência bem sucedida deixou foi que a relação entre equipe do projeto e os cidadãos precisa ir além da mera solicitação para

[1] Grupo do Facebook "Você viu uma seriema na ESALQ?". https://www.facebook.com/groups/1947269508912397

coletar dados (e.g., prover atualizações sobre os resultados do monitoramento e ouvir os cidadãos quando eles se interessam pelas demais etapas investigativas).

Fase 2 - Expansão do projeto (outubro/2019 – março/2020)

O segundo semestre de 2019 marca o início da expansão do projeto para outros pontos do Brasil. Impulsionado pelo bom resultado com o monitoramento de seriemas no *campus* "Luiz de Queiroz" indagou-se na época com quais outros contextos de pesquisa, ambientes, públicos e espécies de aves o projeto poderia funcionar. Em outubro de 2019, o projeto foi instalado na região do Parque do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão - MBML (parque que sedia o Instituto Nacional da Mata Atlântica), zona urbana de Santa Teresa/ES, e no parque urbano 'Mini-Horto' de Águas de São Pedro/SP. Entre novembro de 2019 e março de 2020, o projeto também foi instalado na Fazenda Elguero/RPPN Trápaga, uma paisagem rural/florestal em São Miguel Arcanjo/SP e na paisagem florestal da Reserva Votorantim Legado das Águas, em Miracatu/SP (Figura 1). Ambos locais eram estudados pela orientada de mestrado do coordenador do projeto (ver Alcantara 2022). O anilhamento era um dos métodos utilizados pelo seu projeto de mestrado para marcar as aves e monitorá-las em comedouros por meio de armadilhamento fotográfico.

Durante a época de expansão, decidimos também utilizar o Instagram (@aves.usando.pulseiras) e o Youtube para ajudar na divulgação do projeto.

Após 2020 – Focando novas oportunidades e definindo o futuro do projeto

Em março de 2020, a chegada da pandemia Covid19 no Brasil, interrompeu a visitação nas quatro localidades onde o projeto estava instalado na época. Embora o número de registros de aves anilhadas e participação pública nos monitoramentos foram quase nulos ao longo dos primeiros seis meses da pandemia, essa pausa foi encarada como uma oportunidade de revisar os dados que já haviam sido entregues nas novas áreas implementadas e avaliar as demandas de conhecimento levantadas durante as interações com o público até aquele momento. Durante essa época, resolvemos analisar um monitoramento oportuno que foi iniciado graças a curiosidade de um cidadão que relatou ao projeto corruiras (*Troglodytes musculus,* uma delas anilhada pelo projeto) tentando realizar sucessivas tentativas de nidificação em seu capacete de motociclista. O monitoramento foi realizado, junto com o cidadão, em dezembro de 2019 no MBML via armadilha fotográfica instalada na frente do capacete e a intenção era descobrir as razões destas tentativas de nidificação. Um artigo científico que contou com a coautoria do cidadão dono do capacete foi produzido, em que são apresentadas evidências inéditas que explicam como as corruíras conseguem vantagem reprodutiva vivendo em ambientes dominados por humanos (Alexandrino *et al*. 2022a).

Outra oportunidade identificada em 2020 foi a possibilidade de realizar investigações científicas sobre impactos causados por comedouros para aves silvestres junto com cidadãos. Durante a expansão do projeto, um questionário foi aplicado a diversos observadores de aves do Brasil (CAEE – n. 30778720.2.0000.5395, vinculado ao de mestrado de Maristela C. Alcantara). Nele havia uma questão que refletia o nível de curiosidade dos observadores de aves, caso eles observassem uma ave anilhada num comedouro. Dos 451 respondentes, 373 (82%) responderam que gostariam de saber por que a ave foi anilhada e qual era seu histórico. Esse resultado, somado à elevação do interesse dos brasileiros por comedouros durante a pandemia (Alexandrino *et al*. 2022b), fez com que o projeto destinasse esforços em: (1) incentivar que cidadãos realizassem o registro e reporte de aves anilhadas observadas nos comedouros que haviam em alguns locais de ocorrência do projeto; (2) convidar interessados a analisar vídeos das armadilhas fotográficas que monitoravam estes comedouros (durante cursos de formação de cientistas cidadãos, atividade iniciada em fevereiro de 2023). Com essa abordagem, o projeto passou a acessar, junto com os cidadãos, a frequência de ocorrência de cada indivíduo anilhado nos comedouros (seguindo o realizado em Alcantara 2022), bem como, quantificar diferentes comportamento executados por várias espécies nestas estruturas. Desde 2021, alguns estudos já foram produzidos, focando indicativos de impactos positivos e negativos causados por comedouros (e.g., Rui *et al*. 2021; Alcantara e Alexandrino 2022).

Resultados gerais obtidos – aves anilhadas, reportadas e público

Em linhas gerais, desde o início do projeto até o fechamento deste manuscrito (maio/2023) e conside-

rando todas as localidades onde o mesmo foi instalado e mantido ativo (Figura 1a)[2], já haviam sido anilhadas 515 aves de 94 espécies e 963 registros de aves anilhadas já haviam sido reportadas espontaneamente por 271 cidadãos. Outros 75 registros foram realizados em campo pela equipe do projeto na companhia de 58 cidadãos (total geral – 986 registros e atuação de 329 cidadãos). No período, também realizamos o

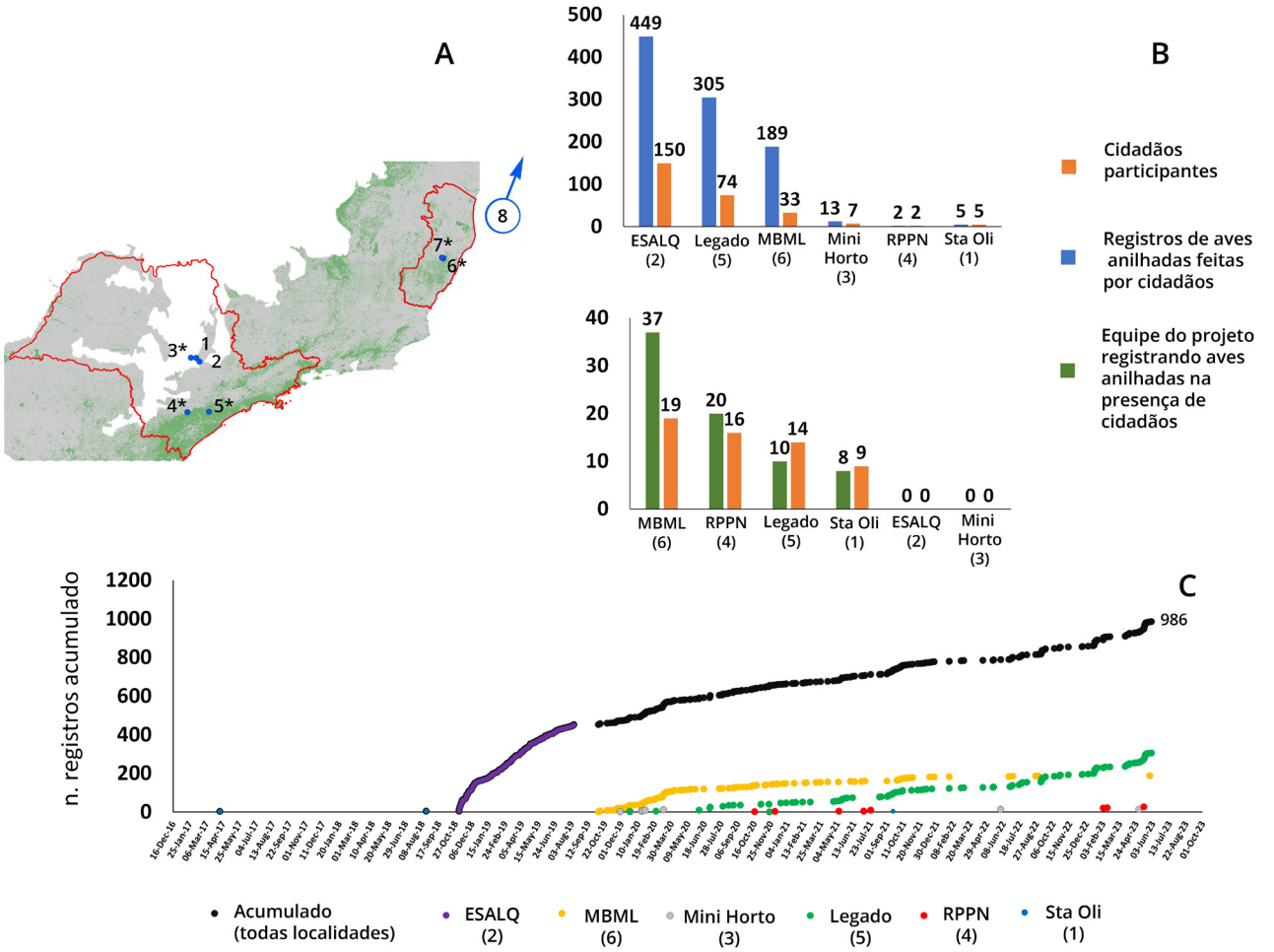


FIGURA 1: (A) Localidades onde o projeto 'Eu vi uma ave usando pulseiras!?' já foi instalado (Estado de São Paulo e Espírito Santo marcados em vermelho): 1 – Bairro Rural de Santa Olímpia, 2 – Campus "Luiz de Queiroz (ambos em Piracicaba/SP); 3 – Mini Horto de Águas de São Pedro/SP; 4 – Fazenda Elguero/RPPN Trápaga (São Miguel Arcanjo/SP); 5 – Reserva Votorantim Legado das Águas (Miracatu/SP); 6 – Região do Parque do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão – MBML, 7 – Pousada Sitio Canaã (ambos em Santa Teresa/ES);. OBS: O projeto Aves de Noronha está realizando testes na ilha de Fernando de Noronha, e por isso a ilha está listada aqui como localidade 8. Localidades com * tem comedouros para aves sendo monitorado; (B) Número de registros de aves anilhadas fornecidos espontaneamente por cidadãos. OBS: Na Fazenda Elguero/RPPN Trápaga houveram apenas registros realizados quando a equipe do projeto estava executando observação de aves junto com cidadãos. (C) Número de registros de aves anilhadas realizada pelos cidadãos participantes do projeto em cada área de estudo.

[2] Observações: O projeto também realizou anilhamentos na Pousada Sítio Canaã, zona rural de Santa Teresa/ES, mas devido a pandemia Covid 19 o monitoramento participativo não foi efetivado no local. Em 2020, o projeto Aves de Noronha iniciou testes para aplicar a metodologia do projeto no monitoramento de algumas aves terrestres da ilha. Pela falta de acesso aos dados deste projeto, a Ilha de Fernando de Noronha não foi considerada nos resultados aqui apresentados. A partir de 2021, novas espécies foram anilhadas no campus da "Luiz de Queiroz" para futuras investigações.

armadilhamento fotográfico em 21 comedouros existentes em cinco localidades (Figura 1). Dos 69.837 vídeos obtidos, 22.740 já foram analisados. Em 32,5% destes vídeos haviam aves, sendo que aves anilhadas apareceram em 1897 vídeos (8,3%). Tivemos a ajuda de 37 cidadãos na triagem destes vídeos durante o oferecimento de cursos de formação de cientistas cidadãos. Após a expansão do projeto, o número de participantes variou entre as localidades sendo que locais onde há incentivo maior ao ecoturismo (e.g., Legado das Águas e MBML) o número de participantes e, consequentemente, de registros de aves anilhadas foi maior (Figura 1b e Figura 1c).

Desafios internos enfrentados

Todo projeto científico tem problemas em seu percurso, e isso não é diferente com o projeto "Eu vi uma ave usando pulseiras!?". Destacamos alguns desafios que precisam ser compartilhados:

- *Organização dos registros e interação com o público:* Com várias aves anilhadas para serem monitoradas, e com diferentes opções de contato do projeto no ambiente online a partir de 2019, percebemos que seria difícil acompanhar o ritmo de entrega de registros e demandas dos cidadãos por interação online. A entrega não centralizada dos registros sempre demanda um esforço grande da equipe do projeto em procurar, salvar e planilhar manualmente cada registro enviado. O projeto demanda uma automação na organização dos relatos de aves anilhadas e interação com o público, mas ainda hoje as ferramentas online úteis à ciência cidadã, como eBird, WikiAves, iNaturalist, não oferecem as funcionalidades ideais (e.g., fácil visualização do histórico de cada ave anilhada no momento que o cidadão entrega o registro, visualização dos resultados parciais). Assim, o projeto tentou duas vezes elaborar um aplicativo próprio (em 2018 e 2023). No entanto, por limitações financeiras ambas versões não alcançaram excelência (i.e., a primeira só permitia envio de dados. A segunda versão contemplava as funcionalidades outrora mencionadas, mas sua usabilidade ficou pouco atrativa ao público, que consequentemente continuou enviando registros via redes sociais).

- *Fomento e equipe.* Primeiramente, cabe ressaltar que pela natureza das investigações que o projeto já realizou (aves não ameaçadas vivendo próximas dos humanos, Alexandrino 2023) o acesso a fomento sempre foi reduzido, dependendo basicamente da verba proveniente de seu coordenador. Embora o projeto tente manter parceiros em cada localidade onde é instalado, todo apoio é limitado à logística, hospedagem e alimentação no local. Devido à falta de recursos financeiros e a impossibilidade de contratação de um profissional ou criar alguma compensação financeira, o projeto não consegue manter uma equipe estável e dedicada por muito tempo, pautada em alunos de graduação que atuam voluntariamente.

Devido às dificuldades aqui destacadas, dar atenção às oportunidades de pesquisa que surgem com os dados produzidos foi uma maneira de manter o projeto cientificamente ativo e conhecido entre o público.

Então, o que é o projeto "Eu vi uma ave usando pulseiras!?"?

Após vivenciar todas experiências aqui relatadas, frutos de tentativas, desafios e ajustes de percursos, bem como foco em oportunidades de pesquisa demandadas pela curiosidade dos participantes, atualmente o projeto se define como um projeto de ciência cidadã que promove o monitoramento de diversas aves anilhadas em diferentes localidades sob influência da Mata Atlântica (sejam áreas antropizadas ou preservadas) com a ajuda do público geral. Diferentes perguntas de pesquisa, inseridos em variados contextos, que necessitam de dados de indivíduos de aves, são exploradas em cada localidade onde o projeto é implementado. No entanto, o princípio e o objetivo final são sempre os mesmos: engajar cidadãos a reportarem seus encontros com aves anilhadas, para que adquiram consciência ambiental e científica conforme participam das investigações (e.g., compreender impactos que atividades antrópicas podem causar nas aves; entender como investigações científicas são realizadas). Como um ponto extra, a existência do projeto consegue também alavancar a cultura do monitoramento de aves anilhadas no país. Ainda hoje, poucos brasileiros sabem as razões do anilhamento de aves silvestres e como é todo o processo (e.g., quem pode anilhar, licenças, objetivos, etc), e sobra brasileiros achando que toda ave anilhada pertence a alguém e que por consequência tem algum valor financeiro (Costa e Monteiro 2016; Ribeiro *et al*. 2022).

Atualmente, o projeto se alinha a visão mais ampla de ciência cidadã, como a sugerida pela Rede Brasileira de Ciência Cidadã (RBCC 2023), não mais limitando os cidadãos à coleta de dados (ver Alexandrino 2023; www.avesusandopulseiras.com.br).

Assumimos que cada investigação científica que realizamos poderá demandar diferentes tipos de interações entre cidadãos e equipe do projeto. Nossas pesquisas podem ser iniciadas tanto pela equipe do projeto (e.g., Alexandrino *et al*. 2019b, Ribeiro *et al*. 2022) quanto pelos cidadãos (e.g., Alexandrino *et al*. 2022a). Esperamos que tais decisões auxiliem o projeto a permanecer ativo nos anos subsequentes a esta publicação.

Por fim, demonstramos aqui que desafios diversos e inesperados podem surgir em um projeto de ciência cidadã, mas que não necessariamente pode determinar seu fracasso. Mostramos que destinar tempo para ouvir os cidadãos que entram em contato com a equipe que lidera o projeto pode gerar oportunidades futuras. Esperamos que a história do nosso projeto até este momento inspire outros brasileiros a contornar possíveis desafios ao executar seus projetos de ciência cidadã.

AGRADECIMENTOS

Além dos autores deste manuscrito, outras 25 pessoas já atuaram voluntariamente na equipe do projeto, os quais somos extremamente gratos. Os seguintes fomentos permitiram a execução do projeto desde sua criação: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES - bolsa PNPD (2013/1723) e código de financiamento 001; CNPq - bolsa PCI-DA processo 302025/2021-9, 301373/2021-3 e bolsa produtividade para KMPMBF processo 303940/2021-2; FAPESP - processo 2022/01242-7; Universidade de São Paulo - Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo Edital ciência cidadã, n.743 de 09 de dezembro de 2019; Programa Unificado de Bolsas USP (edital 2022-2023). Agradecemos também ao Instituto Manacá, Instituto Nacional da Mata Atlântica, Reservas Votorantim Legado das Águas, Prefeitura Municipal de Águas de São Pedro/SP (Gestão 2017-2021 e 2021-2025), Ecoloja, SAMBIO e Prefeitura do Campus "Luiz de Queiroz". Uma versão em inglês deste manuscrito está disponível no link: https://doi.org/10.5281/zenodo.13625867

REFERÊNCIAS

Alcantara, M.C. (2022). *Uso de comedouros para aves de vida livre: avaliando sua influência nos serviços ecossistêmicos e no ecoturismo*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. https://doi.org/10.11606/D.91.2022.tde-14092022-150154

Alcantara, M.C., & Alexandrino, E.R., (2022). Percepções sobre comedouros para aves de vida livre: implicações para o turismo de observação de aves no Brasil. *Revista Brasileira de Ecoturismo*, 15(3), 329–351. https://doi.org/10.34024/rbecotur.2022.v15.13611

Alexandrino, E.R, Navarro, A.B., Paulete, V.F., Camolesi, M., Lima, V.G.R., Green, A., Conto, T., Ferraz, K.M.P.M.B., Sekercioglu, C.H., & Couto, H.T.Z. (2019a). Challenges in engaging birdwatchers in bird monitoring in a forest patch: lessons for future citizen science projects in agricultural landscapes. *Citizen Science: Theory and Practice*, 4(1), 4. https://doi.org/10.5334/cstp.198

Alexandrino, E.R., Bogoni, J.A., Navarro, A.B., Bovo, A.A.A., Gonçalves, R.M., Charters, J.D., Domini, J.A., & Ferraz, K.M.P.M.B. (2019b). Large terrestrial bird adapting behavior in an urbanized zone. *Animals*, 9(6), 351. https://doi.org/10.3390/ani9060351

Alexandrino, E.R., Silva, G.A., Corbo, M.C., Demuner, B.A., & Szabo, J.K. (2022a). Urban southern house wren (*Troglodytes aedon musculus*) nesting in apparently unsuitable human-made structures: Is it worth it? *Ornitología Neotropical*, *33*, 44–52. https://doi.org/10.58843/ornneo.v33i1.879

Alexandrino, E.R., Camboim, T.A., Chaves, F.G., Bovo, A.A.A., da Silva, M.A.G., da Silva, D.A.M., Moss, M., Souza, T.P., Santos, C. de O., Brito, C.B. de M., Alcantara, M.C., Barbosa, K.V.C., Pina, P.I., Paolino, R.M., Bessi, T.C., Campos, L.K.N. de, Souza, J.L.P., Costa, T.V.V., Müller, G.S., ... Ugrin, S (2022b). Which birds are Brazilians seeing on urban and non-urban feeders? An analysis based on a collective online birding. *Ornithology Research,* 30(2), 104–117. https://doi.org/10.1007/s43388-022-00094-1

Alexandrino, E.R. (2023). Investigando aves que vivem próximas de nós. In N.P. Ghilardi-Lopes, & I.M.S. Lima (Eds.) *Série Ciência Cidadã na Mata Atlântica.* Instituto Nacional da Mata Atlântica. https://doi.org/10.5281/zenodo.11237799

Bonney, R. (1996). Citizen science: A Lab Tradition. *Living Bird*, *15*, 7–15.

Comandulli, C.S., & Alexandrino, E.R. (2021). Ciência Cidadã: aproximando pessoas, transformando realidades. In N.M.F. Vicente, C.F. Sperber, & M.A.C. Carneiro. (Eds.), *Dia D do rio Doce: Um olhar científico sobre o maior desastre socioambiental do BrasilI* (pp. 192-204). UFLA. http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/48007.

Costa, F.J.V., & Monteiro, K.R.G. (2016). *Guia de identificação de aves traficadas no Brasil*. BECONN, Produção de Conteúdo.

Cunha, D.G., Marques, J.F., Resende, J.C., Falco, P.B., Souza, C.M., & Loiselle, A.S. (2017). Citizen science participation in research in the environmental sciences: key factors related to projects' success and longevity. *Anais da Academia Brasileira de Ciências, 89*(3), 2229–2245.

Haklay, M.M., Dörler, D., Heigl, F., Manzoni, M., Hecker, S., & Vohland, K. (2021). What is citizen science? The challenges of definition. In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K. Wagenknecht (Eds.), *The Science of Citizen Science* (pp. 13–34). Springer.

Queiroz-Souza, C., Viana, B., Ghilardi-Lopes, N., Kawabe, L., Alexandrino, E., França, J., Koffler, S., Saraiva, A.M., & Loula, A. (2023). Opportunities and barriers for citizen science growth in Brazil: Reflections from the First Workshop of the Brazilian Citizen Science Network. *Citizen Science: Theory and Practice*, 8(1),13. https://doi.org/10.5334/cstp.521

RBCC - Rede Brasileira de Ciência Cidadã. (2023). *Princípios Norteadores*. https://sites.usp.br/rbciencia-cidada/principios-norteadores/

Ribeiro, M.R.O., Ribeiro, S.M.O., & Alexandrino, E.R (2022). Achei uma ave usando pulseiras! Descobrindo problemas socioambientais muito além de um projeto de ciência cidadã. In *Anais do II Workshop da Rede Brasileira de Ciência Cidadã*. RBCC. https://doi.org/10.29327/175207.1-3

Rui, D.R., Teixeira, D., & Alexandrino, E.R. (2021). Quem está brigando? Identificando aves agressoras e submissas em um comedouro urbano. In *Anais do X Simpósio sobre a Biodiversidade da Mata Atlântica (SIMBIOMA)* (pp. 128–133).

Shirk, J.L., Ballard, H.L., Wilderman, C.C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B.V., Krasny, M.E., & Bonney, R. (2012). Public participation in scientific research: a framework for deliberate design. *Ecology and Society*, 17(2), 29. http://dx.doi.org/10.5751/ES-04705-170229

ARTIGO CIENTÍFICO

Borboletas do Parque do Museu de Biologia Professor Mello Leitão e a Ciência Cidadã: riqueza de espécies e bioindicação do tipo de habitat

Laura Braga[1*], **Natalia Pirani Ghilardi-Lopes**[1,2]

[1] Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), Av. José Ruschi, 4, Santa Teresa, ES, Brasil, 29650-000

[2] Universidade Federal do ABC (UFABC), Centro de Ciências Naturais e Humanas, Campus São Bernardo do Campo, Sala 287 - bloco Delta, Alameda da Universidade, s/n, São Bernardo do Campo, SP, Brasil, 09606-045

***Autor para correspondência:**
E-mail: lblepidoptera@gmail.com

Recebido: 28/08/2023
Aceito: 10/07/2024

Resumo

A Ciência Cidadã tem ampliado o conhecimento sobre a ocorrência da biodiversidade, incluindo de espécies de borboletas no Brasil e no restante do mundo. A partir do compartilhamento de registros fotográficos de cidadãos cientistas, já foi possível registrar espécies raras de borboletas, incluir novas localidades de ocorrência de certas espécies, auxiliar na reavaliação do *status* de conservação de espécies ameaçadas e, ainda, ampliar as listas de espécies para determinadas localidades. Neste cenário, o presente trabalho objetivou inventariar a fauna de borboletas do Parque do Museu e avaliar o tipo de habitat predominante da área. Para isso, foram consideradas 416 observações realizadas por 63 cidadãos cientistas, as quais foram compartilhadas na plataforma iNaturalist e na rede social Instagram. As observações foram representativas de 108 espécies e subespécies, sendo Nymphalidae a família mais representativa, correspondendo a 79,5% das observações e 57,5% das espécies. Dentre as subfamílias de Nymphalidae, destaca-se Danainae: tribo Ithomiini, composta por borboletas que compõem os anéis miméticos, grupo indicador de habitat florestal, correspondendo a 32,5% das observações e 17% da riqueza de espécies. Os resultados representam 15% da riqueza de espécies listadas no município de Santa Teresa (ES). Mesmo com possíveis vieses de registro que são esperados para dados de ciência cidadã (p.ex. superestimação de espécies mais chamativas ou maiores em tamanho), há indício de que o Parque do Museu apresenta predominantemente o habitat florestal com boa qualidade para estas espécies.

Palavras-chave: Bioindicadores, ciência participativa, engajamento, Lepidoptera, mídia social

Butterflies at the "Museu de Biologia Professor Mello Leitão" and Citizen Science: species richness and bioindication of habitat type

Abstract

Citizen Science has expanded our knowledge with regard to the occurrence of biodiversity around the world, including Brazil. This is also true for butterfly species, which are among the most attractive insects worldwide to photograph.

In fact, citizen scientists have recorded rare butterfly species, identified new locations for certain species, contributed to the reassessment of the conservation status of threatened species, and expanded species lists for many sites. The aims of our study were to compily an inventory of the butterfly fauna of the Museum Park (located in Santa Teresa Municipality, Espirito Santo State, Brazil) and to evaluate the predominant habitat type at the site. We collated 416 observations made by 63 citizen scientists on iNaturalist and on Instagram. The observations depicted 108 species and subspecies. Nymphalidae was the best represented family, with 79.5% of the observations and 57.5% of the species richness. Among the subfamilies of Nymphalidae, Danainae were the most common and particularly members of the Ithomiini tribe with 32.5% of the observations and 17% of the species richness. Ithomiini butterflies form mimetic rings and this group indicates forest habitat. Our results represented 15% of the species richness listed for the municipality. Even with recording biases that are expected for citizen science data, i.e. the overestimation of more striking and larger species, most of the Museum Park contains good quality forest habitat for these species.

Keywords: Bioindicators, engagement, Lepidoptera, participatory science, social media

INTRODUÇÃO

Definimos a ciência cidadã (CC) como a participação pública nos processos de geração de conhecimento científico (Bonney *et al*. 2009). Projetos de ciência cidadã sobre biodiversidade envolvendo o público no monitoramento, identificação e registros da fauna e flora, podem proporcionar educação científica e ambiental com foco na biodiversidade (Peter *et al.*, 2019). O registro de **ocorrência de espécies** por cidadãos voluntários (cidadãos cientistas) amplia a abrangência espacial dos projetos de pesquisa (Theobald *et al*., 2015) e contribui com dados sobre uma das variáveis essenciais para o monitoramento da biodiversidade global (Chandler *et al*., 2017; Pocock *et al*., 2018). O incentivo ao engajamento do público no monitoramento da biodiversidade por meio de iniciativas de ciência cidadã aproxima diferentes setores da sociedade às pesquisas que são desenvolvidas em áreas naturais, conforme apontado por estudos realizados em parques e sob a perspectiva da CC (Halliwell 2019; Rosemartin *et al*. 2021).

Borboletas são organismos que se destacam entre observadores da natureza, uma vez que são bastante apreciadas pelo público em geral pelas suas cores e formas (Almeida e Freitas, 2012). Atualmente, a observação e fotografia de borboletas compreende a "quinta geração" na produção de conhecimento em Lepidopterologia (Zamoner 2019), sendo as demais gerações: a ilustração científica, a coleção entomológica, o manejo e a sistemática molecular. Projetos de CC que visam ampliar o conhecimento sobre a distribuição espacial e temporal de borboletas estão bem consolidados em diversos países e continentes (Howard e Davis 2015; Prudic *et al*. 2017; Seltmann *et al*. 2017; Fox 2020; Zamoner 2021), especialmente considerando o uso da abordagem em programas de monitoramento participativo de espécies migratórias (Howard e Davis 2015; Oberhauser 2018). Para se ter uma ideia, na plataforma internacional GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*), a qual abriga dados de biodiversidade do mundo inteiro para uso em pesquisas científicas, 85% dos dados de Lepidoptera são fornecidos por atividades relacionadas à Ciência Cidadã (GBIF, 2024). A grande maioria dos dados provém de espécies localizadas na Europa e América do Norte (Chandler *et al*. 2017), uma vez que na América do Sul, e particularmente no Brasil, ainda existem poucos projetos de CC voltados especificamente às borboletas. Apesar dessa lacuna, o número de cidadãos cientistas

colaboradores em projetos existentes é crescente ao longo dos anos, tanto entre iniciativas voltadas para as borboletas (Zamoner 2021), como para outros grupos biológicos (Forti e Szabo 2023).

A CC tem contribuído com primeiros registros fotográficos de espécies de borboletas raras (ver Mesaglio *et al*. 2021), fornecendo novas localidades de ocorrência para certos táxons (ver Rosa *et al*. 2017; Sanderson *et al*., 2021), ampliando listas de espécies para determinadas localidades (ver Mota *et al*. 2023) e, ainda, auxiliando na reavaliação do *status* de conservação de espécies ameaçadas (Rosa *et al*. 2023). No Brasil, há duas importantes iniciativas de CC com borboletas: as Listas Ecológicas de Espécies de Borboletas (LEEB), iniciativa do Museu Aberto de Biodiversidade do Instituto de Ciência e Tecnologia em Biodiversidade (ICTBIO), em Curitiba (PR) e o projeto "Borboletas Capixabas", do Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), no município de Santa Teresa (ES) (SIBBr, 2024).

A partir de registros de imagens, vídeos e/ou sons em ambientes naturais, os cidadãos cientistas podem aprender sobre ecologia, gerar dados sobre a biodiversidade e, ainda, desenvolver o interesse pela conservação ambiental (Ghilardi-Lopes *et al*. 2022). Levando-se em conta que as borboletas têm sido consideradas boas indicadoras do tipo de habitat (Santos *et al*. 2015) e muitas espécies são exclusivas de habitats florestais (Brito *et al*. 2014), o levantamento das espécies de borboletas que habitam áreas naturais pode auxiliar no entendimento sobre o tipo de habitat predominante nessas áreas. Esta estreita relação faz com que mudanças sutis em um determinado local sejam facilmente percebidas a partir da análise da composição de espécies, já que cada espécie é adaptada a determinadas condições ambientais particulares (Freitas *et al*. 2006; Sweaney *et al*. 2014).

As borboletas constituem um grupo monofilético, que inclui as famílias Hesperiidae, Lycaenidae, Riodinidae, Nymphalidae, Pieridae, Papilionidae (Freitas e Marini-Filho 2011) e Hedylidae — esta última recentemente considerada como família de Papilionoidea (Heikkila *et al*. 2012). Na Mata Atlântica, estima-se que ocorram mais de 2.100 espécies de borboletas (Brown e Freitas 2000b). Neste contexto, através do projeto Borboletas Capixabas, o presente trabalho apresenta a lista de espécies de borboletas registradas por cidadãos cientistas no Parque do Museu de Biologia Professor Mello Leitão (Parque do Museu), uma área verde situada em meio à área urbana do município de Santa Teresa (ES), avalia os grupos taxonômicos de borboletas mais bem representados, como um indicador do tipo de habitat predominante no Parque, e também avalia se o Parque do Museu proporciona recursos para a sobrevivência destas borboletas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (MBML) foi fundado em 26 de junho de 1949 por Augusto Ruschi na Chácara Annita, propriedade localizada no antigo bairro Vila Anita, situado no distrito sede de Santa Teresa, Espírito Santo (ES). A propriedade, com terreno de aproximadamente 70.000 m², abrange uma encosta com duas vertentes e um vale, e foi doada por sua mãe Maria Roatti Ruschi, em 1947. Nesta época, a chácara era constituída de árvores frutíferas, jardins e eucaliptos (Gonçalves 2019). Em 2014, o Parque do Museu passou a ser designado como Parque Zoobotânico do MBML sob a gestão do Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), e abriga remanescentes de vegetação nativa (Mata Atlântica) em diferentes estágios de regeneração, árvores frutíferas e algumas espécies de plantas exóticas. Cerca de 75% da vegetação foi reconstituída por iniciativa do Augusto Ruschi (IBRAM s.d.) e muitos dos plantios de árvores nativas da Mata Atlântica foram realizados por visitantes ilustres em momentos solenes durante as visitas ao Museu (Ruschi 1976) (Figura 1). Atualmente, o Parque do Museu recebe em torno de 80.000 visitantes por ano com entrada gratuita, sendo acessível à comunidade de Santa Teresa, turistas e estudantes (Capucho 2020). O INMA oportuniza experiências transformadoras e educativas através da disseminação das pesquisas científicas para o público visitante do MBML, compreendendo uma das missões da instituição.

O projeto de ciência cidadã "Borboletas Capixabas"

O projeto Borboletas Capixabas foi criado em dezembro de 2022 e tem como objetivo promover o engajamento do público na geração de conhecimento sobre a composição e distribuição geográfica das espécies de borboletas que ocorrem no Estado do Espírito Santo. O projeto é do tipo contributivo, ou seja, os cidadãos cientistas colaboram enviando registros



FIGURA 1: Parque Zoobotânico do Museu de Biologia Professor Mello Leitão. A e B) Fotografias realizadas no início da década de 1950 - arquivos de Augusto Ruschi. C) Fotografia aérea do Parque do Museu obtida em 2016 por Leonardo Merçon/ Instituto Últimos Refúgios. D) Fotografia do Parque do Museu obtida em 2023 pela autora Laura Braga. Fotografias A-C pertencem ao arquivo de fotos do INMA.

para a cientista responsável pelo projeto, a qual faz as identificações das espécies, sistematiza e analisa os dados para publicações científicas (Shirk *et al.* 2012).

Os cidadãos cientistas colaboram com o projeto por meio do envio de registros para a plataforma de ciência cidadã iNaturalist (fotografias digitais - https://www.inaturalist.org/projects/borboletas-capixabas-monitoramento-participativo) e para a rede social Instagram (fotografias e vídeos digitais - @ borboletascapixabas). A utilização do iNaturalist se deve ao fato desta plataforma de ciência cidadã ser bem consolidada, possuir georeferenciamento dos dados, possibilidade de interação com os cidadãos cientistas e envio dos registros com nível de pesquisa para o Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Já o uso do Instagram pelo projeto se deve à grande popularidade desta rede social no Brasil, possibilitando atingir um grande número de pessoas de diferentes perfis através de uma gama de estratégias de engajamento.

Como estratégia de recrutamento, é realizada a divulgação do projeto por meio de cartazes fixados no Parque do Museu e em outros pontos da cidade de Santa Teresa, os quais contém instruções para o compartilhamento de registros via iNaturalist e Instagram, e também o número de contato do WhatsApp do projeto. Também são produzidos periodicamente posts de divulgação do projeto e de divulgação científica (aspectos da biologia e ecologia de Lepidoptera e conservação da natureza) na rede social Instagram. Além da divulgação do projeto em escolas, em eventos de divulgação científica no Parque do Museu, palestras e abordagens diretas feitas pela coordenadora do projeto.

Quanto à acessibilidade dos dados, os registros submetidos no iNaturalist são abertos e qualquer pessoa pode realizar o download dos mesmos. Já os registros recebidos no perfil do Instagram são organizados da seguinte forma: aqueles compartilhados via "Story" (compartilhamento de fotos e vídeos que ficam disponíveis por 24 horas, ou seja, postagem temporária) são arquivados em pastas nos "Destaques"

no perfil do projeto, permanecendo com acesso aberto para consulta, enquanto os registros postados no "Feed" (compartilhamento de fotos e vídeos que ficam expostos na grade do perfil dos colaboradores sem prazo para expirar) são salvos nos arquivos do perfil do projeto e permanecem disponíveis apenas para a coordenadora do projeto, e também permanecem disponíveis no perfil dos cidadãos cientistas autores do registro.

O feedback para os cidadãos cientistas acontece da seguinte forma: para todos os registros recebidos via Instagram é realizada uma interação direta com o cidadão cientista, através de mensagem de agradecimento pelo registro, identificação taxonômica e repostagem no "Story" do projeto e comentários na publicação de "Feed".

As identificações taxonômicas dos registros no iNaturalist são realizadas pelos usuários com perfil de "identificadores" e revisadas pela coordenadora do projeto. Já no Instagram, as identificações são realizadas pela coordenadora do projeto e as confirmações das identificações contam com a colaboração do prof. Dr. André V. L. Freitas (Laboratório de Borboletas - LABBOR/Unicamp), Dr. Lucas Kaminski e Felipi Andrade.

Dados de Ciência Cidadã

Para o inventário das borboletas do Parque do Museu foram utilizados os registros de imagens compartilhadas no iNaturalist (denominadas de observações nesta plataforma) e no Instagram, as quais possuíam localização na área de abrangência do Parque do Museu.

Na plataforma iNaturalist, foram filtradas as observações para o município de Santa Teresa, com localização no Instituto Nacional da Mata Atlântica ou Museu de Biologia Prof. Mello Leitão e, para cada observação, a identificação taxonômica foi revisada, inclusive as observações em "grau de pesquisa" (observações em que existe um consenso sobre a identificação da espécie dentro da comunidade iNaturalist) e aquelas "que necessitam identificação" (observações que atendem os critérios técnicos específicos - data, coordenadas, organismo em vida livre, mas que ainda não atingiram consenso em relação à identificação taxonômica). Para identificação taxonômica foram utilizadas referências da literatura especializadas no grupo taxonômico em estudo (Brown 1992; Tyler *et al*. 1994; Brown e Freitas 2000a; Palo Jr. 2017a,b,c; Warren *et al*. 2017; Bizarro e Martin 2020; Rosa e Freitas 2020). Não houveram observações "casuais" (observações que não atendem aos critérios técnicos específicos). Para cada observação, foi checado se a localização correspondia à área de abrangência do Parque do Museu, a partir da consulta ao mapa de localização disponível nas informações de cada observação. Foram utilizadas as observações referentes ao período desde 2008 considerando a data da observação (anterior à criação do projeto "Borboletas Capixabas") até junho de 2023. Já para as observações do Instagram foram consideradas apenas aquelas que tinham o Instituto Nacional da Mata Atlântica ou Museu de Biologia Prof. Mello Leitão como localização informada pelo cidadão cientista. Todas as identificações foram revisadas para o presente trabalho. Foram utilizadas as observações referentes ao período desde a criação do perfil, em dezembro de 2022, até 15 de julho de 2023. Finalmente, três registros que haviam sido enviados diretamente pelos cidadãos cientistas através do WhatsApp do projeto também foram considerados neste trabalho.

Todos os registros compartilhados nas diferentes plataformas tiveram seus dados planilhados: identificação da espécie, família da espécie, localidade, coordenada, data e observador (nome do usuário), fonte de compartilhamento (Instagram via story e feed, iNaturalist e Whatsapp). As observações duplicadas em duas ou mais plataformas foram deduplicadas e foram consideradas como apenas um registro nas análises.

Análises

O número de observações e o número de cidadãos cientistas que contribuíram em cada uma das plataformas (iNaturalist, Instagram e Whatsapp) foi contabilizado. A quantidade de pessoas envolvidas foi considerada como medida do recrutamento de cidadãos cientistas no projeto. O número de observações compartilhadas pelo total de cidadãos cientistas participantes do projeto Borboletas Capixabas ao longo do tempo foi considerado como medida de engajamento (medida também utilizada por Jäckel *et al*. 2023).

A representatividade de cada família de borboletas registrada foi calculada a partir do número de observações e do número de espécies. Como uma observação não necessariamente corresponde a um único indivíduo e como mais de uma observação pode representar o mesmo indivíduo, enfatizamos que o número de observações não corresponde exatamente à abundância (número de indivíduos por espécie na

comunidade). Entretanto, esse indicador demonstra o quão comuns e residentes determinadas espécies são, e relaciona-se com a facilidade das espécies em serem observadas e, principalmente, fotografadas pelo cidadão cientista observador. Desta forma, a partir dos registros feitos pelos cidadãos cientistas, não é possível inferir alguns parâmetros da estrutura da comunidade considerada, como abundância e diversidade, sendo apenas possível inferir a riqueza e a composição de espécies.

Foram consideradas a ocorrência e proporção das espécies que apresentam os seguintes critérios de bioindicadores para a definição do(s) tipo(s) de habitat predominantes na área de estudo: 1) taxonomia relativamente bem resolvida, 2) conhecimento a respeito da história natural, 3) associação estreita a recursos ou outras espécies - espécies estreitamente relacionadas a outras são mais informativas (representam outro grupo taxonômico ou recurso), 4) "sedentarismo" relativo - espécies que não se dispersam muito e são mais residentes, 5) facilidade na identificação, e, principalmente, 6) fidelidade de habitat - espécies que fornecem informação específica sobre o habitat (Freitas *et al*. 2006). Estas informações foram verificadas na literatura para cada espécie.

Os registros de comportamentos como reprodução e forrageamento foram considerados como indicadores de que o habitat está fornecendo recursos para manter as populações de borboletas residentes do Parque do Museu e que elas estão se reproduzindo e se desenvolvendo.

RESULTADOS

Foram compartilhados 416 registros de imagens de borboletas (observações) do Parque do Museu, obtidos por 63 cidadãos cientistas. Dentre os cidadãos cientistas, dez colaboraram tanto no iNaturalist quanto no Instagram, 21 apenas através do iNaturalist, 30 apenas através do Instagram e dois pelo WhatsApp. Do total de registros, 203 foram disponibilizados no iNaturalist, 206 no Instagram, quatro tanto no iNaturalist quanto no Instagram e três no WhatsApp. O projeto na rede social Instagram recrutou 55% dos cidadãos cientistas participantes.

O compartilhamento de observações das borboletas do Parque do Museu na plataforma iNaturalist iniciou-se em 2019 e foi crescente principalmente a partir do ano de 2021. No entanto, muitas das datas de realização das observações são anteriores à data de compartilhamento, sendo que a observação mais antiga foi realizada em 2008. Após a implementação e divulgação do projeto Borboletas Capixabas no Instagram, o número de observações compartilhadas foi em torno de três vezes maior nesta rede social em comparação ao iNaturalist no período de sete meses do projeto (Figura 2).

Um total de 108 espécies e subespécies foram registradas no Parque do Museu, destas, três corresponderam a espécies que compõem complexos de espécies crípticas (Tabela 1). Em 33 registros fotográficos não foi possível a identificação em nível de espécie, as quais foram identificadas apenas em gênero e/ou subfamília (23 morfoespécies). A família mais representativa foi Nymphalidae, equivalente a 79,5% das observações e 57,5% das espécies registradas, seguida de Hesperiidae (9,5% das obs. e 19% das spp.), Riodinidae (4% das obs. e 11% das spp.), Pieridae (3,5% das obs. e 5,5% das spp.), Lycaenidae (3% das obs. e 6% das spp.), e Papilionidae (0,5% das obs. e 1% das spp.) (Figura 3).

Do total de espécies, 52% são espécies indicadoras de habitat florestal, representando 72% das observações. As espécies mais registradas foram *Caligo brasiliensis brasiliensis* (Felder, 1862) (24 observações), *Pagyris euryanassa* (Felder e Felder, 1860) (23 obs.), *Hypothyris ninonia daeta* (Boisduval, 1836) (23 obs.), *Ortilia ithra* (Kirby, 1871) (22 observações) e *Mechanitis lysimnia lysimnia* (Fabricius, 1793) (17 obs.), todas indicadoras de habitat florestal, com exceção de *O. ithra*, espécie observada em áreas mais abertas como bordas de florestas.

Dentre as espécies indicadoras de habitat florestal, destacam-se as borboletas da tribo Ithomiini (Família Nymphalidae, subfamília Danainae) (Wahlberg *et al*. 2009) (Figura 4), composta por borboletas que compõem o anel mimético tigrado (padrão de coloração das asas laranja-amarelo-preto-branco) e asas-de-vidro (borboletas com asas transparentes). Estas borboletas foram registradas no sub-bosque próximo às alamedas do circuito de visitação do Parque do Museu, correspondendo a 32,5% do total de observações (n=121) e 17% da riqueza de espécies (n=18) (Tabela 1). Durante os meses mais frios e secos (junho e julho), estas borboletas, especialmente as borboletas tigradas, concentraram-se sobre as folhagens de *Curculigo capitulata* (Lour.) Kuntze (Hypoxidaceae), espécie exótica cultivada no sub-bosque próximo à Casa do Ruschi (Administração do INMA) (Figura 5). Registros fotográficos e filmagens desses agrupamentos foram feitos por três cidadãos cientistas e compartilhados via Instagram.

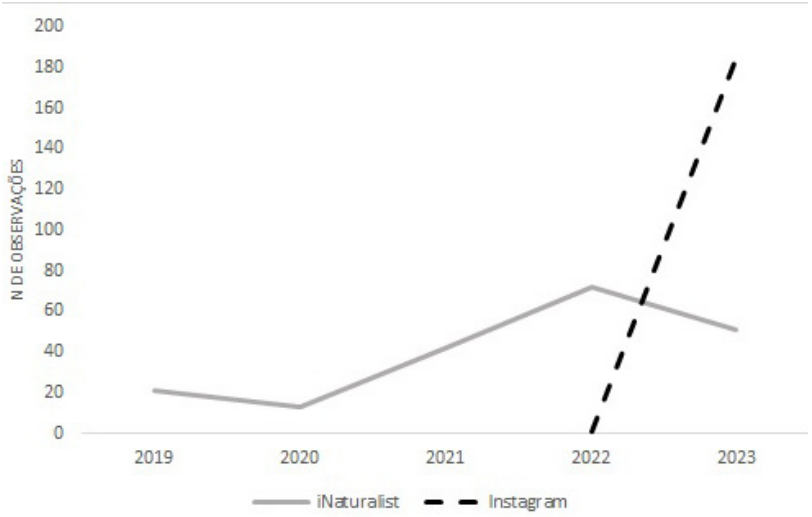


FIGURA 2: Número de observações de borboletas no Parque do Museu de Biologia Mello Leitão com relação ao ano de compartilhamento. A linha contínua representa as observações contidas na plataforma iNaturalist, e a linha tracejada representa as observações obtidas através do perfil do projeto "Borboletas Capixabas" no Instagram.

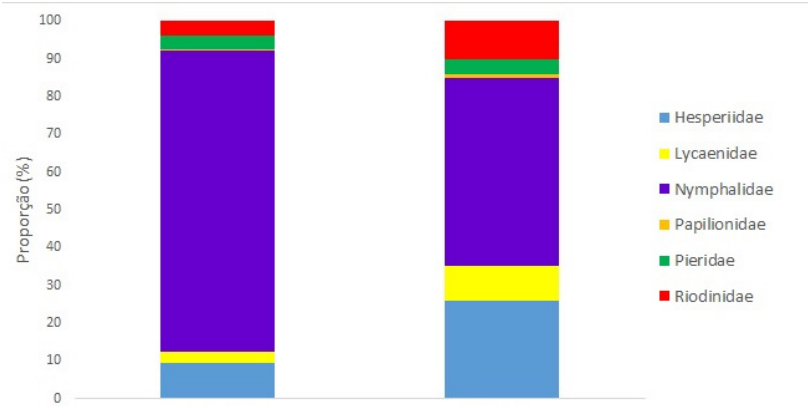


FIGURA 3: Proporção (%) do número de observações e número de espécies de borboletas por família registradas por cidadãos cientistas no Parque do Museu de Biologia Professor Mello Leitão.



FIGURA 4: Borboletas da tribo Ithomiini alimentando de fezes de pássaros: borboletas tigradas *Hypothyris ninonia daeta* (A) e *Pagyris euryanassa* (B); e borboletas asas-de-vidro *Ithomia* sp. (A) e *Episcada striposis* (B). Registros feitos pelos cidadãos cientistas (A) Valquimar Assis e (B) Gabrielly Benaducci. Fotografias reproduzidas com permissão dos autores.



FIGURA 5: Agrupamento de Ithomiini, anel mimético de borboletas tigradas, no sub-bosque próximo à Casa do Ruschi registrado em julho de 2023 pela cidadã cientista Joyce Amaral. Fotografia reproduzida com permissão da autora.

Os comportamentos relacionados à reprodução e forrageamento corresponderam a 12,5% das observações: comportamento de corte das espécies *Heliconius sara apseudes* (Hübner, [1813]), *Mechanitis polymnia casabranca* (Linnaeus, 1758) e *O. ithra* através de vídeos; acasalamento das espécies *C. b. brasiliensis*, *O. ithra*, *M. l. lysimnia*, *M. p. casabranca* e *P. euryanassa*; e oviposição das espécies *Colobura dirce* (Linnaeus, 1758) em *Cecropia* sp. (Embaúba) (Cecropiaceae) e *Eresia lansdorfi* (Godart, 1819) em *Pilea microphylla* (L.) Liebm. (Urticaceae), ambas registradas por vídeo; comportamento de forrageamento das espécies de Nymphalidae: Danainae e Hesperiidae: Hesperiinae alimentando-se em fezes de pássaros sobre as folhagens; espécies das subfamílias de borboletas frugívoras Nymphalidae: Biblidinae, Nymphalinae e Satyrinae, e espécies de Ithomiini alimentando-se em bananas dispostas nos comedouros do Parque do Museu; algumas espécies de Nymphalidae: Biblidinae e Nymphalinae se alimentando de sais minerais no solo; e duas espécies de Nymphalidae: Satyrinae, *Caligo beltrao* (Illiger, 1801) e *Opoptera aorsa* (Godart, [1824]), se alimentando de exsudato vegetal em tronco de árvore; *H. s. apseudes* e *Anartia amathea roeselia* (Eschscholtz, 1821) alimentando-se em flores de *Lantana camara*, *Hypanartia bella* em orquidaceae, *Oleria* sp. Hübner, 1816 em *Heliconia psittacorum*. Uma observação interessante foi o registro do dormitório da espécie *Heliconius erato phyllis* (Linnaeus, 1764) (Figura 6).

DISCUSSÃO

Observou-se que os participantes do projeto Borboletas Capixabas, em sua maioria, contribuíram com registros em apenas uma das plataformas do projeto. O uso de mais de uma plataforma tem o potencial de ampliar a quantidade de participantes em projetos de ciência cidadã, uma vez que os cidadãos cientistas podem apresentar preferências por utilizar uma ou outra plataforma. Em uma pesquisa voltada para o uso de redes sociais por projetos de ciência cidadã, verificou-se que mais de 40% dos 300 projetos analisados utilizavam mais de uma rede social (Oliveira *et al.* 2021).

O número de observações (n=206) submetidas via Instagram desde o início do Borboletas Capixabas (em dezembro de 2022), equiparando-se ao número de observações de todo o período de 2019 a 2023 do iNaturalist (considerando apenas os registros para o MBML), reforça o resultado obtido por outros estudos, os quais indicam que as mídias sociais como Twitter, Facebook e Instagram vem beneficiando a compilação de dados a partir da interação com o público (Mazumdar *et al*. 2018). Essas mídias têm ajudado os coordenadores de projetos de ciência cidadã a recrutar e se comunicar com o público participante (Mazumdar *et al*. 2018). As mídias sociais têm o potencial de estimular a proatividade, participação e interesse pela pesquisa científica (Pavelle *et al*. 2020), e representam uma importante interface entre os cientistas e o público para a comunicação científica (Koohy e Koohy 2014). Especula-se aqui que o perfil do Instagram do projeto (@borboletascapixabas) gerou mais engajamento dos participantes, possivelmente, como resultado da interação diária da coordenadora do projeto com os cidadãos cientistas tão logo compartilhavam suas observações. Esta interação ocorria pelo retorno da coordenadora através da repostagem das observações nos "Stories" no prazo de 24 horas. O Instagram é uma mídia social bastante popular e utilizada diariamente por muitos brasileiros (OOSGA 2023) e, por isso, possibilita atingir um público diverso de maneira eficiente. O rápido *feedback* é um dos aspectos que contribui para o engajamento e a qualidade de dados em projetos de ciência cidadã (Zhou *et al*. 2020). Além disso, pelo fato de o Instagram ser uma mídia social para compartilhamento de fotografias e vídeos, são comuns as postagens de fotografias da natureza, como de espécimes da fauna, as quais vêm contribuindo para o conhecimento científico sobre as espécies (por exemplo Manunza *et al*. 2020 e Leitão *et al.* 2022). Neste caso, esta rede social pode ser utilizada como fonte passiva de dados para a ciência, ou seja, dados que são produzidos de maneira não intencional ou ativa por parte dos usuários, como já acontece para outras redes sociais como o Flickr e o Twitter (ver Edwards *et al*. 2021). O potencial do Instagram para a ciência, inclusive, inspirou o desenvolvimento de aplicativos de projetos de CC (ver Gupta *et al*. 2022).

Em relação ao número de espécies registradas pelos cidadãos cientistas (n=108), não é possível inferir qual a representatividade deste número em relação ao total de espécies existente na localidade, pois diferentes localidades da Mata Atlântica divergem em número de espécies de borboletas registradas em inventários intensivos utilizando diversas técnicas de amostragem (de 218 a 914 espécies) (Brown e Freitas, 2000b). Em estudo realizado por Prudic e colaboradores (2018), a riqueza de espécies de borboletas em área urbana foi maior em inventário envolvendo ciência cidadã



FIGURA 6: Dormitório de *Heliconius erato phyllis* registrado no Parque do Museu de Biologia Professor Mello Leitão pela cidadã cientista Gabrielly Benaducci. Fotografia reproduzida com permissão da autora.

a partir de monitoramento sistematizado, em que há treinamento e delineamento amostral em relação aos registros, em comparação à ciência cidadã passiva, aquela que somente utiliza os dados de plataformas de CC, como o iNaturalist. De qualquer maneira, a riqueza de espécies de borboletas registradas no Parque do Museu correspondeu a 15% da riqueza de espécies listadas em Brown e Freitas (2000a) para o município de Santa Teresa. Desta maneira, podemos considerar que o número de espécies de borboletas registradas no Parque do Museu pelos cidadãos cientistas foi relevante, já que compreenderam contribuições espontâneas e sem o uso de métodos de monitoramento sistematizado. Além disso, devemos ressaltar que os registros feitos pelos cidadãos cientistas se restringiram às áreas do circuito de visitação do Parque. Certamente, o número de espécies de borboletas que ocorrem no Parque do Museu é superior ao apresentado no presente trabalho.

No presente trabalho, a representatividade das famílias de borboletas por número de observações e número de espécies não foi condizente com a estrutura da comunidade de borboletas observada em outros estudos científicos realizados na Mata Atlântica. Geralmente, cerca de 25 a 29% da riqueza total da comunidade de borboletas é representada pela família Nymphalidae, enquanto a subfamília Ithomiinae (atual tribo Ithomiini) representa entre 2 a 6% da riqueza total (Brown e Freitas 2000b). No presente trabalho, Nymphalidae correspondeu a 57,5% e Ithomiini a 17%. Desta forma, os dados apresentados no presente trabalho se limitam ao registro de presença de espécies e composição de comunidades, como a maioria dos programas de Ciência Cidadã (Chandler *et al*. 2017; Feldman *et al*. 2021), e não podem ser utilizados como um retrato da estrutura da comunidade de borboletas da localidade amostrada pelos cidadãos cientistas. Devemos ressaltar que há uma maior dificuldade em se observar e, principalmente, fotografar espécies pequenas, raras ou que se esquivam facilmente ou que possuem voo ágil. Espécies comuns e "sedentárias" (aquelas que procuram alimento e parceiros localmente, ou seja, não se deslocam muito), assim como aquelas maiores e coloridas são mais propensas a serem mais registradas pelos cidadãos cientistas (Ward 2014; Boakes *et al*. 2016). Assim, os nossos resultados retratam a fauna de borboletas residente e facilmente observada na vegetação próxima às alamedas do circuito de visitação do Parque do Museu. A instalação de comedouros e oferta de bananas em diversos pontos ao longo das alamedas do parque, para alimentação das aves e primatas, atrai também as borboletas frugívoras e facilita a observação e o registro destas borboletas pelos visitantes, contribuindo para um maior número de observações deste grupo, já que borboletas frugívoras são atraídas por isca de frutas fermentadas (Santos *et al*. 2015).

Nossos resultados mostram que mais da metade das espécies registradas no Parque do Museu são típicas de habitats florestais. Borboletas Ithomiini habitam sub-bosques sombreados e são totalmente restritas ao habitat de florestas tropicais (Brown 1992; Beccaloni e Gaston 1995; Bizzaro e Martin 2020). São espécies que possuem voo lento, comportamento "sedentário", podem ser observadas praticamente o ano todo e durante a estação seca tendem a se agrupar com espécies de padrões similares (Beccaloni e Gaston 1995; Bizarro e Martin 2020). Compreendem um excelente grupo indicador de habitat florestal (Brown e Freitas 2000a), e se adequam aos critérios para definição de indicadores biológicos: taxonomia relativamente bem resolvida; conhecimento a respeito da história natural; associação estreita a outras espécies (por exemplo, 80% das espécies relacionadas às plantas hospedeiras da família Solanaceae - Beccaloni et al. 2008; Bizarro e Martin 2020); "sedentarismo" relativo e, principalmente, a fidelidade de habitat (Freitas *et al*. 2006). Desta forma, a presença e representatividade das borboletas Ithomiini nas observações feitas pelos cidadãos cientistas, um terço de todas as observações e metade da riqueza de espécies de Ithomiini listada para o município (Brown e Freitas 2000a), indica que o Parque do Museu possui predominância de habitat florestal. Fotografias da década de 1950 revelam que naquela época o Parque do Museu não possuía a cobertura florestal que possui hoje em dia (veja Figura 1), assim, aparentemente, esta cobertura de dossel foi restaurada ao longo do tempo e hoje proporciona ambiente adequado para as borboletas típicas de habitat florestal.

A possibilidade de compartilhamento de vídeos pelo Instagram ampliou o acesso às observações de comportamento pelo projeto Borboletas Capixabas, como o comportamento de corte. No iNaturalist, por enquanto, não há opção de compartilhamento de vídeos, apesar de imagens compartilhadas nessa plataforma também já terem sido úteis para estudos sobre aspectos de comportamento e interações ecológicas de espécies de borboletas (por exemplo, Saldivar *et al.* 2022). As observações dos comportamentos de reprodução e forrageamento das borboletas do Parque do Museu pelos cidadãos cientistas foram importante para sabermos que o habitat está mantendo as populações,

com disponibilidade de recursos alimentares, plantas hospedeiras e fatores microclimáticos adequados para a reprodução e desenvolvimento das espécies de borboletas na área de estudo.

Observações do comportamento das borboletas no parque do Museu podem direcionar futuros delineamentos para o monitoramento participativo de algumas espécies. Como por exemplo, a partir do registro do dormitório comunal de *Heliconius erato phyllis* no Parque do Museu, podemos localizar e monitorar o dormitório dessa espécie ao longo do tempo. Os dormitórios comunais em *H. e. phyllis* são fenômenos comportamentais comuns. Essas agregações são formadas ao anoitecer, mas ainda não são totalmente compreendidas (Endringer *et al*. 2004). Uma outra observação que requer atenção é o registro em vídeo do comportamento de oviposição da borboleta *Eresia lansdorfi* em *Pilea microphylla*. *E. lansdorfi* costuma ovipositar sobre plantas da família Acanthaceae (Biezanko *et al*. 1974) e se tem o relato de oviposição em *Ruellia brevifolia* (Cergioni 2011). Desta forma, esta observação pode estar retratando um engano por parte da fêmea ao ovipositar, erro comum em espécies polífagas (Nylin *et al*. 2000; Janz 2003), ou um primeiro registro de oviposição de *E. lansdorfi* em Urticaceae. Neste sentido, a documentação por cidadãos cientistas de interações que raramente são observadas por pesquisadores podem ser especialmente valiosas para o conhecimento sobre as espécies e úteis para embasar estratégias de conservação (Clapis-Garla *et al*. 2022).

CONCLUSÕES

O recrutamento e o engajamento dos cidadãos cientistas na rede social Instagram foi tão eficiente quanto na plataforma iNaturalist. Os dados coletados apresentam um viés para o registro de espécies mais residentes do circuito de visitação e, portanto, não podem ser considerados como representativos da estrutura da comunidade de borboletas do local de estudo abrangido pelo projeto Borboletas Capixabas. Ressalta-se que os resultados aqui apresentados compreendem a primeira lista de espécies de borboletas para o Parque do Museu a partir da ciência participativa, representativa de 15% da riqueza de espécies de borboletas já relatadas para o município de Santa Teresa. A presença de borboletas típicas de habitats florestais é um indicativo de que o Parque do Museu representa um refúgio para as espécies de borboletas no centro urbano da cidade, já que Santa Teresa era originalmente coberta por floresta ombrófila densa. Ainda, diversos comportamentos foram registrados pelos cidadãos cientistas, evidenciando o potencial da ciência participativa para o estudo de aspectos da biologia das borboletas. O presente trabalho reforça a importância da ciência participativa para o conhecimento da biodiversidade.

TABELA 1: Espécies e subespécies de borboletas (Lepidoptera: Rophalocera) registradas por fotografias e vídeos por cidadãos cientistas no Museu de Biologia Professor Mello Leitão/Instituto Nacional da Mata Atlântica, Santa Teresa, ES, entre o período de 2008 a 2023. Desconsiderados aqueles registros não identificados em espécie. # anel mimético borboletas tigradas; § anel mimético borboletas asas-de-vidro; + borboletas frugívoras. Para determinação das espécies florestais foi utilizada a referência Bizzaro e Martin (2020).

Táxon	N registros	Espécie florestal
Riodinidae	**16**	
Euselasiinae	**1**	
Euselasia mys lara Stichel, 1919	1	
Riodininae	**15**	
Catocyclotis aemulius (Fabricius, 1793)	2	
Pheles atricolor atricolor (Butler, 1871)	1	
Calospila parthaon (Dalman, 1871)	1	
Chamaelimnas briola doryphora Stichel, 1910	1	

Continua

Continuação

Táxon	N registros	Espécie florestal
Chorinea heliconides (Swainson, 1833)	1	
Detritivora gynaea (Godart, [1824])	1	X
Lemonias zygia Hübner, [1807]	1	
Leucochimona icare matatha (Hewtson, 1873)	3	
Nymphidium lisimon (Stoll, 1790)	3	
Syrmatia nyx (Hübner, [1817])	1	X
Lycaenidae	**10**	
Polyommatinae	**1**	
Leptotes Cassius (Cramer, [1775])	1	
Theclinae	**9**	
Calycopis cf. talama (Schaus, 1902)	1	X
Kisutam syllis (Godman & Salvin, [1887])	3	
Michaelus ira (Hewitson, 1867)	2	X
Rekoa meton (Cramer, [1779])	1	
Ziegleria hesperitis (Butler & Druce, 1872)	2	
Papilionidae	**1**	
Papilioninae	**1**	
Papilio thoas brasiliensis (Rothschild & Jordan, 1906)	1	
Hesperiidae	**25**	
Hesperiinae	**15**	
Calpodes antoninus (Latreille, [1824])	3	
Cobalopsis nero (Herrich-Schäffer, 1869)	1	
Nyctelius nyctelius (Latreille, [1824])	1	
Zariaspes mys (Hübner, [1808])	1	
Hylephila phyleus phyleus (Drury, 1773)	1	
Lycas argentea (Hewitson, 1866)	3	
Perichares adela (Hewitson, 1869)	1	
Perichares aurina Evans, 1955	1	
Phanes almoda (Hewitson, 1866)	1	
Quinta cannae (Herrich-Schäffer, 1869)	1	
Vinius letis (Plötz, 1883)	1	
Pyrginae	**9**	
Celaenorrhinus cf. similis Haywaerd, 1933	1	X

Continua

Continuação

Táxon	N registros	Espécie florestal
Celaenorrhinus eligius punctiger (Burmeister, 1878)	1	X
Cycloglypha tisia (Godman & Salvin, [1896])	1	
Helias phalaenoides palpalis (Latreille, [1824])	1	X
Pythonides jovianus fabricii Kirby, 1871	1	X
Urbanus proteus proteu (Linnaeus, 1758)	1	
Xenophanes tryxus (Stoll, [1780])	3	
Pyrrhopyginae	**1**	
Myscelus amystis epigona Herrich-Schäffer, 1869	1	
Pieridae	**14**	
Coliadinae	**12**	
Eurema cf. elathea flavescens (Chavannes, 1850)	5	
Phoebis philea philea (Linnaeus, 1763)	3	
Phoebis sennae (Linnaeus, 1758)	1	
Pyrisitia nise tenella (Boisduval, 1836)	3	
Pierinae	**1**	
Itaballia demophile (Linnaeus, 1763)	1	
Dismorphiinae	**1**	
Enantia lina psamathe (Fabricius, 1793)	1	X
Nymphalidae	**314**	
Cyrestidinae	**1**	
Marpesia petreus (Cramer, 1778)	1	
Biblidinae	**26**	**X**
+*Catonephele numilia penthia* (Hewitson, 1852)	2	
+ *Catagramma pyracon*	1	X
+*Diaethria clymena* (Cramer, [1775])	5	X
+*Hamadryas amphinome amphinome* (Linnaeus, 1767)	5	
+*Hamadryas arete* (Doubleday, 1847)	3	X
+*Hamadryas feronia feronia* (Linnaeus, 1758)	5	
+*Hamadryas laodamia laodamia* (Cramer, [1777])	3	
Danainae	**1**	
# *Lycorea halia discreta* Haensch, 1909	1	
Ithomiinae	**133**	
Dircenna dero rhoeo Felder & Felder, 1860	3	
§ *Episcada hemixanthe* (Felder & Felder, 1865)	1	

Continua

Continuação

Táxon	N registros	Espécie florestal
§ *cf. Episcada zajciwi canaria* (Brown & d'Almeida, 1970)	1	
# *Hypothyris euclea laphria* (Doubleday, 1847)	1	X
# *Hypothyris ninonia daeta* (Boisduval, 1836)	23	X
§ *Ithomia drymo* Hübner, 1816	6	
§ *Ithomia lichyi* d'Almeida, 1939	9	
§ *Ithomia agnosia zikani* d'Almeida, 1940	5	
# *Mechanitis lysimnia lysimnia* (Fabricius, 1793)	17	X
# *Mechanitis polymnia casabranca* Haensch, 1905	13	
# *Napeogenes rhezia yanetta* (Hewitson, 1867)	2	X
§ *Oleria aquata* (Weymer, 1875)	9	
§ *Oleria astra astrea* (Cramer, [1775])	4	
# *Pagyris euryanassa* (Felder & Felder, 1860)	23	
§ *Pseudoscada acilla acilla* (Hewitson, 1867)	1	
§ *Pteronymia euritea* (Cramer, [1780])	3	
§ *Scada karschina karschina* (Herbst, 1792)	7	
Heliconiinae	**25**	
Actinote melanisans Oberthür, 1917	3	X
Actinote pellenea pellenea Hübner, [1821]	1	
Dryas iulia alcionea (Cramer, [1779])	2	
Heliconius erato phyllis (Fabricius, 1775)	6	X
Heliconius melpomene nanna Stichel, 1899	2	X
Heliconius sara apseudes (Hübner, [1813])	11	X
Ithomiinae	**133**	
Dircenna dero rhoeo Felder & Felder, 1860	3	X
§ *Episcada hemixanthe* (Felder & Felder, 1865)	1	
§ *Episcada striposis* Haensch, 1909	5	X
§ *cf. Episcada zajciwi canaria* (Brown & d'Almeida, 1970)	1	
# *Hypothyris euclea laphria* (Doubleday, 1847)	1	X
# *Hypothyris ninonia daeta* (Boisduval, 1836)	23	X
§ *Ithomia drymo* Hübner, 1816	6	X
§ *Ithomia lichyi* d'Almeida, 1939	9	X
§ *Ithomia agnosia zikani* d'Almeida, 1940	5	X
# *Mechanitis lysimnia lysimnia* (Fabricius, 1793)	17	X
# *Mechanitis polymnia casabranca* Haensch, 1905	13	X
# *Napeogenes rhezia yanetta* (Hewitson, 1867)	2	X

Continua

Continuação

Táxon	N registros	Espécie florestal
§ Oleria aquata (Weymer, 1875)	9	X
§ Oleria astrea astrea (Cramer, [1775])	4	
# Pagyris euryanassa (Felder & Felder, 1860)	23	
§ Pseudoscada acilla acilla (Hewitson, 1867)	1	X
§ Pteronymia euritea (Cramer, [1780])	3	X
§ Scada karschina karschina (Herbst, 1792)	7	X
Limenitidinae	**2**	
Adelpha lycorias lycorias (Godart, [1824])	1	X
Adelpha serpa serpa (Boisduval, 1836)	1	X
Nymphalinae	**52**	
Anartia amathea roeselia (Eschscholtz, 1821)	4	
Anartia jatrophae jatrophae (Linnaeus, 1763)	2	
+Colobura dirce (Linnaeus, 1758)	10	
Eresia lansdorfi (Godart, 1819)	6	X
+Historis odius (Fabricius, 1775)	2	
Hypanartia bella (Fabricius, 1793)	1	
Ortilia ithra (Kirby, [1900])	22	
Siproeta stelenes meridionalis (Fruhstorfer, 1909)	2	X
Tegosa sp. Higgins, 1981 (complexo claudina)	3	
Satyrinae	**74**	
+Archeuptychia clunea (Drury, 1782)	1	X
+Brassolis sophorae (Linnaeus, 1758)	1	
+Caligo beltrao (Illiger, 1801)	8	X
+Caligo brasiliensis brasiliensis (Felder, 1862)	24	X
+Caligo illioneus illioneus (Cramer, 1775)	1	X
+Catoblepia amphirhoe (Hübner, [1825])	1	X
+Cissia eous (Butler, 1867)	3	
+Cissia phronius (Godart, [1824])	2	
+Dynastor darius (Fabricius, 1775)	5	
+Eryphanis automedon (Cramer, 1775)	1	X
+Forsterinaria necys (Godart, [1824])	1	
+Hermeuptychia sp. Forster, 1964 (complexo *hermes*)	7	
+Morpho epistrophus catenaria (Perry, 1811)	1	X
+Opoptera aorsa (Godart, [1824])	2	
+Opsiphanes invirae (Hübner, [1808])	1	

Continua

Continuação

Táxon	N registros	Espécie florestal
+*Pareuptychia ocirrhoe interjecta* (d'Almeida, 1952)	10	X
+*Pharneuptychia* sp. Forster, 1964 (complexo *phares*)	3	
+*Splendeuptychia cf. pargyris* (Godart, [1824])	1	X
+*Taygetis* sp. Hübner, [1819] (complexo *laches*)	1	
Total de observações	**383**	

AGRADECIMENTOS

Aos cidadãos cientistas colaboradores do projeto Borboletas Capixabas. Ao professor Dr. André V. L. Freitas, Dr. Lucas Kaminski e Felipi Andrade pela confirmação das identificações taxonômicas. Ao Programa de Capacitação Institucional do INMA pela bolsa de pesquisa (CNPq 301370/2023-0).

REFERÊNCIAS

Almeida, A.C., & Freitas, A.V.L. (2012). *Lepidoptera: borboletas e mariposas do Brasil.* Queen Books.

Beccaloni, G.W., & Gaston, K.J. (1995). Predicting the species richness of neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. *Biological Conservation, 71*(1), 77–86. https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)00023-J

Beccaloni, G.W., Viloria, A.L., Hall, S.K., & Robinson, G. (2008). *Catalogue of the hostplants of the Neotropical butterflies*. Monografias Tercer Milenio.

Biezanko, C.M. (1974). Plantas y otras sustâncias alimentícias de las orugas de los lepidópteros uruguayos. *Revista do Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2*(4), 107–148.

Bizarro, J., & Martin, A. (2020). *A Guide to the Butterflies of the Serra dos Órgãos South-eastern Brazil*. REGUA Publications.

Boakes, E.H., Gliozzo, G., Seymour, V., Harvey, M., Smith, C., Roy, D.B., & Haklay, M. (2016). Patterns of contribution to citizen science biodiversity projects increase understanding of volunteers' recording behaviour. *Scientific Reports*, 6(1), 33051. http://doi.org/10.1038/srep33051

Bonney, R.; Cooper, C.B.; Dickinson, J.; Kelling, S.; Phillips, T.; Rosenberg, K.V., & Shirk, J. (2009). Citizen Science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience, 59*(11), 977–984. https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9

Brito, M.M., Ribeiro, D.B., Raniero, M., Hasui, E., Ramos, F.N., & Arab, A. (2014). Functional composition and phenology of fruit-feeding butterflies in a fragmented landscape: variation of seasonality between habitat specialists. *Journal of Insect Conservation, 18*, 547–560. https://doi.org/10.1007/s10841-014-9650-8

Brown Jr., K.S. (1992). Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. In L.P.C. Morellato (Ed.), *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil.* Unicamp.

Brown Jr., K.S., & Freitas, A.V. (2000a). Diversidade de Lepidoptera em Santa Teresa, Espírito Santo. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão, 11*, 71–118.

Brown Jr., K.S., & Freitas, A.V.L. (2000b). Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation 1. *Biotropica, 32*(4b), 934–956. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00631.x

Capucho, L.C. (2020). Os visitantes do Parque do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão: uma análise do perfil de grupos agendados entre 2014 e 2019. INMA, Relatório projeto RIMA. (https://www.gov.br/inma/pt-br/assuntos/pesquisa-1/rede-de-compatilhamento-de-dados-e-divulgacao-da-mata-atlantica-no-estado-do-esp2013-rima). Acesso em 15/06/2023.

Cergioni, J.A. (2011). R*elato de lagartas de Eresia lansdorfi em Ruellia brevifolia - ESALQ*. (https://borboletasbr.blogspot.com/2011/08/eresia-lansdorfi.html). Acesso em 20/07/2023.

Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A.M., López, B.C., Danielsen, F., Legind, J.K., Masinde, S., Miller-Rushing, A.J., Newman, G., Rosemartin, A., & Turak, E. (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation, 213*, 280–294. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004

Clapis-Garla, R., Veras, L.B., & Garrone-Neto, D. (2022). Mating behavior of the lemon shark, *Negaprion brevirostris* (Carcharhiniformes: Carcharhinidae), as revealed by citizen science in the Equatorial Atlantic Ocean. *Revista de Biología Tropical, 70*(1), 702–712. http://dx.doi.org/10.15517/rev.biol.trop.2022.49675

Endringer, F.B., Silva, P.R., & Lutz, L.V. (2004). Hipóteses evolutivas sobre a origem e manutenção dos dormitórios comunais de *Heliconius erato* (Lepidoptera, Nymphalidae). *Natureza online, 2*(1), 1–9.

Edwards, T., Jones, C.B., Perkins, S.E., & Corcoran, P. (2021). Passive citizen science: The role of social media in wildlife observations. *Plos One, 16*(8), e0255416. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0255416

Feldman, M.J., Imbeau, L., Marchand, P., Mazerolle, M.J., Darveau, M., & Fenton, N.J. (2021). Trends and gaps in the use of citizen science derived data as input for species distribution models: A quantitative review. *Plos One, 16*(3), e0234587. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0234587

Forti, L.R., & Szabo, J.K. (2023). The iNaturalist platform as a source of data to study amphibians in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, *95*(1), e20220828. https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220828

Fox, R. (2020). *Citizen science and Lepidoptera biodiversity change in Great Britain.* [Tese de Doutorado, University of Exeter]

Freitas, A.V.L., Leal, I.R., Uehara-Prado, M., & Iannuzzi, L. (2006). *Insetos como indicadores de conservação da paisagem.* In C.F.D. Rocha, H.G. Bergallo, M. Van Sluys, & M.A.S. Alves (Eds.), *Biologia da Conservação*. RiMa Editora.

Freitas, A.V.L., & Marini-Filho, O.J. (2011). *Plano de ação nacional para a conservação dos Lepidópteros. Série Espécies Ameaçadas 13.* Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio,

GBIF (2024). *Global Biodiversity Information Facility*. (https://www.gbif.org/). Acesso em 20/05/2024.

Ghilardi-Lopes, N.P., Alexandrino, E.R., Guimarães, A., Lima, A.F.B., França, J.S., Lacerda, J.V.A., Zocca, C., Baptista, M.N.M., & Castro, P.F.D. (2022). O Programa de Ciência Cidadã do Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA). In *Anais do II Workshop da Rede Brasileira de Ciência Cidadã*. RBCC. https://www.even3.com.br/anais/iwdrbdcc2022/487225-O-PROGRAMA-DE-CIENCIA-CIDADA-DO-INSTITUTO-NACIONAL-DA-MATA-ATLANTICA-(INMA).

Gonçalves, A.S. (2019). *Augusto Ruschi: notas biográficas*. Comunicação Impressa.

Gupta, S., Jablonski, J., Tsai, C.H., & Carroll, J.M. (2022). Instagram of Rivers: Facilitating distributed collaboration in hyperlocal citizen science. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 6*(CSCW1), 1–22. https://doi.org/10.1145/3512944

Halliwell, P.M. (2019). *National park citizen science participation: Exploring Place Attachment and Stewardship*. [Dissertação de mestrado, Prescott College/ProQuest].

Heikkilä, M., Kaila, L., Mutanen, M., & Pena, C. (2012). Cretaceous origin and repeated tertiary diversification of the redefined butterflies. *Proceedings of the Royal Society B, 279*(1731), 1093–1099. https://doi.org/10.1098/rspb.2011.1430

Howard, E., & Davis, A.K. (2015). Investigating long-term changes in the spring migration of monarch butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae) using 18 years of data from Journey North, a citizen science program. *Annals of the Entomological Society of America, 108*(5), 664–669. https://doi.org/10.1093/aesa/sav061

IBRAM (s.d.). *Museu de Biologia Mello Leitão: o museu da mata atlântica.* Ministério da Cultura e Instituto Brasileiro de Museus.

Jäckel, D., Mortega, K.G., Darwin, S., Brockmeyer, U., Sturm, U., Lasseck, M., Moczek, N., Lehmann,

G.U.C., & Voigt-Heucke, S.L. (2023). Community engagement and data quality: best practices and lessons learned from a citizen science project on birdsong. *Journal of Ornithology, 164,* 233–244. https://doi.org/10.1007/s10336-022-02018-8

Janz, N. (2003). The cost of polyphagy: oviposition decision time vs error rate in a butterfly. *Oikos, 100*(3), 493–496. https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12290.x

Koohy, H., & Koohy, B. (2014). A lesson from the ice bucket challenge: using social networks to publicize science. *Frontiers in Genetics, 5*(430), 1–3. https://doi.org/10.3389/fgene.2014.00430

Leitão, A.T.T.S, Alves, M.D.O., Santos, J.C.P., & Bezerra, B. (2022). Instagram as a data source for sea turtle surveys in shipwrecks in Brazil. *Animal Conservation, 25*(6), 736–747. https://doi.org/10.1111/acv.12802

Mazumdar, S., Ceccaroni, L., Piera, J., Hölker, F., Berre, A., Arlinghaus, R., & Bowser, A. (2018). *Citizen science technologies and new opportunities for participation*. UCL Press.

Manunza, B., Colombo, M., & Crocetta, F. (2020). Ontogeny of an arlequin: morphological and colour pattern changes from juvenile to adult in *Gnathophyllum elegans* (Risso, 1816) (Decapoda: Palaemonidae), traced through citizen science and social media data mining. *Zootaxa, 4881*(3), 597–600. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4881.3.13

Mesaglio, T., Soh, A., Kurniawidjaja, S., & Sexton, C. (2021). 'First Known Photographs of Living Specimens': the power of iNaturalist for recording rare tropical butterflies. J*ournal of Insect Conservation*, *25*, 905–911. https://doi.org/10.1007/s10841-021-00350-7

Mota, L.L., Boddington, S.J., Brown, K.S., Callaghan, C.J., Carter, G., Carter, W., Sidnei, M. Dantas, S.M., Dolibaina, D.R., Garwood, K., Hoyer, R.C., Robbins, R.K., Soh, A., Willmott, K.R., & Freitas, A.V.L. (2023). The butterflies of Cristalino Lodge, in the Brazilian southern Amazonia: An updated species list with a significant contribution from citizen science. *Biota Neotropica, 22*(3), e20221367. https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1367

Nylin, S., Bergström, A., & Janz, N. (2000). Butterfly host plant choice in the face of possible confusion. *Journal of Insect Behavior, 13*, 469–482. https://doi.org/10.1023/A:1007839200323

Oberhauser, K. (2018). Tachinid flies and monarch butterflies: citizen scientists document parasitism patterns over broad spatial and temporal scales. *American Entomologist, 58*(1), 19–22. https://doi.org/10.1093/ae/58.1.0019

Oliveira, S.S., Barros, B., Pereira, J.L., Santos, P.T., & Pereira. R. (2021) Social media use by citizen science projects: characterization and recommendations. *Frontiers in Environmental Science*, *9*, 715319. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.715319

OOSGA. (2023) *Social Media in Brazil: 2023 Stats & Platform Trends*. (https://oosga.com/social-media/bra/). Acesso em 19/06/2024.

Palo Jr., H. (2017a). *Borboletas do Brasil: Hesperiidae.* Volume 1. Vento Verde.

Palo Jr., H. (2017b). *Borboletas do Brasil: Nymphalidae*. Volume 2. Vento Verde.

Palo Jr., H. (2017c). *Borboletas do Brasil: Pieridae, Papilionidae, Lycaenidae e Riodinidae*. Volume 3. Vento Verde.

Pavelle, S., & Wilkinson, C. (2020). Into the digital wild: Utilizing Twitter, Instagram, YouTube, and Facebook for effective science and environmental communication. *Science and Environmental Communication*, *5,* 575122. https://doi.org/10.3389/fcomm.2020.575122

Peter, M., Diekötter, T., & Kremer, K. (2019). Participant outcomes of biodiversity citizen science projects: a systematic literature review. *Sustainability, 11*(10), 2780. https://doi.org/10.3390/su11102780

Pocock, M.O., Chandler, M., Booney, R., Thornhill, I., Albink, A., August, T., Bachman, S., Brown, P.M.J., Gasparini, D., Cunha, F., Audrey Grez, A., Jackson, C., Peters, M., Rabarijaonkk N.R., Roy, H.E., Zaviezo, T., & Danielsenk, F. (2018). A vision for global biodiversity monitoring with citizen science. *Advances in Ecological Research*, *59,* 169–223. https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2018.06.003

Prudic, K.L., McFarland, K.P., Oliver, J.C., Hutchinson, R.A., Long, E.C., Kerr, J.T., & Larrivée, M. (2017).

eButterfly: leveraging massive online citizen science for butterfly conservation. *Insects, 8*(2), 53. https://doi.org/10.3390/insects8020053

Prudic, K.L., Oliver, J.C., Brown, B.V., & Long, E.C. (2018). Comparisons of citizen science data gathering approaches to evaluate urban butterfly diversity. Insects, *9*(4), 186. https://doi.org/10.3390/insects9040186

Rosa, A.H.B., Campis, M.C.; Ribeiro, D.B., & Freitas, A.V.L. (2017). New record of the threatened butterfly *Drephalys mourei* (Hesperiidae) in a heavily disturbed area in Southeastern Brazil. *Journal of the Lepidopterists' Society*, *71*(4), 278–280. https://doi.org/10.18473/lepi.71i4.a1

Rosa, A.H.B, & Freitas, A.V.L. (2020). *Guia básico das borboletas asas de vidro da Mata Atlântica*. LABBOR.

Rosa, A.H.B., Ribeiro, D.B., & Freitas, A.V.L. (2023). How data curation and new geographical records can change the conservation status of threatened Brazilian butterflies. *Journal of Insect Conservation, 27*, 403–414. https://link.springer.com/article/10.1007/s10841-023-00464-0

Rosemartin, A., Watkins, T., & Miller-Rushing, A.J. (2021). Monitoring phenology in US national parks through citizen science: Some preliminary lessons and prospects for protected areas. *Parks Stewardship Forum, 37*(3), 552–560. https://doi.org/10.5070/P537354739

Ruschi, A. (1976). Plantio de árvore em Parque do Museu M.L. e visita ao mesmo por personalidades ilustres e pelo Vice-presidente da República. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão, Número Especial Comemorativo do XXVII Aniversário de sua Fundação,* 41–84.

Saldivar, J.L.A., Romero, A.N., & Wilson Rankin, E.E. (2022). Community science reveals high diversity of nectaring plants visited by painted lady butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae) in California sage scrub. *Environmental Entomology*, *51*(6), 1141–1149. https://doi.org/10.1093/ee/nvac073

Sanderson, C., Braby, M.F., & Bond, S. (2021) Butterflies Australia: a national citizen Science database for monitoring changes in the distribution and abundance of Australian butterflies. *Austral Entomology*, *60*(1), 11–127. https://doi.org/10.1111/aen.12513

Santos, J.P., Marini-Filho, O.J., Freitas, A.V.L., & Uehara-Prado, M. (2015). Monitoramento de borboletas: o papel de um indicador biológico na gestão de unidades de conservação. *Biodiversidade Brasileira*, *6*, 87–99.

Seltmann, K.C., Cobb, N.S., Gall, L.F., Bartlett, C.R., Basham, M.A., Betancourt, I., Bill, C., Brandt, B., Brown, R.L., Bundy, C., Caterino, M.S., Chapman, C., Cognato, A., Colby, J., Cook, S.P., Daly, K.M., Dyer, L.A., Fran, N.M., Gelhaus, J.K., Grinter, C.C., ... Zolnerowich, G. (2017). LepNet: The Lepidoptera of North America Network. *Zootaxa*, *4247*(1), 73–77. https://doi.org/10.11646/ZOOTAXA.4247.1.10

Shirk, J.L., Ballard, H.L., Wilderman, C.C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B.V., Krasny, M.E., & Bonney, R. (2012). Public participation in scientific research: a framework for deliberate design. *Ecology and Society*, *17*(2),29. http://dx.doi.org/10.5751/ES-04705-170229

SiBBr (2024). *Ciência Cidadã: projetos brasileiros de ciência cidadã*. (https://www.sibbr.gov.br/ciencia-cidada/projetos.html). Acesso em 19/06/2024.

Sweaney, N., Lindenmayer, D.B., & Driscoll, D.A. (2014). Is the matrix important to butterflies in fragmented landscapes? *Journal of Insect Conservation, 18*, 283–294. https://doi.org/10.1007/s10841-014-9641-9

Theobald, E.J., Ettinger, A.K., Burgess, H.K., DeBey, L.B., Schmidt, N.R., Froehlich, H.E., Wagner, C., HilleRisLambers, J., Tewksbury, Harsch, M.A., & Parrish, J.K. (2015). Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation, 181*, 236–244. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021

Tyler, H., Brown, K.S., & Wilson, K. (1994). *Swallowtail butterflies of the Americas: a study in biological dynamics, ecological diversity, biosystematics, and conservation*. Scientific Publishers.

Wahlberg, N., Leneveu, J., Kodandaramaiah, U., Peña, C., Nylin, S., Freitas, A.V.L., & Brower, A.V. (2009). Nymphalid butterflies diversify following near demise at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *276*(1677), 4295–4302. https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1303

Ward, D.F. (2014). Understanding sampling and taxonomic biases recorded by citizen scientists. *Journal of Insect Conservation, 18*, 753–756. https://doi.org/10.1007/s10841-014-9676-y

Warren, A.D., Davis, K.J., Stangeland, E.M., Pelham, J.P., Willmott, K.R., & Grishin, N.V. (2017). *Illustrated lists of American butterflies (North and South America)*. (http://www.butterfliesofamerica.com). Acesso em 30/07/2023.

Zamoner, M. (2019). *Observação de Borboletas*. Comfauna.

Zamoner, M. (2021). *Borboletas de Curitiba e do Paraná: contribuições da ciência cidadã.* Comfauna.

Zhou, X., Tang, J., Zhao, Y., & Wang, T. (2020) Effects of feedback design and dispositional goal orientations on volunteer performance in citizen science projects. *Computers in Human Behavior*, *107*, 106266. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106266

RELATO DE EXPERIÊNCIA

Projeto AquaRiparia: Ciência Cidadã por meio do Monitoramento Participativo da Qualidade Ambiental de Ecossistemas Aquáticos

Carmen Regina Mendes de Araújo Correia[1*], Luciana Carvalho Carrilho[2], José Francisco Gonçalves Júnior[3]

[1] Aliança Tropical de Pesquisa da Água (TWRA)

[2] Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal

[3] Departamento de Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Distrito Federal; Aliança Tropical de Pesquisa da Água (TWRA)

***Autor para correspondência:**
E-mail: regicarmen@gmail.com

Recebido: 31/08/2023
Aceito: 11/07/2024

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo relatar a execução de um projeto de Extensão Universitária por meio do monitoramento ambiental participativo (MAP) da qualidade ambiental do ecossistema de um córrego pertencente à Bacia Hidrográfica do Paranoá, Distrito Federal (DF), tendo como referência pesquisas em Ciência Cidadã. O MAP foi realizado por estudantes e professores de uma escola de Ensino Fundamental (Anos Finais), na Região Administrativa do Itapoã, DF, em parceria com pesquisadores e colaboradores do Projeto AquaRiparia da Universidade de Brasília (UnB), DF. Foram oferecidos dois cursos de nivelamento: para os estudantes, no formato presencial por meio de diferentes atividades pedagógicas; e para os professores e comunidade extraescolar, no formato virtual com aulas assíncronas. Posteriormente, os dois grupos realizaram oficinas de campo para a coleta e as análises das amostras de água e percepção do ambiente ripário. Utilizaram-se protocolos de percepção ambiental, de análises físico-químicas da água com o uso de kit de análise e biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos em amostras coletadas para posteriores análises no laboratório de Ciências da escola. Amostras de água também foram analisadas no Laboratório de Limnologia da UnB para comparação. Os resultados obtidos indicaram "mínima perturbação" em todas as análises realizadas nas oficinas de campo, exceto o biomonitoramento realizado no mês de novembro, que indicou "perturbação moderada". Reafirma-se a importância das metodologias participativas na ampliação da cidadania ambiental da comunidade escolar e consequentes ações para proteger os ecossistemas aquáticos, em especial, a abordagem em Ciência Cidadã tendo como referência a Pesquisa-Ação, visando o Letramento Científico.

Palavras-chave: Diagnóstico ambiental, Educação Básica, letramento científico, Sentinelas das Águas

AquaRiparia Project: Citizen Science through Participatory Monitoring of the Environmental Quality of Aquatic Ecosystems

Abstract

The present work aims to report the execution of a University Extension project through participatory environmental monitoring (MAP) of the quality of the ecosystem of a stream belonging to the Paranoá Hydrographic Basin, Federal District (DF), with reference to research in Science Citizen. The MAP was carried out by students and teachers from an Elementary School (Final Years), in the Administrative Region of Itapoã, DF, in partnership with researchers and collaborators from the AquaRiparia Project at the University of Brasília (UnB), DF. Two leveling courses were offered: for students, in a face-to-face format through different pedagogical activities; and for teachers and the after-school community, in a virtual format with asynchronous classes. Subsequently, the two groups held field workshops to collect and analyze water samples and perceive the riparian environment. Environmental perception protocols, physical-chemical analysis of water using analysis kit and biomonitoring of benthic macroinvertebrates were used in samples collected for subsequent analysis in the school's Science laboratory. Water samples were also analyzed at the Limnology Laboratory at the University of Brasília for comparison. The results obtained indicated "minimal disturbance" in all analyzes carried out in the field workshops, except for the biomonitoring carried out in November, which indicated "moderate disturbance". The importance of participatory methodologies in expanding environmental citizenship of school community and consequent actions to protect aquatic ecosystems is reaffirmed, especially, the Citizen Science approach with Action Research as a reference, aiming at Scientific Literacy.

Keywords: Basic Education, environmental diagnosis, scientific literacy, Water Sentinels

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos quando próximos ao ambiente urbano sofrem pressões degradadoras que muitas vezes levam a perda da sua qualidade ambiental, fazendo-se necessária a intervenção humana, quando possível, para sua mínima recuperação. Por outro lado, observa-se que o envolvimento das comunidades locais na preservação desses ambientes, dentre outros benefícios, favorece que os tomadores de decisão implantem as ações necessárias com maior agilidade (Danielsen *et al*. 2010). A participação em projetos de Ciência Cidadã (CC), além de incentivar o protagonismo dos cidadãos na preservação de ecossistemas aquáticos, permite que valorizem e possam contribuir com as ações necessárias para sua recuperação (França *et al*. 2019).

Dentre as inúmeras possibilidades de projetos em CC, destacamos o monitoramento ambiental participativo (MAP), que no caso de ecossistemas aquáticos permite se obter dados sobre a qualidade dos cursos d'água, favorece futuras investigações e estudos de longo prazo, assim como, investimentos na formação de estudantes, professores e demais membros das comunidades locais para avaliar ambientalmente os cursos d'água dentro dos seus territórios. As comunidades escolares e extraescolares munidas de saberes sobre as microbacias, tornando-se cidadãos cientistas,

poderão potencializar suas ações por meio da formação de redes colaborativas.

Devido às dimensões continentais brasileiras e a elevada riqueza da sua rede hídrica, projetos em Ciência Cidadã podem contribuir no monitoramento de ecossistemas aquáticos, gerando dados importantes para a gestão de águas (Turrini *et al*. 2018), além de ampliar a vivência da dimensão sociocultural da água pelos seus participantes. Quanto mais qualificada a participação do cientista cidadão, mais amplitude de benefícios será possível alcançar (França *et al*. 2019).

No Cerrado, berço de importantes bacias hidrográficas nacionais (Araguaia-Tocantins, São Francisco e Paraná), o monitoramento participativo poderá contribuir, efetivamente, para a construção de políticas públicas que garantam a segurança hídrica e a preservação das suas zonas ripárias.

Segundo Vieira *et al*. (2011) a bacia hidrográfica é um recorte territorial no qual interagem fatores naturais e sociais que orientam a ideia de ambiente onde aspectos bióticos e abióticos, tais como vento, temperatura, declividade e umidade, se envolvem em uma teia de relações. O cidadão cientista engajado poderá contribuir para a gestão participativa dos recursos hídricos, como por exemplo, nos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH), oferecendo sua colaboração na tomada de decisões (Correia *et al*. 2021).

No Brasil, o letramento científico é urgente e necessário, dado o nível de desinformação da população acerca dos avanços científicos e do desconhecimento da importância da Ciência no seu dia a dia. Infelizmente, o negacionismo científico tem chegado com muita facilidade ao cidadão comum, causando sérios danos à população, podendo levar a graves consequências como é o caso das campanhas antivacinas tão fortemente divulgadas recentemente, durante o quadro da pandemia de coronavírus (Fernandes *et al*. 2021). Nesse sentido, como analisado por Queiroz-Souza *et al*. (2023), a Ciência Cidadã, por meio dos pesquisadores e instituições envolvidas, ocupa importante papel para a popularização da Ciência e o letramento científico.

O AquaRiparia é um grupo de pesquisa do CNPq, coordenado por pesquisadores da Universidade de Brasília, sediado no Departamento de Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas (IB/UnB). É composto por ampla rede de pesquisadores nacionais e internacionais, estudantes e professores da Educação Básica e do Ensino Superior.

No AquaRiparia, o cientista cidadão é denominado Sentinela das Águas, ou seja, "protagonista da água em todas as suas dimensões" (https://www.aquariparia.org). Nos últimos anos, a equipe produziu materiais didáticos e conhecimentos para "multiplicar os agentes nas comunidades", sejam elas escolares e/ou extraescolares, para a conservação da água, ampliando a construção do diálogo entre Ciência e Sociedade. Os resultados e produtos apresentados por França e Callisto (2019) e França *et al*. (2019), indicam a potencialidade da parceria com as comunidades escolares de Educação Básica no estado de Minas Gerais, onde milhares de crianças, jovens e seus professores têm monitorado cursos d'água.

O biomonitoramento tem suas bases a partir das modificações ocorridas no ambiente aquático devido às interferências humanas, desde leves a drásticas, sobre a fauna e a flora silvestres (Martins *et al*. 2014). Este conceito pode ser definido como o uso sistemático de respostas biológicas para avaliar alterações no gradiente ambiental com o objetivo de se utilizar em um programa de qualidade de água (França e Callisto, 2019; Campos, 2021). Dentre os organismos, os animais bentônicos (p.ex. insetos, anelídeos, moluscos) que vivem em ambientes aquáticos têm sido apontados como bons bioindicadores de impactos ambientais (Callisto e Gonçalves, 2005; Moreno *et al*. 2005).

A pesquisa aqui relatada buscou habilitar uma comunidade escolar para realizar o MAP de um córrego, por meio da formação de estudantes e professores, utilizando-se diferentes estratégias visando o letramento científico e a sensibilização em relação aos ecossistemas aquáticos. Além disso, formar potenciais agentes multiplicadores de Educação Científica como futuros Sentinelas das Águas.

Caminhos percorridos

O "Projeto Aquariparia: Ciência Cidadã por meio do monitoramento participativo de qualidade ambiental em ecossistemas aquáticos" foi um projeto de Extensão Universitária de Ação Contínua (PEAC), submetido a um edital do Decanato de Extensão (DEX/UnB 02/2022), realizado de março a dezembro do mesmo ano. A equipe executora do projeto foi composta por professores universitários e de educação básica, estudantes de graduação e pós-graduação, pesquisadores e membros das comunidades escolar e extraescolar residentes na Região Administrativa do Itapoã, DF.

METODOLOGIA

Escola parceira

O Centro de Ensino Fundamental Dra. Zilda Arns pertencente a Rede Pública de Ensino Distrital localiza-se na Região Administrativa do Itapoã-DF. Esta região está num acidente geográfico que é divisor de águas de duas importantes Bacias Hidrográficas do DF: Rio Paranoá e Rio São Bartolomeu. Com o objetivo de se construir coletivamente uma metodologia que contemplasse as demandas da comunidade escolar, foram realizadas reuniões iniciais com a gestão e a coordenação pedagógica da escola.

Público-alvo

O público-alvo foi formado por coordenadores, estudantes, professores e demais interessados. A faixa etária dos estudantes variou entre 11 e 16 anos. Foram contempladas as duas turmas atendidas pela Educação em Tempo Integral (ETI), que tinham atividades pedagógicas no contraturno escolar e, portanto, poderiam dispor de um turno completo para as oficinas de campo, externas à escola. Participaram 30 alunos no contraturno matutino (6º e 7º anos) e 30, no contraturno vespertino (8º e 9º anos).

Área de estudo

Monitorou-se o córrego Capoeira do Bálsamo, localizado na Bacia Hidrográfica do Paranoá, importante manancial no abastecimento de água para a população do DF. O córrego nasce no Núcleo Rural homônimo e deságua no Lago Paranoá, estando classificado como Classe 2, conforme a Resolução CONAMA 357/2005 e Resolução SEMA-DF 02/2014.

Por meio de uma busca ativa, chegou-se a uma propriedade particular por onde passa o córrego, cuja proprietária reside no local há mais de 40 anos e, gentilmente, cedeu o acesso a um trecho do córrego (15º 44’ 58,79” S e 47° 48’ 27,62” W) para a realização das oficinas de monitoramento. O ponto de amostragem na propriedade está distante 7,4 km da escola. Cabe ressaltar que a montante deste ponto há ocupação urbana, com significativo adensamento populacional.

Etapas do Projeto

Rodas de Conversa

Na primeira Roda de Conversa, participaram professores, gestores e pessoas da comunidade, que nos apresentaram como possibilidade de área de estudo o córrego Indaiá, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu, cuja nascente está localizada dentro do Parque Ecológico Sementes do Itapoã (PESI), ainda não implantado. Também participaram membros da comissão de implantação do PESI. Entretanto, a proposta foi inviabilizada devido à falta de infraestrutura (nem mesmo sede administrativa) e segurança para as equipes de pesquisadores e estudantes, haja vista a área ainda não ter sido cercada e estar sendo ocupada irregularmente. Estes fatos foram constatados após uma vistoria na área com agentes do órgão ambiental (Instituto Brasília Ambiental/IBRAM-DF). Observou-se nessa ocasião ainda, que a nascente do córrego havia sido cercada, sendo utilizada para a dessedentação de animais.

Em uma segunda Roda de Conversa com os professores e a coordenação da ETI, estabeleceram-se as bases didático-científicas dos cursos e os cronogramas dos treinamentos e das oficinas de campo. Foram definidas as quintas-feiras, nos períodos matutino (9h às 11h30min) e vespertino (13h às 15h30min), para a realização das atividades do projeto com os estudantes.

Curso de Formação para Professores

O curso foi realizado no formato híbrido para os coordenadores da ETI e professores. Os materiais audiovisuais, textos e hipertextos foram oferecidos em aulas assíncronas, disponibilizadas em plataforma específica (*Google* Sala de Aula). Além dos materiais, criou-se uma biblioteca virtual como fonte de pesquisas.

Os temas, desenvolvidos por módulos, foram: 1. Por que AquaRiparia?; 2. Pesquisa-Ação; 3. Ciência Cidadã; 4. Educação para a sustentabilidade e ODS 6; 5. O ciclo hidrológico: águas superficiais e subterrâneas; 6. Águas subterrâneas – quantidade, qualidade e monitoramento; 7. Relações ecológicas nas águas superficiais; 8. Monitoramento da qualidade da água (biológico e físico-químico); 9. Unidades de Conservação Distritais: o Parque Ecológico Sementes do Itapoã e 10. Elaboração de um Projeto de Pesquisa-Ação.

Os pesquisadores, bolsistas do projeto de exten-

são e colaboradores foram os instrutores responsáveis pela produção, organização, montagem e postagem do material dos módulos. Empregou-se uma linguagem acessível em razão do grupo de professores não ser da área de Ciências. Cada módulo teve carga horária variando de 2h a 10h, totalizando 78h, no período de abril a julho. A certificação dos professores foi expedida pelo Decanato de Extensão após a conclusão do curso. Foram disponibilizadas vagas para professores de outras unidades escolares públicas e estudantes da UnB, tanto de Graduação quanto de Pós-Graduação.

Curso de Formação para Estudantes

Optou-se neste curso pela utilização de estratégias presenciais, como vivências, situações de aprendizagem e atividades investigativas adaptadas à realidade do território da escola. A carga horária do curso foi de 30 horas, sendo oferecido no período de abril a junho de 2022, para os dois turnos da ETI. As práticas pedagógicas contemplaram oficinas e experimentos em sala de aula, vídeos e elaboração de desenhos que versavam sobre assuntos ambientais com carga horária de 3h cada.

Os seguintes temas foram desenvolvidos: 1. Vida e Água, 2. Ciclo Hidrológico, 3. Matas Ripárias, 4. Insetos Aquáticos, 5. Bioindicadores, 6. Como manter a água boa, 7. Fazendo pesquisa - investigando o ambiente, 8. Pesquisando a água e o seu entorno e 9. Recuperando a Mata.

Oficinas de campo

As oficinas de campo para o MAP ocorreram no segundo semestre de 2022 e tinham dupla finalidade: treinamento e obtenção de dados. Utilizou-se a metodologia do aprender a fazer, fazendo. As oficinas foram realizadas mensalmente no período de agosto a dezembro.

Os participantes foram divididos em dois grupos e ambos realizavam a caracterização do hábitat físico utilizando o protocolo formulado por França e Callisto (2019). Na sequência, um grupo realizava a coleta de amostras de água e análise dos parâmetros físico-químicos por meio de kit de campo (Ecokit) e o outro, a coleta de macroinvertebrados. Em seguida, os grupos se alternavam. Os pontos de coleta distavam cerca de 20 metros um do outro, sendo que as amostras para as análises físico-químicas eram retiradas a montante dos pontos de coleta dos macroinvertebrados.

Uso dos protocolos de avaliação e do kit de análises

O protocolo utilizado contém dez parâmetros de hábitats físicos de entorno a serem avaliados, atribuindo-se valores que, após somatório, indicavam a situação das influências locais, podendo ser classificados com “Mínima Perturbação” (acima de 68 pontos); “Média Perturbação” (40-68 pontos) ou “Máxima Perturbação” (menor que 40 pontos). A avaliação de cada um dos itens foi realizada por meio de discussão entre os participantes do grupo e decisão consensual.

As análises físico-químicas da água foram realizadas por meio de kit de análise (Ecokit II), fabricado pela empresa Alfakit (www.alfakit.com.br). Foram analisados os parâmetros físicos: temperatura e turbidez; e os químicos: amônia, nitrito, nitrato, ortofosfato, oxigênio dissolvido e pH. Os valores obtidos foram comparados aos recomendados pela Resolução CONAMA 357/2005, para águas de Classe 2. Subamostras da água coletada foram mantidas em refrigeração para posterior análise em cromatógrafo e medidor de pH no Laboratório de Limnologia, Departamento de Ecologia da UnB, para fins de comparação com os resultados obtidos pelo kit.

Biomonitoramento

As coletas foram realizadas pelos estudantes e professores, sob supervisão da equipe de pesquisadores, por meio do arrasto de peneiras na água. Os macroinvertebrados coletados foram transferidos com o uso de pinças para frascos contendo álcool 70% permanecendo refrigerados até o dia das análises.

O treinamento para identificação dos macroinvertebrados foi realizado com o auxílio de lupas eletrônicas, lupas manuais e mesas de luz instalados no espaço destinado ao Laboratório de Ciências da escola, nos dois turnos, na semana seguinte a cada coleta, repetindo-se as análises das mesmas amostras, em ambos os turnos. Como material de consulta para a identificação dos insetos aquáticos foram utilizadas fichas, figuras e tabelas disponibilizadas em França e Callisto (2019). Após a identificação e contagem das larvas de insetos aquáticos, procedia-se sua classi-

ficação em "tolerantes", "sensíveis" e "resistentes". Com base no Protocolo de Caracterização Biológica proposto por França e Callisto (2019), obtinha-se o Índice Biológico. Por meio desse índice classificou-se o ecossistema como estando com "Mínima Perturbação", "Perturbação Moderada" e "Máxima Perturbação".

RESULTADOS ALCANÇADOS E LIÇÕES APRENDIDAS

A partir da segunda oficina, passou-se a realizar somente uma oficina por mês, alternando o turno para contemplar as duas turmas, haja vista o tempo disponível não ser suficiente para duas oficinas no mesmo dia. Ao total, foram validadas quatro coletas, já que na primeira oficina não houve tempo hábil para concluir as análises físico-químicas e na última não foi possível coletar os macroinvertebrados, devido a equipe de instrutores estar reduzida. Ressalta-se que nessa coleta as atividades da ETI estavam encerradas e chovia bastante, mesmo assim, 15 alunos compareceram à oficina.

A caracterização do hábitat físico por meio do protocolo indicou que o ambiente estava com "Mínima Perturbação" em todas as coletas, com pontuações superiores a 75 pontos. A utilização desse protocolo gerou dúvidas entre os participantes devido à necessidade de observação detalhada do ambiente. Ressalta-se que alguns dos participantes fizeram pela primeira vez uma visita a um ambiente ripário. Mesmo os que já conheciam, não tinham o "olhar" observador requerido para as análises. Assim, os questionamentos frequentes dos participantes eram sobre a condição de assoreamento, presença de erosão nas margens, qual ou quais eram os principais componentes do leito do córrego, cor e transparência da água. Para solucionar as dúvidas, realizava-se um percurso pedagógico, clareando os elementos necessários para que cada um pudesse fazer sua própria avaliação e o protocolo fosse preenchido consensualmente.

O uso do Ecokit trouxe experiências completamente novas aos estudantes, já que a prática de laboratório exige cuidados que não faziam parte da rotina escolar. O uso de luvas, galochas e máscaras causou um impacto inicial que se repetia em todas as oficinas. Citam-se ainda: o desafio da titulação dos reagentes, exigindo precisão e concentração; uso da carta de cores demandando acuidade visual para a comparação da coloração das amostras tituladas com as cores das cartas. Além disso, havia os cuidados para não contaminar as amostras e a limpeza adequada dos frascos e dosadores ao finalizar as análises. Pode-se considerar essas ações como desafiadoras.

Os resultados dos parâmetros físico-químicos foram condizentes com córregos de Classe 2, tanto pelas análises feitas pelo kit quanto nas realizadas no Laboratório de Limnologia da UnB. O pH se manteve constante em 7,0 e a turbidez em 30 NTU, exceto na coleta em dezembro que apresentou 100 NTU, talvez devido ao dia chuvoso. Para o O_2 dissolvido, os valores variaram de 9 a 10 $mg.L^{-1}$, apresentando 6 $mg.L^{-1}$ no mês de setembro, quando também a temperatura da água foi a mais baixa, 19 °C.

Os Índices Biológicos obtidos pelo biomonitoramento nas três primeiras observações indicaram "Mínima perturbação" e na última, ocorrida em novembro, foi indicada "Perturbação moderada" atingindo o valor de 5,5, estando 0,5 pontos abaixo do limite para a mínima. Considera-se que o período chuvoso pode ter alterado a composição e a quantidade das populações de macroinvertebrados, conforme discutido por Hepp e Restello (2007). Segundo esses autores, em função do aumento de vazão e, consequentemente da turbidez, ocorre uma diminuição no perifíton, fonte de alimentação dos organismos bentônicos, causando uma diminuição considerável na abundância de *taxa*.

Os resultados obtidos pelo biomonitoramento combinados com os protocolos de caracterização do hábitat físico e das análises físico-químicas possibilitaram a realização de uma avaliação integrada da qualidade do ambiente ripário a cada amostragem. Obteve-se, assim, o diagnóstico ambiental do ecossistema aquático naquele dia de coleta.

A flexibilidade na execução da proposta, tendo por base os princípios da Pesquisa-Ação (Barbier 2007), possibilitou o desenvolvimento de temas demandados tanto pelos estudantes e professores quanto pela gestão escolar, oportunizando momentos extras de ensino-aprendizagem. Assim, realizou-se a montagem de composteira, aplicou-se o jogo educativo de tabuleiro "Desafio no Cerrado", elaborado pelo analista ambiental Renato Berlim da Embrapa Cerrados. E ainda, utilizou-se o jogo do Megalóptera, elaborado pelos parceiros do Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, Laboratório de Citotaxonomia e Insetos Aquáticos, Coordenação de Biodiversidade (INPA).

Realizou-se, ainda, uma visita ao Centro de Aquicultura Sustentável, localizado na Fazenda Água Limpa (FAL), área experimental da UnB, para conhecer o projeto de Extensão Universitária "Se eu fosse um peixinho". A visita coincidiu com a proposta de

reativação de um tanque de piscicultura na escola, por meio de uma comissão de professores e estudantes que participaram da visita. Essa proposta, assim como a da composteira, traziam a possibilidade de geração de renda para os estudantes, haja vista a condição de vulnerabilidade socioeconômica da maioria deles. Realizou-se também uma atividade festiva com brincadeiras, sorteio de jogos e comemoração dos aniversários na semana do Dia das Crianças.

Destaca-se que por meio das oficinas de campo, os estudantes foram além dos muros, dos limites da escola e até mesmo da sua região administrativa para conhecer outros locais. Isso permitiu-lhes visualizar novos horizontes e experimentar o contato com diferentes saberes. Ressalta-se que os conteúdos técnico-científicos trabalhados em sala de aula apresentavam problemáticas ambientais locais favorecendo a prática de uma educação contextualizada e formadora de pessoas que, conforme Freire (2006), não apenas se adaptam a situações, mas também estão aptas a transformá-las.

Enfatiza-se, por fim, que projetos de Extensão Universitária possam contribuir para o engajamento das comunidades na solução coletiva de seus problemas. Para tanto, destacamos a abordagem científica baseada na Pesquisa-Ação e sua contribuição para a construção de autonomia e protagonismo, conforme discutido por Orquiza *et al*. (2022).

Com base nos estudos de Ramirez *et al*. (2023) pode-se considerar que a abordagem em Ciência Cidadã realizada no projeto tem similaridade com o que vem sendo praticado atualmente, considerando-se as diferentes abordagens analisadas por aqueles autores. A expectativa da equipe do projeto é que a sensibilização dos participantes se consolide em futuras ações referentes aos cursos d'água de seus territórios.

AGRADECIMENTOS

Aos estudantes da Educação em Tempo Integral no ano de 2022, assim como, aos seus professores Luzanira Rocha de Melo e Paulo Sérgio Alves da Silva (*in memorian*), aos gestores da escola e à senhora Maria Leonor Hugueney Irigaray, proprietária da chácara Aldeia, onde se realizaram as oficinas de campo. Ao Instituto Brasília Ambiental (IBRAM/DF), na figura do Educador Ambiental, Luiz Felipe Blanco, pela disponibilização de kits de análises e transporte para estudantes e professores. Aos instrutores e colaboradores do projeto e do curso de Extensão. Ao doutor Guilherme Senna pela instrução nas oficinas de campo e nas de separação, identificação e contagem dos macroinvertebrados. Às bolsistas de Extensão da UnB.

REFERÊNCIAS

Barbier, R. (2007). *A pesquisa-ação*. Liber Livro Editora.

Callisto, M., & Gonçalves, J.F.Jr. (2005). Bioindicadores Bentônicos. In Sociedade Brasileira de Limnologia. (Org.), *Anais do IX Congresso Brasileiro de Limnologia* (pp. 371–379).

Campos, C.A. (2021). *Desenvolvimento de um framework para avaliação da integridade ecológica de riachos*. [Tese de Doutorado, Universidade de Brasília].

Correia, C.R.M.A., Silva, L.P., Cardozo, U.T, & Boulomytis, V.T.G. (2021) Água e Sociedade. In V.T.G. Boulomytis (Org.), *Gestão Sustentável de Bacias Hidrográficas*: *cenários do Brasil e da Austrália*. EDIFSP. https://editora.ifsp.edu.br/edifsp/catalog/book/31

Danielsen, F., Burgess, N.D., Jensen, P.M., & Pirhofer-Walzl, K. (2010). Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people's involvement. *Journal of Applied Ecology, 47*(6), 1166–1168. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01874.x

Fernandes, A.S.A., Bonelli, F., & Fontanelli, F.S. (2021) A pandemia, suas variantes e os efeitos para o comércio e serviços em um contexto de vacinação lenta. In A.S.A. Fernandes, & J.M. Tude (Orgs.) *A pandemia de Covid-19 no Brasil e o falso dilema Economia x Saúde*. Editora da Universidade Federal da Bahia.

França, J.S., Solar, R., Hughes, R.M., & Callisto, M. (2019). Student monitoring of ecological quality in neotropical urban streams. *Ambio, 48,* 867–878. https://doi.org/10.1007/s13280-018-1122-z

França, J.S., & Callisto, M. (2019) *Monitoramento participativo de rios urbanos por estudantes-cientistas*. J.S. França. https://doi.org/10.17648/ufmg-monitoramento2019

Freire, P. (2006) *Pedagogia da autonomia*: *saberes necessários à prática educativa*. Paz e Terra.

Hepp, L.U., & Restello, R.M. (2007). Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade das águas do Alto Uruguai Gaúcho. In S.B. Zakrzeviski. *Conservação e uso sustentável da água: múltiplos olhares* (pp. 75–86). Edifapes. https://www.uricer.edu.br/site/cursos/arq_trabalhos_usuario/764.pdf#page=75

Martins, R.T., Oliveira, V.C. de, & Salcedo, A.K.M. (2014). Uso de insetos aquáticos na avaliação de impactos antrópicos em ecossistemas aquáticos. In N. Hamada, J.L. Nessimian, & R.B. Querino. *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia* (pp. 117–129). Editora do INPA.

Moreno, P., Gonçalves, J.F.Jr., & Callisto, M. (2005). Invertebrados aquáticos como bioindicadores. In A.H. Lisboa, & E.M.A. Goulart (Orgs.), *Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais* (pp. 556–567).

Orquiza, L.M., Garcia, L.S., Orquiza-de-Carvalho, L.M., & Carvalho, W.L.P. (2022). A pesquisa-ação como práxis na popularização da ciência. *Ciência & Educação, 28,* e22019. https://doi.org/10.1590/1516-731320220019

Queiroz-Souza, C., Viana, B., Ghilardi-Lopes, N., Kawabe, L., Alexandrino, E., França, J.S., Kofler, S., Saraiva, A. M., & Loula, A. (2023) Opportunities and barriers for citizen science growth in Brazil: Reflections from the First Workshop of the Brazilian Citizen Science Network. *Citizen Science: Theory and Practice, 8*(1), 1–9. https://doi.org/10.5334/cstp.521

Ramirez, S.B., van Meerveld, I., & Seibert, J. (2023). Citizen Science approaches for water quality measurements. *Science of Total Environment, 897*, 165436. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165436

Turrini, T., Dörlef, D., Richter, A., Heigl, F., & Bonn, A. (2018). The threefold potential of environmental citizen science - Generating knowledge, creating learning opportunities and enabling civic participation. *Biological Conservation, 225,* 176–186. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.024

Vieira, D.C., Polignano, M.C., & Silva, B.M.M.N. (2011). Bacias hidrográficas como instrumento pedagógico. In A.T.G. Mata Machado, D.C. Vieira, J. de C. Procópio, & M.V. Polignano (Orgs.). *Bacia hidrográfica como instrumento pedagógico para a transversalidade* (pp. 43–84). Instituto Guaicuy.

RELATO DE EXPERIÊNCIA

Aplicação CoastSnap para proposta de monitoramento cidadão em ecossistemas costeiros-marinhos no domínio da Mata Atlântica: caso no município do Conde – Paraíba

Stephani Somekawa[1], Ismerina C. L. de Oliveira[1], Leticia das N. Felix[1], Marcia Maria A. de Sousa[1], Rosiete M. da Silva[2], Tânia C. Dantas, Maristela D. de Queiroz, Luana C. C. Silva[3], Yedda C. B. B. Oliveira[4,5], Camila C. P. de Brito[3,5], Viviana M. Velásquez[5,6], Francisco Araos[7], Luciana S. Esteves[8], Bráulio Almeida Santos[9], Allan Yu Iwama[9,10]*

[1] Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, João Pessoa, PB, Brasil, 58051-900

[2] Moradoras locais do município de Conde-PB. Guarda-mares pelo Observatório Marinho, Programa de monitoramento participativo da biodiversidade e ciência cidadã do Instituto Parahyba de Sustentabilidade (IPAS)

[3] Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, João Pessoa, PB, Brasil, 58051-900

[4] Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 52171-900

[5] Instituto Parahyba de Sustentabilidade (IPAS)

[6] Fundación Colombiana para la Investigación y Conservación de Tiburones y Rayas, SQUALUS

[7] Departamento de Antropología, Universidad de Chile, Capitán Ignacio Carrera Pinto 1045, Ñuñoa, Región Metropolitana, Chile, 7750000

[8] Bournemouth University, School of Applied Sciences, Christchurch House C212, Talbot Campus, Fern Barrow, Poole, BH12 5BB

Resumo

A iniciativa intitulada "CoastSnapCondePB" teve objetivo de desenvolver um protótipo para um monitoramento participativo da zona costeira do município do Conde, Paraíba, com a abordagem em ciência cidadã. Com base na iniciativa global CoastSnap, foram realizados 90 registros no período de agosto a dezembro de 2022 no âmbito da extensão universitária pela Universidade Federal da Paraíba. Os registros foram capturados em cinco pontos de apoio distribuídos ao longo da faixa costeira entre o bioma da Mata Atlântica e ecossistemas costeiros-marinhos do município de Conde, com estações de coleta com auxílio de tripé chamado "Faça você mesmo". Os registros foram analisados segundo o tipo de observação – Maré subindo, descendo, maré baixa – e as possíveis causas – variação natural, ondas, ventos, mudanças climáticas, entre outros. Foram observados processos de erosão (n=18) e acresção na faixa costeira (n=14). Foram registradas 15 observações que não apresentaram variações perceptíveis, e observações sem registros de mudanças, foram reagrupadas em "Outras". O aplicativo *CoastSnap* mostrou-se uma ferramenta muito intuitiva para a coleta de dados em ciência cidadã na zona costeira, permitindo visualizar as principais mudanças de variação da linha da maré na costa de Conde-PB. A iniciativa buscou engajar a comunidade local para a coleta de dados, através de oficinas sobre o uso do aplicativo CoastSnap. A iniciativa teve papel fundamental para o conhecimento dos extensionistas e participantes locais, tanto na compreensão da ciência cidadã quanto na troca de experiências com pesquisadores nacionais e internacionais e com os voluntários da região, contribuindo para a reflexão sobre a participação comunitária em pesquisas científicas para conservação de ambientes costeiros-marinhos e da Mata Atlântica, além de reforçar a importância do papel cidadão para a sustentabilidade.

[9] Departamento de Sistemática e Ecologia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, João Pessoa, PB, Brasil, 58051-900

[10] Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, João Pessoa, PB, Brasil, 58051-900

***Autor para correspondência:**
E-mail: allan.iwama@dse.ufp.br

Recebido: 14/09/2023
Aceito: 06/08/2024

Palavras-chave: Ciência cidadã, CoastSnap, dinâmica costeira, monitoramento participativo

CoastSnap application for citizen monitoring at coastal-marine ecosystems in the Atlantic Forest domain: case study in Conde municipality - Paraíba

Abstract

The CoastSnapCondePB initiative aimed to develop a prototype for participatory monitoring of the coastal zone of the municipality of Conde, Paraíba, through citizen science. Based on the global CoastSnap initiative, 90 registrations were made from August to December 2022 within the scope of university extension by the Federal University of Paraíba. The records were captured at five support points distributed along the Atlantic Forest and coastal-marine ecosystems in the municipality of the Conde, with collection stations with the help of a tripod called "Do it yourself". The records were analyzed according to the type of observation – rising tide, falling tide, low tide – and possible causes – natural variation, waves, winds, climate change, among others. Erosion (n=18) and accretion (n=14) processes were observed in the coastal area. Fifteen observations were recorded that did not present noticeable variations, and observations without records of changes were regrouped under "Others". The CoastSnap application proved to be a very intuitive tool for collecting citizen science data in the coastal area, allowing you to visualize the main changes in the variation of the tide line on the coast of Conde-PB. The initiative sought to engage the local community to collect data, through workshops on using the CoastSnap application. The initiative played a role in the knowledge of extensionists and local participants, both in understanding citizen science and in exchanging experiences with national and international researchers and volunteers in the region, contributing to reflection on community participation in scientific research for conservation in the coastal-marine ecosystems and Atlantic Forest, besides to reinforce the relevance of citizen role for sustainability.

Keywords: Citizen science, coastal dynamics, CoastSnap, participatory monitoring

Contexto da ciência cidadã em ecossistemas costeiros-marinhos no domínio da Mata Atlântica

Mais de um terço da população mundial vive em áreas costeiras, embora estas representem menos de 4% das terras terrestres. Mais de 80% da mudança nos oceanos provém do conteúdo energético do sistema climático da Terra nas últimas quatro décadas com mudanças no clima global, precipitação, salinidade e hidrodinâmica costeira (García-Soto *et al.* 2017). As mudanças climáticas, a pesca predatória, a poluição marinha, mudanças na cobertura e uso da terra estão entre as principais causas de alterações nos ecossistemas costeiros-marinhos com uma perda sem precedentes de espécies e habitats (García-Soto *et al.* 2017; 2021; Kelly *et al.* 2020) e com implicações para a saúde humana.

Essas alterações têm ocorrido tanto nos ecossistemas costeiros-marinhos quanto em outros biomas brasileiros, levando à fragmentação de habitats em regiões de alta biodiversidade endêmica. Essas áreas são reconhecidas como *hotspots* da biodiversidade (Myers *et al.* 2000; Laurance 2009), incluindo o bioma Mata Atlântica, foco da presente pesquisa. A fragmentação de habitats na Mata Atlântica, por exemplo, tem implicações para o desequilíbrio em ecossistemas costeiros-marinhos como restingas, manguezais, e praias, e restaurá-los tem sido fundamental para sua conservação (Rezende *et al.* 2018).

Para ampliar o conhecimento sobre as dinâmicas costeiras-marinhas, e os ecossistemas e espécies marinhas ameaçadas, iniciativas de participação cidadã tem sido uma das estratégias para envolver a sociedade para sua conservação. Com o uso de tecnologias sociais e plataformas digitais e tecnológicas para uma coleta de dados em grande escala, tem se ampliado as observações de cidadãos/cidadãs para identificar mudanças locais no meio ambiente costeiro-marinho (Thiel *et al*. 2014). Iniciativas em ciência cidadã em ambientes costeiros-marinhos se apresentam como um importante caminho para aumentar o envolvimento na conservação marinha em todo o mundo, sendo uma das demandas para melhorar a capacidade de ação de conservação marinha em todo mundo, segundo a Década das Nações Unidas da Ciência do Oceano para o desenvolvimento sustentável entre 2021-2030.

A ciência cidadã em ambientes costeiros-marinhos pode apoiar a promoção de (i) uma mudança global de percepção e comportamento sobre os impactos nos sistemas costeiros-marinhos; (ii) maior visibilidade no cenário de governança e gestão marinha internacional; e (iii) um protagonismo de cidadãos cientistas para promover mudanças ao participar das iniciativas. Kelly *et al*. (2020) mostraram como os cientistas cidadãos podem levar a novos conhecimentos científicos e melhorias ambientais, sugerindo novas maneiras de construir e incorporar abordagens de ciência cidadã no monitoramento do sistema costeiro-marinho (Kiessling *et al.* 2017; Wichmann *et al.* 2022).

A ciência cidadã, aqui entendida nesta iniciativa, é uma ciência que envolve cidadãos voluntários em etapas de uma pesquisa científica (Shirk *et al.* 2012; Haklay *et al.* 2021), buscando oferecer às pessoas uma maneira estruturada de registrar suas observações, compartilhá-las com especialistas e participar efetivamente da produção do conhecimento científico. No caso de monitoramentos cidadãos envolvendo as pessoas, tem se colocado em grande relevância os níveis de participação nestas iniciativas, onde é fundamental considerar a capacitação/formação de cientistas cidadãos para uma maior consciência ambiental e envolvimento das pessoas (Shirk *et al.* 2012). Esta estratégia de formação dos voluntários ou cientistas cidadãos é fundamental para alavancar uma ciência cidadã com foco na geração e disseminação de conhecimento científico e local (Thiel *et al.* 2014; García-Soto *et al.* 2017; 2021; Albagli e Iwama 2022).

Por que um monitoramento cidadão costeiro-marinho em Conde, na Paraíba? Contextualizando o *CoastSnapCondePB*

O município de Conde está localizado ao sul de João Pessoa, porção oriental do Estado da Paraíba. Conde tem formação geológica de rochas sedimentares, com formas de relevo conhecidas pela sua susceptibilidade à erosão natural, mas também a uma crescente degradação do terreno por perda de vegetação relacionadas com a ocupação irregular de áreas mais urbanizadas – principalmente nas áreas mais centrais do município, como é Jacumã e Carapibus (Barbosa *et al.* 2019).

Há trechos litorâneos onde há alta vulnerabilidade à erosão costeira, devido à instalação inadequada da população em regiões de atuação dos processos dinâmicos costeiros (Torres e Silva 2016).

Além disso, a partir de conversas informais com a Secretaria de Meio Ambiente de Conde, a gestão municipal tem enfrentado desafios relacionados com a erosão de falésias e situações de riscos associadas com movimento de massa. Neste contexto, o monito-

ramento da dinâmica costeira com vistas a ampliar os registros com dados de cientistas cidadãos pode ser uma maneira de engajar a população para sensibilizar a esses problemas, realizando registros diários/semanais/mensais para buscar soluções viáveis para evitar problemas maiores.

Nesse contexto, foi proposta uma ação de extensão para buscar coconstruir comunidades mais resilientes aos efeitos de mudanças climáticas e mudanças ambientais globais, através de capacitação e monitoramento participativo na zona costeira do município de Conde-PB. O objetivo da ação foi realizar um monitoramento cidadão participativo da faixa costeira de Conde-PB, com foco na erosão costeira, usando o CoastSnap. Essa iniciativa visou mobilizar cidadãos interessados em entender a dinâmica costeira, para construir uma rede de monitoramento cidadão na região.

A proposta buscou aderência com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), articulando a ação com o compromisso de construir cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11), garantir a vida na água (ODS 14) e estabelecer parcerias e meios de implementação (ODS 17).

A ação de extensão teve articulação com a Universidad de Los Lagos (Chile) por meio do projeto Centinelas Comunitarios – um projeto de ciência cidadã voltado para o monitoramento participativo com comunidades indígenas Mapuche-Williche no Chile (LabC-Ulagos 2021); e University of Bournemouth (UK), via projeto de ciência cidadã *CoastSnap* em Moçambique (Esteves *et al.* 2023). Ambas as universidades apoiaram com assessoria através de reuniões/palestras dialogando com a ação de extensão no município de Conde.

Aplicativo CoastSnap – desenhando o protótipo para Conde-PB

O aplicativo CoastSnap é uma iniciativa global de ciência cidadã para coletar dados sobre mudanças na linha costeira e outras transformações no ambiente costeiro ao longo do tempo. O projeto se expandiu globalmente a partir de 2017, na Austrália, e está disponível para acesso via *smartphones* ou pelo site - https://www.coastsnap.com. Após o registro, os usuários podem contribuir com observações de pontos em várias localidades, bastando definir a localização no celular e clicar no ícone de adição na tela. Essa plataforma oferece acesso a dados de diferentes países, promovendo um monitoramento colaborativo das mudanças costeiras em todo o mundo (Harley e Kinsela 2022)

O registro de imagens no CoastSnap pode ser feito de três maneiras: (i) usando uma "Estação fixa" que requer um celular apoiado em uma estrutura fixa na praia, com informações do projeto e instruções; (ii) através da estação "Faça você mesmo", que usa um tripé para estabilizar o celular; e (iii) de forma manual, segurando o celular na horizontal, conhecida como "Estação livre de apoio" (Figura 1).

O aplicativo permite que se crie uma linha do tempo, para o usuário registrar um histórico de fotografias no mesmo local ao usar a função "atualizar ponto". Desse modo, é possível registrar se houve mudanças da linha da costa ao longo do tempo

Desenvolvimento da ação *CoastSnapCondePB*

Para questões éticas de pesquisa com seres humanos, o projeto de extensão "Monitoramento cidadão costeiro no município de Conde, Paraíba", intitulado ***CoastSnapCondePB,*** exigiu cartas de anuência/manifestações de interesse prévias à submissão de dados, com modelos disponibilizados pela Pró-Reitoria de Extensão, via Coordenação de Programas de Ação Comunitária. Portanto, antes da submissão de dados, foi realizado um contato inicial para explicar o projeto, sua participação e seu consentimento, junto à Secretaria de Meio Ambiente de Conde, a ONG IPAS, e associação de moradores de Conde que se envolveram na ação, para assinar estes modelos de carta, sinalizando sua participação no projeto de pesquisa. Todos os participantes tiveram seus certificados de participação. Como a ação de extensão foi curta (6 meses), solicitamos a partir das cartas de anuência, o consentimento livre e esclarecido simples aos que se envolveram na ação.

A primeira fase do projeto envolveu reuniões com a gestão municipal, parceiros internacionais, análise de dados secundários e visitas a campo com a participação de moradores locais. Isso ajudou na seleção dos locais de observação, com base em quatro critérios: (1) acessibilidade para a população e turistas; (2) ângulo de visão adequado para registrar mudanças na linha da costa; (3) locais com monitoramentos participativos em andamento pelo IPAS, como o monitoramento de tartarugas marinhas; (4) lugares onde parcerias locais, como quiosques de praia, pudessem ser estabelecidas para manter as estações CoastSnap.

Após essa primeira etapa, foram conduzidas oficinas de capacitação com moradores locais e maratonas de observação para coleta de dados no projeto.

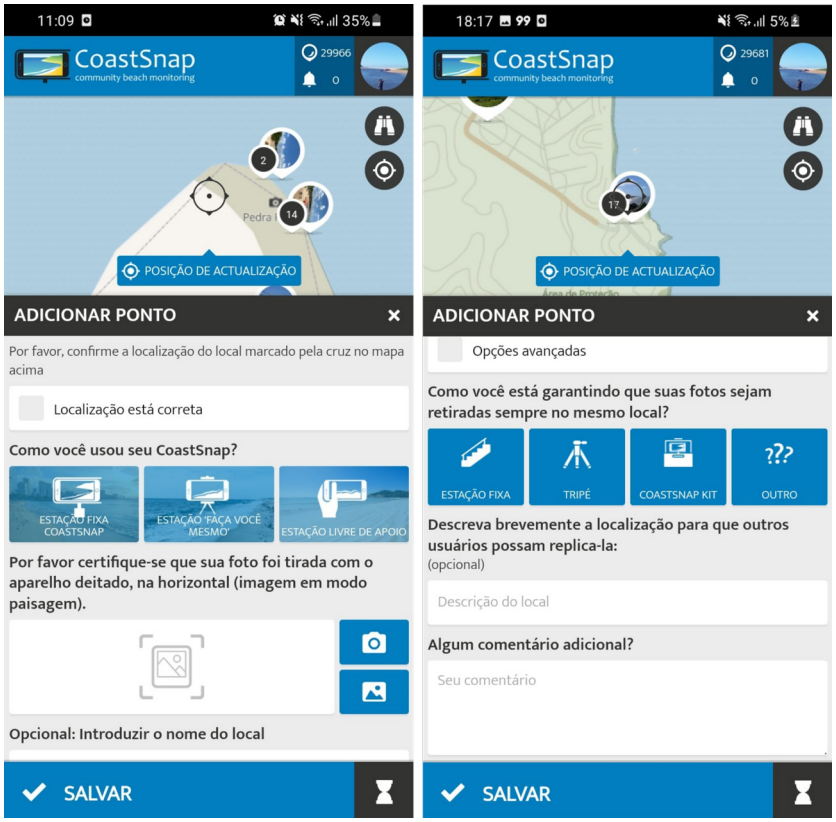


FIGURA 1: Área de adição de ponto no aplicativo CoastSnap. A) Após identificar a localização, escolher o modo de estação de apoio para captura da imagem e incluir a foto que pode ser fotografada na hora ou realizar o upload; B) Escolher base de apoio do celular e descrever localização e comentários sobre o local.

Três moradoras locais, que já participavam da iniciativa Observatório Marinho para o monitoramento de tartarugas marinhas, se envolveram ativamente com o projeto CoastSnap. Tinham idade entre 50 e 60 anos, e engajadas com questões sociais e ambientais do município de Conde. Elas foram responsáveis pela coleta de dados semanais, com participação da equipe de estudantes bolsistas e do IPAS fornecendo apoio necessário com uso do tripé, orientação dos celulares para registros fotográficos. Além dos moradores locais, também foram envolvidos na ação de extensão estudantes de graduação em Engenharia Ambiental e Ciências Biológicas, no curso de Educação Ambiental, e Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, no curso de Ciência Aberta e Cidadã para Sustentabilidade, com estudantes formados desde Engenharia Ambiental e Biologia, à Enfermagem e Nutrição.

O intuito de envolver os estudantes foi realizar na prática as etapas de uma iniciativa de ciência cidadã, realizando uma 'maratona' de coleta de dados com as moradoras locais, dialogando com a importância da Educação Ambiental para engajar e sensibilizar as pessoas para entender processos dinâmicos costeiros e monitorá-los, sobre a questão de resíduos e plásticos no mar, e dialogar com o conhecimento local das guardiãs dos mares.

Portanto, o envolvimento de moradores locais, estudantes, ONG, Universidade, teve um propósito de prática interdisciplinar e transdisciplinar, para discussão e buscar integração de conhecimentos e aprendizados.

Devido à dificuldade em instalar bases fixas, optou-se pelo uso da função "Faça você mesmo" no CoastSnap. As voluntárias cidadãs coletaram dados semanalmente até dezembro de 2022. Algumas oficinas também utilizaram drones para capturar imagens aéreas das praias, permitindo análises em uma escala macro e material de divulgação (Figura 2).

Oficinas e atividades de campo relacionadas à educação ambiental e ciência cidadã foram realizadas, incluindo visitas ao Observatório Marinho e exposições sobre o monitoramento de tartarugas marinhas e ex-



(a) Vista aérea Coqueirinho | Tambaba



(b) Vista aérea barra do Gramame



(c) Vista aérea equipe de campo em Tambaba



(d) Vista aérea equipe de campo em Tabatinga II

FIGURA 2: Imagens aéreas da área costeira de Conde, Paraíba.

periências de ciência cidadã com indígenas Mapuches no Chile - https://www.centinelascomunitarios.cl (LabC-Ulagos 2021) – ver Figura 3. Os dados coletados dessas ações no aplicativo indicaram a erosão costeira, mas também despertou interesse para observação da perda de vegetação de mangue/restinga e poluição, sendo organizados em uma planilha para análise exploratória de dados.

Resultados e reflexões sobre ação CoastSnapCondePB

Foram realizadas 90 observações no período de agosto a dezembro de 2022, que foram posteriormente analisadas e filtradas de acordo com as categorias associadas com os efeitos da maré e a variação da linha da costa, e suas possíveis causas.

Observações locais na faixa costeira de Conde, Paraíba

As observações foram feitas sempre nos 5 pontos distintos, e fixados para o registro "Faça você mesmo" usando o tripé, ao longo da faixa costeira de Conde-PB (Tabela 1 e Figura 4).

Das principais observações sobre a variação da linha da costa com a dinâmica das marés (Figura 5), 18 observações se relacionam à erosão costeira, enquanto 14 das observações se associavam com acresção da faixa costeira (Figura 6). Apesar da maioria das observações também estarem relacionadas com pouca variação perceptível da dinâmica costeira, efeitos de erosão costeira foram frequentemente observados em locais de difícil acesso, como a praia de Carapibus.

Além disso, na Praia do Amor, apesar de "pouco perceptível" a variação, nos meses de outubro-novembro observaram-se mais elementos de erosão costeira entre Praia do Amor e Vila dos Pescadores. Por outro lado, os efeitos de acresção foram mais observados nas praias de Tabatinga II. Em outras 15 observações não foi possível determinar variação perceptível da linha da costa – como é o caso da praia em Tambaba e Arapuca, devendo-se à distância da câmera fotográfica em relação à linha da costa e a distância até o local, no caso de Arapuca (Figura 6).

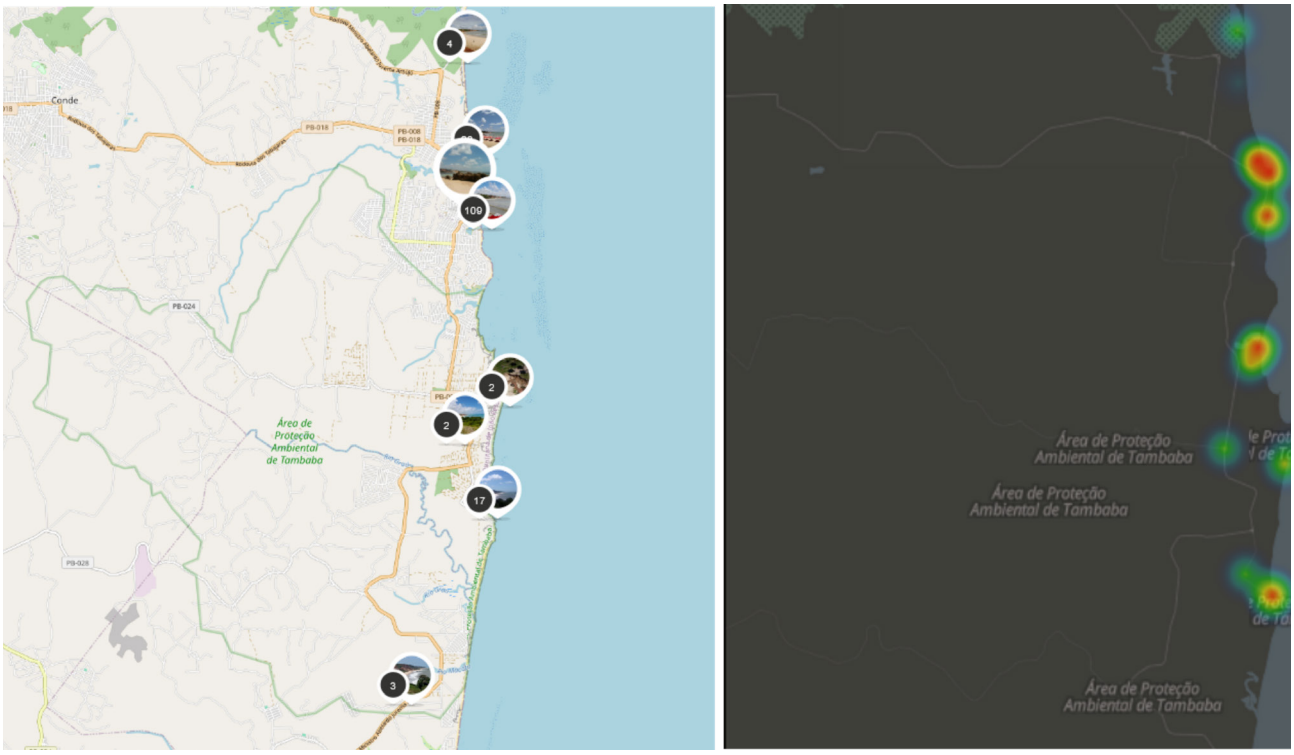
Observações realizadas em um período relativamente curto – agosto a dezembro de 2022, permitiram



FIGURA 3: Ação de monitoramento com estudantes de graduação e pós-graduação da UFPB. A) Coleta de dados utilizando o app *CoastSnap*; B) Visita ao Observatório Marinho; C) Conversa com o Prof. Francisco Araos – Universidad de Los Lagos (Chile); D) Registro de tartaruga cabeçuda (*Caretta caretta*) na praia de Jacumã; E) Estudantes, cidadãos e cientistas participantes da ação.

TABELA 1: Locais de monitoramento e principais mudanças observadas na linha costeira de Conde.

Praia	Localização da observação	Principais mudanças observadas
1. Praia do Amor	Restaurante Cantinho do amor	Erosão na linha de praia com formação de escarpa praial.
2. Praia de Jacumã	Praça do Mar	Variação da maré
3. Praia de Tabatinga II - face norte	Entrada principal do lado esquerdo da escada de madeira	Mudanças no canal de maré. Erosão dos terraços marinhos
4. Praia de Tabatinga II - face sul	Entrada principal do lado direito da escada de madeira	Variação de maré
5. Praia da Arapuca	Mirante de Tambaba	Sem mudanças perceptíveis



(a) Dados observados CoastSnapConde-PB

(b) Mapa de calor indicando concentração de observações das iniciativas CoastSnapConde-PB

FIGURA 4: Dados coletados CoastSnapConde-PB no período de agosto a dezembro de 2022.

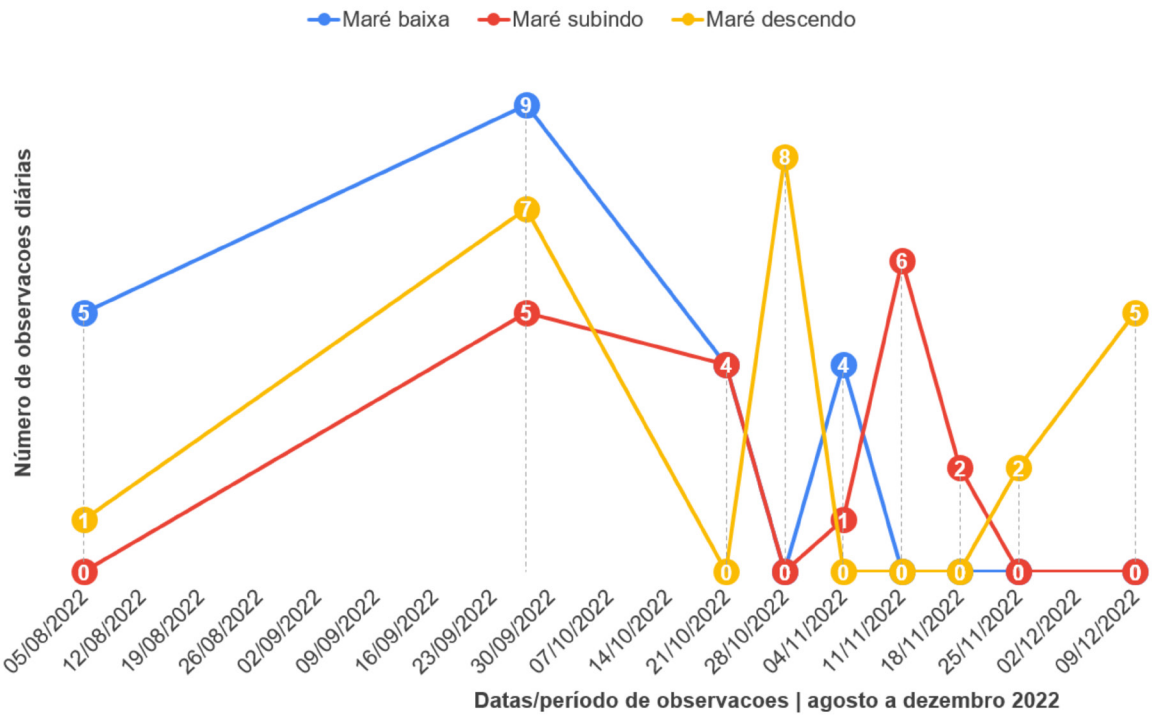


FIGURA 5: Dados observados variação da linha da costa com efeitos de subida e descida de maré – período de agosto a dezembro de 2022.

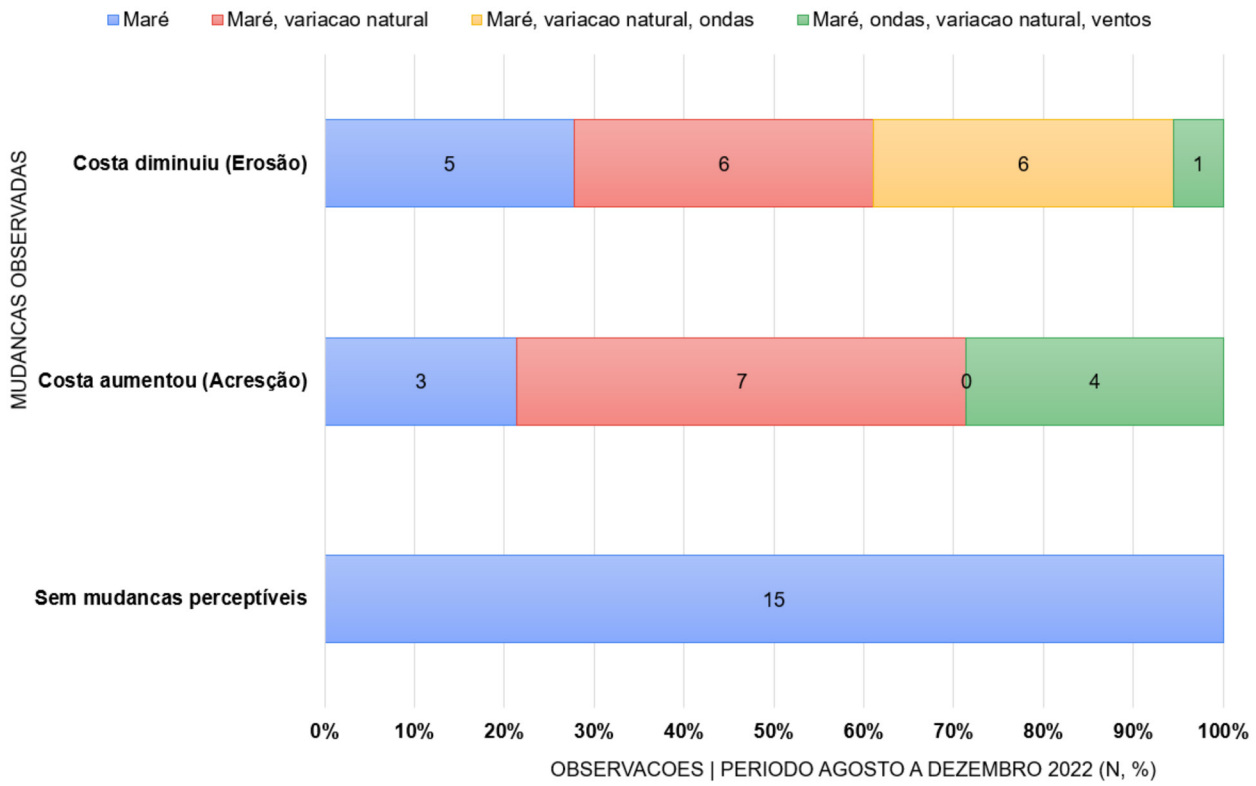


FIGURA 6: Principais mudanças e causas observadas na linha da costa Conde– período de agosto a dezembro de 2022.

identificar algumas mudanças diárias mais drásticas, no entanto, para uma análise mais situada das mudanças da linha da costa, é desejável e necessário que o monitoramento seja realizado a longo prazo para se perceber/observar as variações na faixa costeira com maior precisão.

Para mais detalhes sobre as observações no período da iniciativa ***CoastSnapCondePB*** em cada uma das praias/localidades, acesse o Material suplementar 1. Para acessar os dados brutos coletados, ver Material suplementar 2.

Os dados CoastSnap do município de Conde e visão dos cientistas cidadãos

O aplicativo CoastSnap se mostrou uma ferramenta intuitiva para coleta de dados, registrando informações como hora, local e detalhes das mudanças identificadas ao longo da faixa costeira.

No período de monitoramento deste projeto, os pontos da praia do Amor, Jacumã e Arapuca não apresentaram mudanças perceptíveis, além da variação da maré. Em Jacumã a área de maior mudança que seria a praia de Carapibus está muito distante nas fotografias, o que dificulta no momento das análises; o mesmo acontece na praia da Arapuca, em que o ponto de observação localiza-se no mirante de Tambaba e a distância dificulta identificar possíveis mudanças na linha da costa.

A praia de Tabatinga apresentou as mudanças mais perceptíveis, a vazão do canal de maré da face norte da praia muda constantemente. Mas, para se analisar as causas e interações que ocasionam esse resultado é necessário um maior tempo de monitoramento e mais imagens para acompanhar essas alterações. Uma das cientistas cidadãs comenta a preocupação de realizar esse monitoramento de longo prazo:

> *"Acho que precisamos monitorar mais de uma vez por semana, visto que as mudanças estão ocorrendo muito rapidamente. [Cientista cidadã 1]*

A utilização do drone para captura das imagens aéreas foi importante para realizar as análises e iden-

tificar feições que sofrem erosão e ter uma visão mais ampla dos locais, além de captar ótimas imagens para os recursos de multimídia e divulgação.

A ação extensionista não teve recursos financeiros para coleta de dados em campo, auxílio transporte, com exceção da bolsa de extensão. Em razão disso, não foi possível naquele momento realizar a instalação das estações fixas, nem apoio com transporte para as cidadãs e impressão do material de divulgação. Uma das voluntárias ressaltou:

> *"Teve poucos recursos e também senti pouca participação da [ampla] população." [Cientista cidadã 2]*

Apesar disso, ressalta-se a importância do envolvimento das cientistas cidadãs, que vivem no local, ao realizarem os registros e observações da dinâmica costeira. Neste sentido, um dos estudantes voluntários ressaltou a importância da atividade em campo com pesquisadores, estudantes de outras áreas do conhecimento, bem como as moradoras locais, para a troca de experiências e conhecimento:

> *"Foi muito boa a troca de experiência com pessoas de outras áreas [...] pode ouvir pessoas engajadas na causa, visitar praias e observar na práticas as dinâmicas de erosão [costeira]" [voluntário cidadão 1]*

Outro desafio foi que em alguns pontos de coleta, o sinal de internet era fraco, o que dificultava a coleta de dados em tempo real. Apesar disso, era possível às cientistas cidadãs coletarem os dados e, *a posteriori*, enviarem os dados quando tinham acesso à internet.

> *Também é necessária uma internet de maior qualidade, e mais pontos focais." [Cientista cidadã 1]*

A participação cidadã no CoastSnapConde-PB

O monitoramento das praias do Conde foi possível com a participação cidadã para coleta de dados. A participação das cientistas cidadãs foi fundamental para estabelecer a periodicidade da coleta de dados, que *a priori*, foi definida semanalmente, buscando reduzir custos de deslocamento da equipe de estudantes. Para isso ocorrer, e a coleta de dados acontecer com qualidade, foram fundamentais as oficinas de formação do uso do aplicativo CoastSnap. Alguns relatos sobre a importância da participação das cientistas cidadãs no projeto e seus aprendizados:

> *"A minha experiência no projeto foi gratificante e positiva, participar como cidadã voluntária em projetos como esse que tem como embasamento os princípios da ciência cidadã muito me engrandece como ser humana, meu engajamento nessas iniciativas em prol da conservação da biodiversidade, só fortalece meu compromisso com a sustentabilidade ambiental. Para mim foi muito valioso participar." [Cientista cidadã 3]*

> *"O projeto é de grande importância para nossa costa, sempre tão necessitada de cuidados e proteção. Aprendi muito durante esse período, como observar melhor as mudanças que acontecem por aqui. O convívio com a comissão (professores e alunos) foi muito gratificante [Cientista cidadã 1]*

A ação de extensão permitiu a participação ativa de estudantes junto à sociedade, gerando um aprendizado mútuo sobre a importância e implicações do monitoramento da costa do município, também desenvolvendo um vínculo único com os participantes da ação, tanto internos como externos, tornando cada etapa do projeto enriquecedora.

O contato feito com as cientistas cidadãs foi diferencial, onde se pode observar seus reais interesses em entender como funciona a dinâmica costeira e como podem ajudar na conservação do meio em que vivem. O conhecimento que elas têm sobre os locais monitorados ajudaram no processo de desenvolvimento do trabalho, sendo imprescindível o conhecimento local para o monitoramento das praias, uma vez que conhecem o dia a dia da dinâmica das praias, além de conhecerem o ambiente como era anos atrás, sendo uma fonte de informações sobre as mudanças da área costeira.

A ação junto com o instituto IPAS e o Observatório Marinho e todas as ações que eles realizam no Conde foi fundamental para o entendimento da ciência cidadã e a parceria com o projeto deu início à construção de uma rede de monitoramento cidadão no município. Apesar da falta de recursos e da pouca participação popular, o projeto conseguiu alcançar os objetivos iniciais de protótipo de projeto. A troca de informações e conhecimentos adquiridos ao lon-

go desse projeto agregou na formação acadêmica e profissional das extensionistas de diferentes áreas/cursos, como Turismo, Biologia, Engenharia Ambiental, além de pós-graduação de áreas como Ecologia, Etnobiologia e Gestão Costeira. Espera-se que este protótipo desenvolva uma "semente" de colaboração entre a universidade, gestão pública e sociedade com o intuito de formar cidadãos conscientes sobre questões ambientais, criando comunidades mais resilientes às mudanças climáticas.

Outro aspecto relevante foi criar espaços de diálogo que aconteceram na sede do Observatório Marinho, ou na Biblioteca Comunitária da Praça do Mar (Jacumã), locais abertos que permitiram a reflexão sobre a participação comunitária em pesquisas científicas e seu papel cidadão para a sustentabilidade para além de uma coleta de dados *per se*, em consonância com outros estudos associados à ciência cidadã, engajamento social, aprendizado científico e coprodução de conhecimentos (Sauermann *et al*. 2020; Viana e Souza 2020; Coulson *et al*. 2021; Tengö *et al*. 2021; Woiwode *et al*. 2021; Beck *et al*. 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aplicativo CoastSnap foi uma ferramenta de fácil entendimento e intuitiva para a coleta de dados, registros de imagens das variações da linha da costa com dados de horário, local e informações sobre as dinâmicas costeiras. Pode-se observar a variação da linha da costa em diferentes momentos, com implicação para atividades de turismo e comércio realizadas na praia, além de ocupações próximas à faixa de areia.

Do ponto de vista da extensão, envolveu comunidades locais que já participavam de outras iniciativas de ciência cidadã, como o Observatório Marinho, além do contato com a gestão municipal – por meio da Secretaria de Meio Ambiente de Conde –, e órgão estadual, SUDEMA. A experiência extensionista possibilitou a interação entre a UFPB com órgãos estaduais e municipais, além da sociedade civil, para realizar uma primeira proposta de monitoramento cidadão costeiro. Apesar dos desafios e dificuldades encontrados durante um período curto de projeto de extensão, considera-se que atingiu seus objetivos ampliando o conhecimento sobre as alterações na linha da costa, e necessidade de se implementar um monitoramento sistemático na faixa costeira de Conde, mas também de toda Paraíba.

Todas as etapas desse projeto foram compartilhadas através das mídias sociais. No *Instagram*, o projeto pode ser encontrado através do perfil @coastsnapcondepb, no twitter *#CoastSnapConde-PB* e no *mural do* CoastSnap Conde-PB, além da inserção no site da ong IPAS e no site oficial do *CoastSnap* na área de projetos regionais.

AGRADECIMENTOS

À PROEX-UFPB [PJ163-2022] pelo apoio à bolsa de extensão; Secretaria de Meio Ambiente de Conde-PB; Instituto Parahyba para Sustentabilidade (IPAS) e equipe do Observatório Marinho. Às guarda-mares [Rosi Silva, Tânia Dantas, Maristela Queiroz], com seu apoio, confiança e envolvimento em todas as atividades propostas da iniciativa. Acordo Geral de Cooperação Acadêmica entre Universidade Federal da Paraíba e Universidad de Los Lagos (2022-2024) [526/2022].

REFERÊNCIAS

Albagli, S., & Iwama, A.Y. (2022). Citizen science and the right to research: building local knowledge of climate change impacts. *Humanities and Social Sciences Communications*, *9*, 39. https://doi.org/10.1057/s41599-022-01040-8

Beck, S., Fraisl, D., Poetz, M., & Sauermann, H. (2024). Multidisciplinary perspectives on citizen science—synthesizing five paradigms of citizen involvement. *Citizen Science: Theory and Practice*, *9*(1), 1–12. https://doi.org/10.5334/cstp.691

Barbosa, T.S., Lima, V.F. de, & Furrier, M. (2019). Mapeamento geomorfológico e geomorfologia antropogênica do município do Conde – Paraíba. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, *20*(3), 525–540. https://doi.org/10.20502/rbg.v20i3.1571

Coulson S., Woods, M., & Making Sense EU. (2021). Citizen Sensing: An Action-Oriented Framework for Citizen Science. *Frontiers in Communication*, *6*, 629700. https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.629700

Esteves, L. S., Ballesteros, C., Muaievela, I., & Abubakar, I. H., (2023). CoastSnap Mozambique: an experience of citizen science in Africa during the Covid-19 pandemic. In P. Wang, E. Royster, & J. Rosati.

(Eds.), *Proceedings of Coastal Sediments* (pp. 872–880). https://doi.org/10.1142/9789811275135_0082

Garcia-Soto, C., van der Meeren, G. I., Busch, J. A., Delany, J., Domegan, C., Dubsky, K., Fauville, G., Gorsky, G., von Juterzenka, K., Malfatti, F., Mannaerts, G., McHugh, P., Monestiez, P., Seys, J., Węsławski, J.M., & Zielinski, O. (2017). *Advancing* citizen science for coastal and ocean research. In V. French, P. Kellett, J. Delany, & N. McDonough. (Eds.), Position Paper 23 of the European Marine Board, Ostend.

Garcia-Soto, C., Seys, J.J.C., Zielinski, O., Busch, J.A., Luna, S.I., Baez, J.C., Domegan, C., Dubsky, K., Kotynska-Zielinska, I., Loubat, P., Malfatti, F., Mannaerts, G., McHugh, P., Monestiez, P., van der Meeren, G.I., & Gorsky, G. (2021). Marine citizen science: current state in europe and new technological developments. *Frontiers in Marine Science, 8*, 621472. https://doi.org/10.3389/fmars.2021.621472

Haklay, M., Dörler, Daniel, Heigl, F., Manzoni,M., Hecker, S., & Vohland, K. (2021). What is citizen science? The challenges of definition. In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K. Wagenknecht. (Eds.) *The Science of Citizen Science* (pp. 13–34). Springer https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4

Harley, M.D., & Kinsela, M. (2022). CoastSnap: A global citizen science program to monitor changing coastlines. *Continental Shelf Research*, *245*, 104795, https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.104796

Kelly, R., Fleming, A., Pecl, G. T., von Gönner, J., & Bonn, A. (2020). Citizen science and marine conservation: a global review**.** *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *375*, 20190461. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0461

Kiessling, T., Salas, S., Mutafoglu, K., & Thiel, M. (2017). Who cares about dirty beaches? Evaluating environmental awareness and action on coastal litter in Chile. *Ocean & Coastal Management*, *137*, 82–95. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.11.029

LabC-ULAGOS (2021). Centinelas Comunitarios. Guía metodológica para realizar monitoreos participativos comunitarios. Laboratorio de Ciencia Ciudadana de la Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile.

Laurance, W. F. (2009). Conserving the hottest of the hotspots. *Biological Conservation*, *142*(6), 1137–1137. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.011

Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Fonseca, G.A.B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, *403*, 853–858. https://doi.org/10.1038/35002501

Rezende, C.L., Scarano, F.R., Assad, E.D., Joly, C.A., Metzger, J.P., Strassburg, B.B. N., Tabarelli, M., Fonseca, G.A., & Mittermeier, R.A. (2018). From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest, *Perspectives in Ecology and Conservation*, *16*(4), 208–214. https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002

Sauermann, H., Vohland, K., Antoniou, V., Balaz, B., Goebel, C., Karatzas, K., Mooney, P., Perello, J., Ponti, M., Samson, R., & Winter, S. (2020) Citizen science and sustainability transitions. *Research Policy*, *49*, 103978. https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.103978

Shirk, J.L., Ballard, H.L., Wilderman, C.C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B.V., Krasny, M.E., & Bonney, R. (2012). Public participation in scientific research: a framework for deliberate design. *Ecology and society*, *17*(2), 29. http://dx.doi.org/10.5751/ES-04705-170229

Tengö, M., Austin, B.J., Danielsen, F., & Fernández-Llamazares, Á. (2021). Creating synergies between citizen science and indigenous and local knowledge. *BioScience*, *71*(5), 503–518. https://doi.org/10.1093/biosci/biab023

Torres, F.S.M., & Silva, E.P. (Orgs.) (2016). Geodiversidade do estado da Paraíba. CPRM - Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais.

Thiel, M., Penna-Díaz, M.A., & Luna-Jorquera, G. (2014). Citizen scientists and marine research: volunteer participants, their contributions, and projection for the future. In R.N. Hughes, D.J. Hughes, & I.P. Smith (Eds.) *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/b17143-6

Viana, B.F., & Souza, C.Q. (2020). Ciência cidadã para além da coleta de dados. *Revista ComCiência*, 1–2.

Wichmann, C-S., Fischer, D., Geiger, S. M., Honorato-Zimmer, D., Knickmeier, K., Kruse, K., Sundermann, A., & Thiel, M. (2022). Promoting pro-environmental behavior through citizen science? A case study with Chilean schoolchildren on marine plastic pollution. *Marine Policy*, *141*, 105035. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105035

Woiwode, C., Schäpke, N., Bina, O., Veciana, S., Kunze, I., Parodi, O., Schweizer-Ries, P., & Wamsler, C. (2021). Inner transformation to sustainability as a deep leverage point: fostering new avenues for change through dialogue and reflection. *Sustainability Science, 16*, 841–858. https://doi.org/10.1007/s11625-020-00882-y

MATERIAL SUPLEMENTAR 1: Séries temporais de imagens registradas no CoastSnap em Conde-PB

Aplicação CoastSnap para proposta de monitoramento cidadão em ecossistemas costeiros-marinhos no domínio da Mata Atlântica: caso no município do Conde – Paraíba

Stephani Somekawa, Ismerina C. L. de Oliveira, Leticia das N. Felix, Marcia Maria A. de Sousa, Rosiete M. da Silva, Tânia C. Dantas, Maristela D. de Queiroz, Luana C. C. Silva, Yedda C. B. B. Oliveira, Camila C. P. de Brito, Viviana M. Velásquez, Francisco Araos, Luciana S. Esteves, Bráulio Almeida Santos, Allan Yu Iwama

PRAIA DO AMOR

O local escolhido para registro das imagens através do aplicativo é no Restaurante Cantinho do Amor, localizado na entrada principal da praia, por ser um local alto, de fácil acesso, com bom ângulo de visada da faixa de areia e por ser uma possível parceria para a estação fixa de monitoramento onde podem se tornar "guardiões" da estação. A sugestão do local foi feita pelas voluntárias que nos comunicaram sobre a fragilidade das falésias presentes na praia que sofrem com a erosão causada principalmente pela variação das marés.

A Figura 1, demonstra uma série temporal na praia do Amor, a partir dessa linha do tempo foi possível analisar essas mudanças ao longo dos meses do projeto.

Uma mudança interessante que se pode analisar foi em relação a erosão da linha de praia, do dia 09/12 ao dia 16/12 devido às ações das ondas em maré alta



FIGURA 1: Linha do tempo da Praia do Amor, imagens capturadas de setembro a dezembro de 2022. Autodescrição: sequência de fotografias de uma praia (chamada Praia do Amor)

houve a formação de uma escarpa praial, como um "degrau", esse tipo de feição ocorre com frequência nessa praia, o interessante seria uma quantidade maior de fotos ao longo do tempo para acompanhar os avanços da formação dessas escarpas.

Uma cavidade formada na falésia no final dessa porção da praia chama atenção, essa erosão é causada pela alta maré que atinge a falésia erodindo e formando um buraco nessa feição. Relatos de moradores locais nos informaram que essa ponta da falésia era maior em sentido para o mar e que outra cavidade já havia sido formada anos atrás e com o tempo foi totalmente erodida e agora esta seria uma nova cavidade que está aumentando gradativamente. Esse é um ponto muito relevante que pode ser observado ao longo do tempo pelo app CoastSnap, no período de desenvolvimento deste projeto (6 meses) não foi possível observar uma mudança perceptível nesta cavidade, mas se observarmos uma fotografia registrada e publicada pelo restaurante Cantinho do Amor nas redes sociais em 2019 na Figura 2, podemos observar que houve mudanças na abertura dessa cavidade em relação a dezembro de 2022 (Figura 3), num período de aproximadamente 4 anos.



FIGURA 2: Praia do amor em 2019, com destaque para cavidade na ponta da falésia. Fonte: Cantinho do Amor (Facebook). Disponível em: https://www.facebook.com/photo/?fbid=1647812958698925&set=pb.100039534506013.-2207520000. Acesso em : 25/01/2023. Autodescrição: foto faixa de areia de praia com sinalização de erosão costeira.

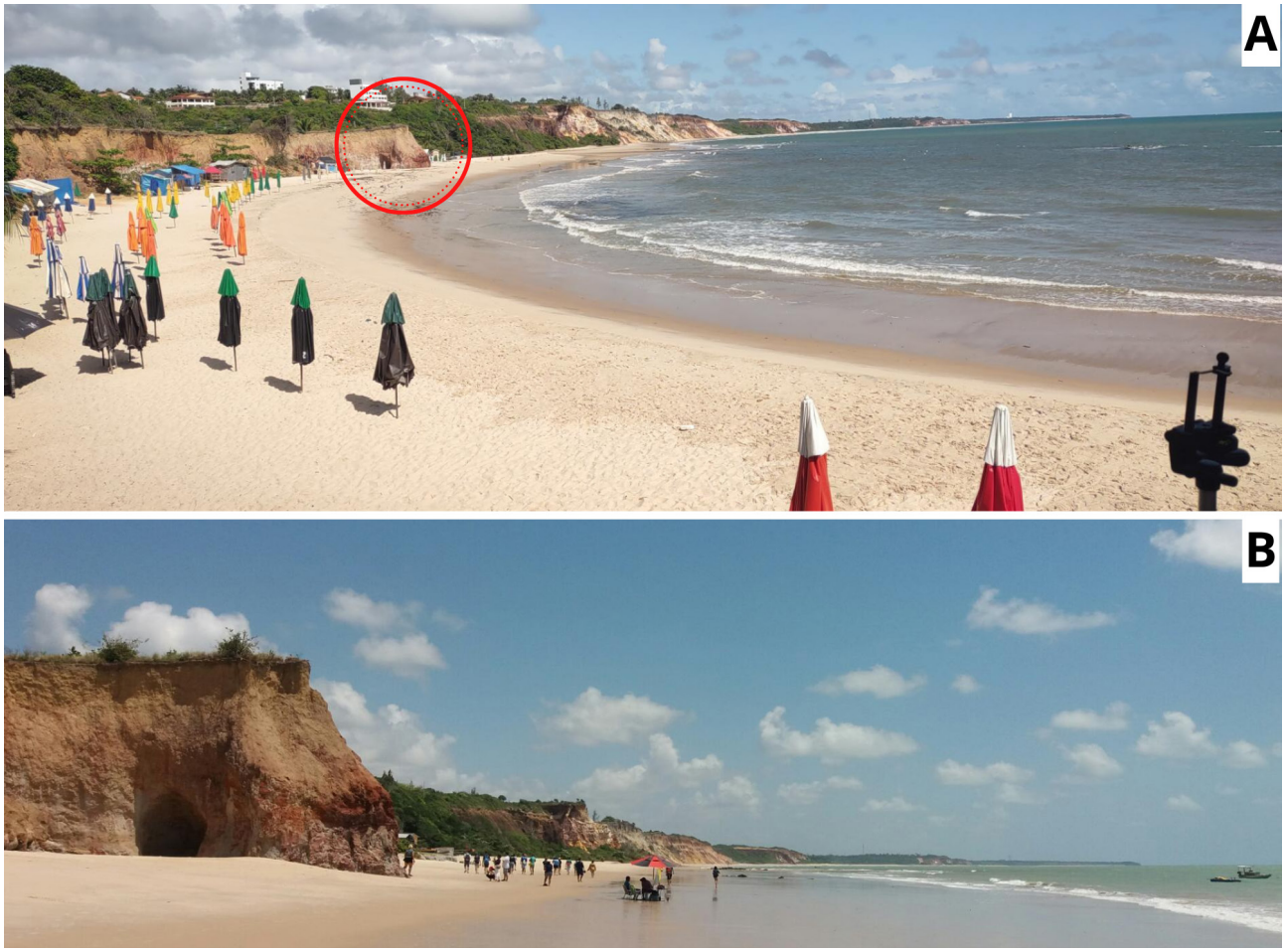


FIGURA 3: Praia do amor em 2022, destaque para abertura da cavidade na ponta da falésia. A) Foto tirada pelo app CoastSnap durante uma ação de monitoramento. B) Foto próxima da cavidade, observa-se proximidade com a linha da costa. Autodescrição: foto faixa de areia de praia com sinalização de erosão costeira.

PRAIA DE JACUMÃ

A praia de Jacumã é uma praia central do Conde, possui um maior número de visitações em relação às outras praias do Conde, possui calçadão, ciclovia, quiosques e uma praça com quadra e pista de skate inauguradas em 2018.

O ponto de observação localiza-se na praça do mar com vista para a praia de Carapibus ao fundo (Figura 4). Essa praia possui uma contenção de concreto que barra a maré e impede o mar de chegar na área da praça (Figura 5). No fundo da imagem à esquerda há a presença de um afloramento de rocha calcária (*beachrocks*) da Formação Maria Farinha, este afloramento é totalmente encoberto na maré alta como observado na figura 4, no dia 16/12/2022, segundo as cientistas cidadãs, essa área ocorre deslizamento das falésias, isso se deve ao fato de serem dunas ativas e devido a ocupação humana muito próxima de sua margem (Fig.4).

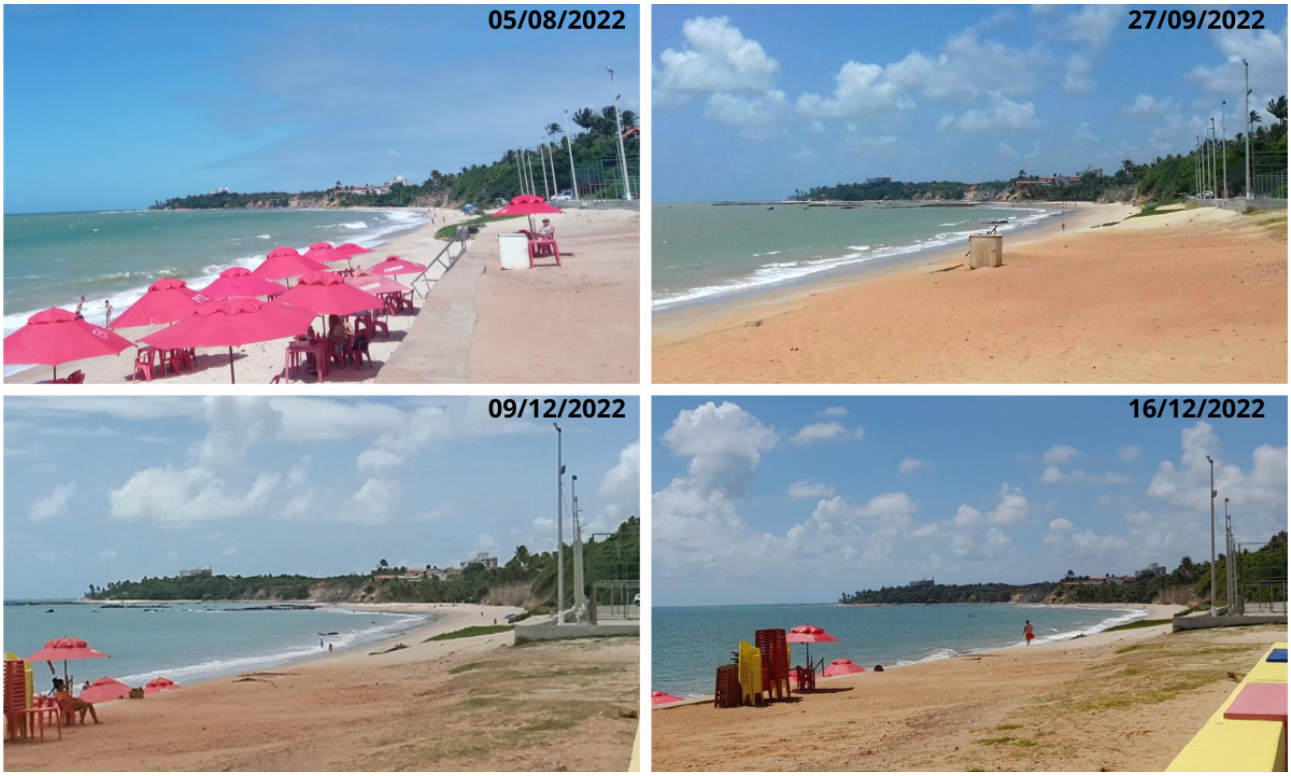


FIGURA 4: Fotos da praia de Jacumã tiradas na praça do mar. Ao fundo fica a praia de Carapibus. Autodescrição: foto faixa de areia de praia e variação da linha de maré.



FIGURA 5: Imagens aéreas (drone) da praia de Jacumã e Carapibus. A) Praia de Jacumã, praça do mar à esquerda 1- contenção de concreto; B) Praia de Carapibus 1- Ocupação humana nas margens da falésia, 2 e 3 - afloramento calcário (*beachrocks*). Autodescrição: fotos aéreas de praias sinalizando erosão costeira

PRAIA DE TABATINGA II

A praia de Tabatinga II possui dois pontos de observação, na entrada central da praia ao lado esquerdo da escada de madeira sentido norte e do lado direito da escada sentido sul.

A escolha desse ponto é devido a fragilidade e susceptibilidade de feições geológicas que ocorrem na praia e às alterações da faixa de areia que ocorrem no local em tão pouco tempo. Além disso, o local possui um alto valor científico devido a sua formação geológica. Segundo Furrier (2007) na praia de Tabatinga é possível observar terraços marinhos pleistocênicos e paleodunas. Esses terraços foram formados quando o nível relativo do mar esteve acima do atual, em 8 ± 2 metros, denominado de Transgressão Cananéia, que ocorreu por volta de 120.000 A.P. - Antes do Presente (Suguio e Martin, 1978). Este terraço pode ser classificado como frágil por ser de origem sedimentar e vulnerável por estar em um local onde sofre constante erosão tanto por causas naturais quanto causas antrópicas. A escada que aparece nas imagens da Figura 6, foi construída no próprio terraço e uma cavidade se formou na parte inferior por conta da alta maré.



FIGURA 6: Detalhes da praia de Tabatinga II. A) Erosão por ação antrópica, com a construção de uma escada na própria rocha e por causa natural, formando uma cavidade na parte inferior do terraço; B) Foto aérea do terraço de frente 1- detalhe para erosão que se forma cavidades na parte inferior do terraço e a livre circulação de pessoas na superfície; C) Foto aérea da praia 1- falésias ativas, 2- afloramento de rocha calcária, 3- ponto de observação, 4- ocupação humana sobre o terraço, muito próxima da escarpa. Autodescrição: fotos aéreas de praias sinalizando erosão costeira.

Do lado esquerdo da praia, sentido norte (Figura 7), observa-se o canal de maré que interliga o rio com o mar e que, em determinados períodos, ele se fecha formando um maceió, um tipo de formação típico da região, que ocorre normalmente em rios de pequeno porte com nascentes em platôs costeiros sedimentares e possui caudal suficiente na maré baixa para alcançar a barra da foz com o mar, gerando uma zona intermediária lacustre temporária. O monitoramento dessas mudanças é interessante para saber o tipo de interação que ocorre nesse ambiente e entender quais as dinâmicas que fazem com que esse canal mude as direções de sua vazão. Pode-se observar que na foto do dia 21/10, 18/11 e 25/11 o canal está com sua vazão lateral, rente ao terraço marinho, já no dia 16/12 a vazão do canal muda a direção e formam-se escarpas o que indica um forte fluxo de água que erodiu essa área.

A face sul da praia (Figura 8), é possível observar parte do terraço marinho, no centro das imagens

há um afloramento de rocha calcária (*beachrock*) da Formação Maria Farinha (Furrier, 2007) e ao fundo falésias da outra porção da praia. Apesar de não haver mudanças perceptíveis, além da variação da maré, essa área possui diversos elementos da paisagem importantes a serem monitorados.



FIGURA 7: Linha do tempo da praia de Tabatinga II face norte. Observam-se as mudanças de direção do canal de maré. Autodescrição: fotos de variação da linha da maré em praia.



FIGURA 8: Linha do tempo da praia de Tabatinga II, face sul. Observa-se parte do terraço marinho na parte inferior das imagens e no centro da imagem observam-se rochas calcárias da Formação Maria Farinha. Ao fundo das imagens parte das falésias ativas da outra porção da praia. Autodescrição: fotos de variação da linha da maré em praia

PRAIA DA ARAPUCA

O local de registro da praia da Arapuca é no mirante de Tambaba, esse ponto foi selecionado por já ser um local de grande visitação tanto turística, quanto dos moradores que frequentam a praia de Tambaba, também possui um quiosque que pode vir a ser uma parceria para a futura estação fixa.

A praia da Arapuca pertence a APA Tambaba, apesar de possuir baixa taxa de ocupação humana, a praia recebe muitos visitantes para a prática de surfe sendo conhecida também como praia dos surfistas. Segundo as cientistas cidadãs, na maré alta o mar alcança a base das falésias impedindo a passagem.

Nas imagens da Figura 9, a praia não aparenta mudanças perceptíveis nos meses de monitoramento. Através das imagens aéreas feitas por drone pode-se observar uma voçoroca presente nessa praia que não dá para identificar pelas fotos capturadas pelo aplicativo.



FIGURA 9: Praia da Arapuca, não aparenta mudanças perceptíveis. Autodescrição: fotos paisagem de praia

REFERÊNCIAS

Furrier, M. (2007). *Caracterização geomorfológica e do meio físico da folha João Pessoa - 1: 100.000. 2007*. [Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo]. https://doi.org/10.11606/T.8.2007.tde-04062007-151800

Suguio, K. & Martin, L. (1978). *Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense | Quaternary marine formations of the state of São Paulo and southern Rio de Janeiro*. The Brazilian National Working Group for the IGCP Project 61. https://repositorio.usp.br/directbitstream/448a6dc7-c1f8-4940-9392-74a7a59bde49/3076219.pdf.

MATERIAL SUPLEMENTAR 2: Dados brutos coletados, analisados #CoastSnapCondePB

Dados de dados pode ser acessada pelo link aqui

ID	LINK	LATITUDE	LONGITUDE	CHECKBOX_LOCATION	CATEGORY	IMAGE	NAME_OF_LOCATION	SPOTTED_AT	CHANGES_LAST_UPDATE	REASON_FOR_CHANGE	OTHER_CAUSE	ADVANCED_OPTIONS	IMAGE_CAPTURE_TYPE	TIDE_LEVEL	DIY_METHOD	PHOTO_HEIGHT	SPOT_NAME	DESCRIPTION	CREATED_AT	MODIFIED_AT	DELETED
658635	658635	-7275298	-34803580	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/u1z8496zemf-qw6rji19o6gr3rw4rrcz.jpg	Praia do amor	8/5/22 9:25				FALSO				160			8/5/22 12:26		
658642	658642	-7274853	-34803323	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/rc6m82dqu-jlxxv6yq4f04r1rz3gkrsfx.jpg	Rest. Cantinho do amor test 1	8/5/22 9:50				FALSO				160			8/5/22 12:51		
658646	658646	-7274853	-34803323	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/1qsc1af8tfg-cyinwxpyw1d06uyfbhev9.jpg	Rest. canto do amor.test 2	8/5/22 9:53				FALSO				160			8/5/22 12:54		
658647	658647	-7274853	-34803323	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/er4mgidx-gpfdmn6xrbimfdwcidhur0mg.jpg	Rest. Canto do amor test3	8/5/22 9:55				FALSO				160			8/5/22 12:55		
658645	658635	-7.275298	-34.80358	true	“Free Roaming”	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/u6bd6j4lq-8dr2udtvmh2qu6bwkcxh7a6.jpg	“Praia do amor”	2022-08-05 09:55	“No Obvious Change”			true	“Snapshot (Standard)”	“Falling Tide”		160			“2022-08-05 12:53”		
659696	658635	-7.275298	-34.80358	true	“Free Roaming”	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/07/e2u94ck-ch2myh48za8434te22dlvjxax.jpg	“Praia do amor”	2022-08-05 09:56	“No Obvious Change”			false				160			“2022-08-07 10:28”		
658649	658635	-7.275298	-34.80358	true	“Free Roaming”	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/q40dv7u-px26xh4xhu0aepj5zsjkmk0wx.jpg	“Praia do amor”	2022-08-05 09:59	“No Obvious Change”			true	“Snapshot (Standard)”	“Low Tide”		160			“2022-08-05 12:57”		
658662	658662	-7274807	-34803235	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/pzgeoz6103hut-jeqijpqe7fd8yvk4sv0.jpg	Carapibus test 1	8/5/22 10:35				FALSO				160			8/5/22 13:36		
658664	658664	-7274807	-34803235	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/61pa8cofuz-gltqxzwiyguyawh0qfm5fc.jpg	Carapibus test 2	8/5/22 10:36				FALSO				160			8/5/22 13:37		
719640	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/719640	-7.363.969	-34.799.612	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/18/9k043xolm8qw1oyvkq5skl4a-2zvrr8d3.jpg	Mirante de Tambaba com vista para a praia da Arapuca	2022-08-05 12:04				FALSO				160			2022-11-18 18:44		no
658808	658808	-7293718	-34808424	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/3kr6456x-42n4owl57150ir9nthq50tft.jpg	Tabatinga 2 izquierda	8/5/22 14:30				FALSO				160			8/5/22 17:32		
658810	658810	-7293718	-34808424	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/7ujyfuvc-02f2r79lig8t6jq9o6192yf2.jpg	Tabatinga 2.direita	8/5/22 14:32				FALSO				160			8/5/22 17:33		

ID	LINK	LATITUDE	LONGITUDE	CHECKBOX_LOCATION	CATEGORY	IMAGE	NAME_OF_LOCATION	SPOTTED_AT	CHANGES_LAST_UPDATE	REASON_FOR_CHANGE	OTHER_CAUSE	ADVANCED_OPTIONS	IMAGE_CAPTURE_TYPE	TIDE_LEVEL	DIY_METHOD	PHOTO_HEIGHT	SPOT_NAME	DESCRIPTION	CREATED_AT	MODIFIED_AT	DELETED
658806	658806	-7.313048	-34.802617	true	"Coastsnap Station"	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/qm3dgp9q658ofg3fkinkwv30bzwewnwt.jpg	"Tabatinga II"	2022-08-05 14:33				true	"Snapshot (Standard)"	"Low Tide"					"2022-08-05 17:31"		
658813	658813	-7293718	-34808424	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/oqrd7d4kbf261reey3w4vq0x7f22xij2.jpg	Tabatinga 2	8/5/22 14:36				FALSO				160			8/5/22 17:36		
658815	658815	-7293718	-34808424	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/98enuwbio4yqrqjmb82jyj9t0ebx335c.jpg	Tabatinga 2. Terrazo	8/5/22 14:37				FALSO				160			8/5/22 17:37		
658818	658818	-7293718	-34808424	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/vxnxrbaydcav1nem11xw27j73rqexv7u.jpg	Tabatinga 2	8/5/22 14:42				FALSO				160			8/5/22 17:42		
719645	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/719645	-7.312.641	-34.802.527	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/18/1v5gpoaz4qqjcs4o2ytlvulse82txo5t.jpg	Praia Tabatinga II - Norte	2022-08-05 14:43				FALSO				160			2022-11-18 19:02	2022-11-18 19:05	yes
719642	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/719642	-7.312.641	-34.802.527	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/18/3rk50sxy39blefogz0416deo614drolb.jpg	Praia Tabatinga II - Sul	2022-08-05 14:43				FALSO				160			2022-11-18 19:00		no
658820	658820	-7312455	-34803060	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/j5x66mhbog5xip0o7hrzl9vxpm9l0wg9.jpg	Tabatinga 2. Terrazo	8/5/22 14:48				FALSO				160			8/5/22 17:48		
658821	658821	-7312455	-34803060	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/08/05/zswaga7tjrcnhmj7aqzm9z9vai2tgj1g.jpg	Tabatinga 2. Terrazo	8/5/22 14:48				FALSO				160			8/5/22 17:49		
689222	689222	-7.276.261	-34.800.469	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/09/27/o2so6teddhwesl7e3nhux3bx7ztxpyq0.jpg	Cantinho do amor	2022-09-27 07:10				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Low Tide		0		Visão ampla da Costa. Presença de banhistas e guarda-sol	2022-09-27 13:13		
689260	689260	-7.285.817	-34.800.544	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/09/27/a03hbj8fkc2zelx9qe5apwfiorkqpl3m.jpg	Ponta de Carapibus	2022-09-27 07:29				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Low Tide		0		Praia de Carapibus com residências ponto do corpo de bombeiros - praia com alguns resíduos	2022-09-27 13:33		

VOLTAR AO SUMÁRIO

ID	LINK	LATITUDE	LONGITUDE	CHECKBOX_LOCATION	CATEGORY	IMAGE	NAME_OF_LOCATION	SPOTTED_AT	CHANGES_LAST_UPDATE	REASON_FOR_CHANGE	OTHER_CAUSE	ADVANCED_OPTIONS	IMAGE_CAPTURE_TYPE	TIDE_LEVEL	DIY_METHOD	PHOTO_HEIGHT	SPOT_NAME	DESCRIPTION	CREATED_AT	MODIFIED_AT	DELETED
689299	689299	-7.312.694	-34.802.581	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/09/27/vym30nkm97dclzfqehjtdyc9qb1mh7gu.jpg	Tabatinga II - Sul	2022-09-27 08:12				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide		12		Presença de Turistas a maré está subindo	2022-09-27 14:15		
689310	689310	-7.312.625	-34.802.567	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/09/27/he076ico-memha9hdvd4bno5kx4ez6te9.jpg	Tabatinga II - Norte	2022-09-27 08:12				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide		12		Encontro do mar com o Rio.	2022-09-27 14:17		
689344	689344	-7.364.003	-34.799.522	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/09/27/wyutqmk-foacrmfldhegovsf08jwpkali.jpg	Mirante de Tambaba	2022-09-27 08:43				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide		40		Vista para a praia de arapuca-praia linda	2022-09-27 14:44	2022-09-27 14:45	
704724	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/704724	-7.280.286	-34.800.891	VERDADEIRO	Coastsnap Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/21/8f6xwu7ns-pv6hjmcr3n623b06wg9eim6.jpg		2022-10-21 09:30				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Low Tide					2022-10-21 12:35		no
704727	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/704727	-7.276.242	-34.800.509	VERDADEIRO	Coastsnap Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/21/4oqmh1eix-f11kl0jmqanbe9dvkemlf5b.jpg	Cantinho do amor	2022-10-21 10:00				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Low Tide					2022-10-21 13:03		no
704736	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/21/w1lrkq33a8oy-gflphefx6a4kfsfn7gqz.jpg	Tabatiga 2	2022-10-21 10:25				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide					2022-10-21 13:27	2022-10-21 13:29	no
704736	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/21/w1lrkq33a8oy-gflphefx6a4kfsfn7gqz.jpg	Tabatiga 2	2022-10-21 10:25				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide					2022-10-21 13:27	2022-10-21 13:29	
704739	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/704739	-7.312.656	-34.802.545	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/21/x6odr981lh-g63ocgnzuvlh7efvn1a6sc.jpg	Tabatiga 2	2022-10-21 10:29	No Obvious Change			VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Low Tide					2022-10-21 13:31		no
704739	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/21/x6odr981lh-g63ocgnzuvlh7efvn1a6sc.jpg	Tabatiga 2	2022-10-21 10:29	No Obvious Change			VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Low Tide					2022-10-21 13:31		
704743	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/704743	-7.359.341	-34.805.318	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/21/06o7g75f6o3u-00bfrprczmzj0l8d6xy1.jpg	Tambaba	2022-10-21 10:51				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod				2022-10-21 13:53	2022-10-21 13:54	no
704743	704743	-7.359.341	-34.805.318	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/21/06o7g75f6o3u-00bfrprczmzj0l8d6xy1.jpg	Tambaba	2022-10-21 10:51				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod				2022-10-21 13:53	2022-10-21 13:54	
708398	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/28/ogywqw19ns-9q55g9tt11pwrg74kp31ic.jpg	Cantinho do amor	2022-10-28 08:11				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod		Bar cantinho do amor		2022-10-28 11:14	2022-10-28 11:16	no

VOLTAR AO SUMÁRIO

ID	LINK	LATITUDE	LONGITUDE	CHE-CKBOX_LO-CATION	CATE-GORY	IMAGE	NAME_OF_ LOCATION	SPOT-TED_AT	CHANGES_ LAST_UP-DATE	REA-SON_ FOR_ CHANGE	OTHER_ CAUSE	ADVANCED_ OPTIONS	IMA-GE_CAPTU-RE_TYPE	TIDE_LE-VEL	DIY_ ME-THOD	PHO-TO_HEI-GHT	SPOT_ NAME	DESCRIP-TION	CREA-TED_AT	MODI-FIED_ AT	DELE-TED
708398	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spo-ts/000037/2022/10/28/ogywqw19ns-9q55g9tt11pwrg74kp31ic.jpg	Cantinho do amor	2022-10-28 08:11				VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod		Bar cantinho do amor		2022-10-28 11:14	2022-10-28 11:16	
708434	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/708434	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spo-ts/000037/2022/10/28/b6wgdqw3s-120bjep5u30cinm1qugc6nq.jpg	Tabatiga 2	2022-10-28 08:35	No Obvious Change			VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod			Próximo ao restaurante kuara			
708434	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spo-ts/000037/2022/10/28/b6wgdqw3s-120bjep5u30cinm1qugc6nq.jpg	Tabatiga 2	2022-10-28 08:35	No Obvious Change			VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod			Próximo ao restaurante kuara, ao lado da escada.	2022-10-28 11:39		
708435	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/708435	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/28/nlbnl0mxn-vf7ht5vaeqbhaj4q83el4uk.jpg	Tabatiga 2	2022-10-28 08:40	No Obvious Change			VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod			Lado direito da escada	2022-10-28 11:42		no
708435	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/28/nlbnl0mxn-vf7ht5vaeqbhaj4q83el4uk.jpg	Tabatiga 2	2022-10-28 08:40	No Obvious Change			VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod			Lado direito da escada	2022-10-28 11:42		
708444	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/708444	-7.359.341	-34.805.318	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/28/nl7j5ffvrri-6gpgnfr9kji2y4j3xtdvw.jpg	Tambaba	2022-10-28 08:54	No Obvious Change			VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod			Mirante de tambaba	2022-10-28 11:57		no
708444	704743	-7.359.341	-34.805.318	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/10/28/nl7j5ffvrri-6gpgnfr9kji2y4j3xtdvw.jpg	Tambaba	2022-10-28 08:54	No Obvious Change			VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod			Mirante de tambaba	2022-10-28 11:57		
711582	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/711582	-7.258.339	-34.806.893	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/04/5ybvnb-04z0rkrrfphj90zr6babx2fqci.jpg	Cantinho do amor	2022-11-04 08:05				VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Low Tide	Tripod		Cantinho do amor	Não houve alteração perceptível	2022-11-04 11:11		no
711582	711582	-7.258.339	-34.806.893	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/04/5ybvnb-04z0rkrrfphj90zr6babx2fqci.jpg	Cantinho do amor	2022-11-04 08:05				VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Low Tide	Tripod		Cantinho do amor	Não houve alteração perceptível	2022-11-04 11:11		
711596	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/711596	-7.316.057	-34.804.397	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/04/jesndo0d6v-mu6cmxj8u9alkq3to5bd9q.jpg	Tabatinga 2	2022-11-04 08:35				VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)				Próximo ao restaurante kuara		2022-11-04 11:40		no
711598	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/711598	-7.316.057	-34.804.397	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/04/4vm955zliu-v7mgz8h27aadclpcroer5s.jpg	Tabatinga 2	2022-11-04 08:41				VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Low Tide	Tripod		Lado direito da escada	Não houve alteração perceptível	2022-11-04 11:45		no
711602	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/711602	-7.333.521	-34.809.883	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spo-ts/000037/2022/11/04/xjfhupjx89nq-for81v21i92unyk3ijrb.jpg	Tambaba	2022-11-04 09:06				VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Low Tide	Tripod		Mirante tambaba		2022-11-04 12:09		no

VOLTAR AO SUMÁRIO

ID	LINK	LATITUDE	LONGITUDE	CHE-CKBOX_LO-CATION	CATE-GORY	IMAGE	NAME_OF_ LOCATION	SPOT-TED_AT	CHANGES_ LAST_UP-DATE	REA-SON_ FOR_ CHANGE	OTHER_ CAUSE	ADVANCED_ OPTIONS	IMA-GE_CAPTU-RE_TYPE	TIDE_LE-VEL	DIY_ ME-THOD	PHO-TO_HEI-GHT	SPOT_ NAME	DESCRIP-TION	CREA-TED_AT	MODI-FIED_ AT	DELE-TED
716915	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spo-ts/000037/2022/11/11/eyxsejs03wn-j30r0q0wmr5knwl65icsq.jpg	Cantinho do amor	2022-11-11 08:34	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod		Bar cantinho do amor	Faixa estreita de areia	2022-11-11 11:44		
716916	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/716916	-7.258.339	-34.806.893	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/11/8me3vb6g-8v5uj2j54fs2qzwztj8hnwlq.jpg	Cantinho do amor	2022-11-11 08:37	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide											
716916	711582	-7.258.339	-34.806.893	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/11/8me3vb6g-8v5uj2j54fs2qzwztj8hnwlq.jpg	Cantinho do amor	2022-11-11 08:37	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod		Cantinho do amor	Faixa de areia mais estreita	2022-11-11 11:44		
716927	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/716927	-7.276.242	-34.800.442	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/11/7780smw877qslpsoxb414fdd-tb7sba3f.jpg	Cantinho do amor	2022-11-11 08:45	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod		Bar cantinho do amor	Faixa de areia mais			
716927	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/11/7780smw877qslpsoxb414fdd-tb7sba3f.jpg	Cantinho do amor	2022-11-11 08:45	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod		Bar cantinho do amor	Faixa de areia mais estreita	2022-11-11 11:57		
716980	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/716980	-7.316.057	-34.804.397	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/11/qewb23y8r-z70l9hqxynd0xf0kkzdq9ab.jpg	Tabatinga 2	2022-11-11 09:42	Coast Has Grown (Accretion)	Tide											
716983	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spo-ts/000037/2022/11/11/3mf2y9dy2e-8qkgy7jdfc3gfspoylj4q1.jpg	Tabatiga 2	2022-11-11 09:42	Coast Has Grown (Accretion)	Tide, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod			Não	2022-11-11 12:49	2022-11-11 12:50	
716991	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/716991	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/11/36jzkdvlxw-7grttwg07ozdualrz0djk7.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-11-11 09:55	Coast Has Grown (Accretion)	Tide											
716991	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/11/36jzkdvlxw-7grttwg07ozdualrz0djk7.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-11-11 09:55	Coast Has Grown (Accretion)	Tide, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod			Faixa de areia mais extensa fechando a abertura do maceiozi-nho com o mar	2022-11-11 13:00		
716996	https://www.spotteron.com/coastsnap/spo-ts/716996	-7.333.521	-34.809.883	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/11/t6yoeqg84f-81bl9wcinfxu0j3oz0g3wl.jpg	Tambaba	2022-11-11 10:20	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide											
719490	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/18/9cvnk6t7n-68tuowmlbtov7rgzo1f0td9.jpg	Cantinho do amor	2022-11-18 08:14	Coast Has Grown (Accretion)	Tide, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod		Bar cantinho do amor	Mundaça natural de acordo com o nível da maré	2022-11-18 11:23		

VOLTAR AO SUMÁRIO

ID	LINK	LATITUDE	LONGITUDE	CHECKBOX_LOCATION	CATEGORY	IMAGE	NAME_OF_LOCATION	SPOTTED_AT	CHANGES_LAST_UPDATE	REASON_FOR_CHANGE	OTHER_CAUSE	ADVANCED_OPTIONS	IMAGE_CAPTURE_TYPE	TIDE_LEVEL	DIY_METHOD	PHOTO_HEIGHT	SPOT_NAME	DESCRIPTION	CREATED_AT	MODIFIED_AT	DELETED
719496	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/18/zy8dr28pu496f2fmk0kvsa71is60dfrc.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-11-18 08:46	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Waves, Wind, Natural Trend		VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod			Faixa de areia mais estreita, dando mais proximidade do rio com o maior	2022-11-18 11:52		
721994	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/25/ltu9p4rmnuhnppekt4xd7q480pe58pvk.jpg	Cantinho do amor	2022-11-25 08:11	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Waves, Natural Trend		VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod		Bar cantinho do amor	Faixa de areia mais estreita por conta da maré descendo	2022-11-25 11:15		
721998	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/11/25/pdeklmzdfl-m0iaoye5fnmwbiozgnus5v.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-11-25 08:39	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Natural Trend, Waves		VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod			Faixa de areia mais estreita, rio mais largo, presença de sargaça(-vegetação marinha)	2022-11-25 11:43		
726992	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/cl7ir8aw-21qlekzggec6ll960bqbe9xd.jpg	Cantinho do amor	2022-12-09 08:09	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Natural Trend		FALSO			Tripod		Bar cantinho do amor	Banco de areia formado pela maré alta	2022-12-09 11:28		
726992	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/cl7ir8aw-21qlekzggec6ll960bqbe9xd.jpg	Cantinho do amor	2022-12-09 08:09	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Natural Trend		FALSO			Tripod		Bar cantinho do amor	Banco de areia formado pela maré alta	2022-12-09 11:28		
726992	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/726992	-7.276.242	-34.800.442	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/cl7ir8aw-21qlekzggec6ll960bqbe9xd.jpg	Cantinho do amor	2022-12-09 08:09	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide											
726991	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/krgn0erxfpz3jyyrjgoy30btutsiiyoy.jpg	Cantinho do amor	2022-12-09 08:13	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Waves, Natural Trend		VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod		Bar cantinho do amor	Faixa de areia mais estreita em função da mare baixando, desliza-mento de barreira visível devido a erosão	2022-12-09 11:26		

VOLTAR AO SUMÁRIO

ID	LINK	LATITUDE	LONGITUDE	CHE-CKBOX_LO-CATION	CATE-GORY	IMAGE	NAME_OF_ LOCATION	SPOT-TED_AT	CHANGES_ LAST_UP-DATE	REA-SON_ FOR_ CHANGE	OTHER_ CAUSE	ADVANCED_ OPTIONS	IMA-GE_CAPTU-RE_TYPE	TIDE_LE-VEL	DIY_ ME-THOD	PHO-TO_HEI-GHT	SPOT_ NAME	DESCRIP-TION	CREA-TED_AT	MODI-FIED_ AT	DELE-TED
726991	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/krgn0erxfp-z3jyyrjgoy30btutsiiyoy.jpg	Cantinho do amor	2022-12-09 08:13	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Waves, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod		Bar cantinho do amor	Faixa de areia mais estreita em função da mare baixando, desliza-mento de barreira visível devido a erosão	2022-12-09 11:26		
726990	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/jim2m-zl5uw9mrxumcxfc4mxut805p3kq.jpg	Cantinho do amor	2022-12-09 08:14	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod		Bar cantinho do amor	Nenhuma mudança perceptí-vel.	2022-12-09 11:21		
726990	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/jim2m-zl5uw9mrxumcxfc4mxut805p3kq.jpg	Cantinho do amor	2022-12-09 08:14	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod		Bar cantinho do amor	Nenhuma mudança perceptí-vel.	2022-12-09 11:21		
727007	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/n5rv67b-0t6sdter3vzcfr86yplxxpwtt.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-12-09 09:13	Coast Has Grown (Accretion)	Tide, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod				2022-12-09 12:20		
727007	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/n5rv67b-0t6sdter3vzcfr86yplxxpwtt.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-12-09 09:13	Coast Has Grown (Accretion)	Tide, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod				2022-12-09 12:20		
727009	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/r3285y8cyr-6bonkn6sddloyfkkn2fjui.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-12-09 09:14	Coast Has Grown (Accretion)	Tide, Waves, Wind, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod			Faixa de areia mais extensa fechando o encontro do Rio com o mar, presença de algas mar-nhas por tendência natural	2022-12-09 12:21		
727009	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/r3285y8cyr-6bonkn6sddloyfkkn2fjui.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-12-09 09:14	Coast Has Grown (Accretion)	Tide, Waves, Wind, Natural Trend		VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod			Faixa de areia mais extensa fechando o encontro do Rio com o mar, presença de algas mar-nhas por tendência natural	2022-12-09 12:21		

VOLTAR AO SUMÁRIO

ID	LINK	LATITUDE	LONGITUDE	CHE-CKBOX_LO-CATION	CATE-GORY	IMAGE	NAME_OF_ LOCATION	SPOT-TED_AT	CHANGES_ LAST_UP-DATE	REA-SON_ FOR_ CHANGE	OTHER_ CAUSE	ADVANCED_ OPTIONS	IMA-GE_CAPTU-RE_TYPE	TIDE_LE-VEL	DIY_ ME-THOD	PHO-TO_HEI-GHT	SPOT_ NAME	DESCRIP-TION	CREA-TED_AT	MODI-FIED_ AT	DELE-TED
727011	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/ipedn01dg-49mlux7nr0mny145937z23k.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-12-09 09:21	No Obvious Change			FALSO			Tripod			Maré baixa, presença de acúmulo de algas na areia	2022-12-09 12:23		
727011	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/ipedn01dg-49mlux7nr0mny145937z23k.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-12-09 09:21	No Obvious Change			FALSO			Tripod			Maré baixa, presença de acúmulo de algas na areia	2022-12-09 12:23		
727011	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/727011	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/ipedn01dg-49mlux7nr0mny145937z23k.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-12-09 09:21	No Obvious Change			FALSO			Tripod			Maré baixa			
727012	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/d2qv2ulxe-g8lkzbtt8j5t41icuky45tz.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-12-09 09:25	Coast Has Grown (Accretion)	Tide, Natural Trend		FALSO			Tripod			Vazão do maceió fechado	2022-12-09 12:29		
727012	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/d2qv2ulxe-g8lkzbtt8j5t41icuky45tz.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-12-09 09:25	Coast Has Grown (Accretion)	Tide, Natural Trend		FALSO			Tripod			Vazão do maceió fechado	2022-12-09 12:29		
727012	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/727012	-7.312.656	-34.802.545	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/d2qv2ulxe-g8lkzbtt8j5t41icuky45tz.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-12-09 09:25	Coast Has Grown (Accretion)	Tide											
727027	704743	-7.359.341	-34.805.318	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/rrj5p1fbmu-gb2y6ugdhzufn7u2hffysg.jpg	Tambaba	2022-12-09 09:48	No Obvious Change			VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod			Será que deu agora vamos ver como é que vai dar	2022-12-09 12:52		
727030	711602	-7.333.521	-34.809.883	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/hft1jt84peartqv-jrbg0gsg0tn5wmxmb.jpg	Tambaba	2022-12-09 09:48	No Obvious Change			VERDA-DEIRO	Snapshot (Standard)	Falling Tide	Tripod		Mirante tambaba	Nenhuma mudança perceptível	2022-12-09 12:56		
727031	704743	-7.359.341	-34.805.318	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/ekem9icnv-qr580fl8m84kkpic5suoa5k.jpg	Tambaba	2022-12-09 09:52	No Obvious Change			FALSO			Tripod			Maré baixa	2022-12-09 12:59		
727031	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/727031	-7.359.341	-34.805.318	VERDA-DEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/ekem9icnv-qr580fl8m84kkpic5suoa5k.jpg	Tambaba	2022-12-09 09:52	No Obvious Change			FALSO			Tripod			Maré baixa	2022-12-09 12:59		no
727034	https://www.spotteron.com/coastsnap/spots/727034	-7.285.806	-34.800.568	VERDA-DEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/xlg3fd-dkt4lkrohz3fjui5kobxr6lttu.jpg	praia de jacumã	2022-12-09 10:23	No Obvious Change			FALSO				160		Maré baixa			

VOLTAR AO SUMÁRIO

ID	LINK	LATITUDE	LONGITUDE	CHECKBOX_LOCATION	CATEGORY	IMAGE	NAME_OF_LOCATION	SPOTTED_AT	CHANGES_LAST_UPDATE	REASON_FOR_CHANGE	OTHER_CAUSE	ADVANCED_OPTIONS	IMAGE_CAPTURE_TYPE	TIDE_LEVEL	DIY_METHOD	PHOTO_HEIGHT	SPOT_NAME	DESCRIPTION	CREATED_AT	MODIFIED_AT	DELETED
727035	727035	-7.285.806	-34.800.568	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/09/bnctqxe9h-4cgolshzw588fmejshkq1yb.jpg	Praia de jacumã (praça do mar)	2022-12-09 10:28				VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Low Tide	Tripod		Praça do mar	Maré baixa faixa de areia extensa, recifes exposto	2022-12-09 13:34		
729084	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/16/36tn77nt1jr-bhirh6smrteo7ygxagzeo.jpg	Cantinho do amor	2022-12-16 09:17	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Waves, Natural Trend		VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod		Bar cantinho do amor		2022-12-16 12:22		
729085	708398	-7.276.242	-34.800.442	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/16/af9xswt1qo0b-n9ktgrfz8y89lweekkzw.jpg	Cantinho do amor	2022-12-16 09:19	Coast Has Narrowed (Erosion)	Tide, Waves, Natural Trend		VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod		Bar cantinho do amor	Faixa de areia mais estreita presença de algas do tipo sargaça	2022-12-16 12:25		
729091	689253	-7.285.806	-34.800.568	VERDADEIRO	Free Roaming	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/16/0fz1y9yb46o4i-gvgrlirm9z6m0letghi.jpg	praia de jacumã	2022-12-16 09:49	No Obvious Change			VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide		160			2022-12-16 12:52		
729099	704736	-7.312.656	-34.802.545	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/16/ciuqgojw-qn75rt4nvqf3ew2tr2p7xu81.jpg	Tabatiga 2 lado esquerdo da escada	2022-12-16 10:39	Coast Has Grown (Accretion)	Tide, Waves, Wind, Natural Trend		VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	Rising Tide	Tripod			Barreira do rio se rompeu dando acesso direto ao mar e alegando a faixa de areia	2022-12-16 13:45		
729100	711598	-7.316.057	-34.804.397	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/16/qxdbnqaz4l-d7p4m3dv2wby4s09cl7zqq.jpg	Tabatinga 2	2022-12-16 10:46	No Obvious Change			VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	High Tide	Tripod		Lado direito da escada		2022-12-16 13:48		
729103	711598	-7.316.057	-34.804.397	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/16/89vubdtk-qx3lk1wj3sna1ryxf1gtp69b.jpg	Tabatinga 2	2022-12-16 10:47	Coast Has Grown (Accretion)	Tide, Waves, Natural Trend, Wind		VERDADEIRO	Snapshot (Standard)				Lado direito da escada	Faixa de areia mais extensa, presença de algas(sargaça) e recifes mais visíveis	2022-12-16 13:51	2022-12-16 15:22	
729113	704743	-7.359.341	-34.805.318	VERDADEIRO	Diy Station	https://files.spotteron.com/images/spots/000037/2022/12/16/7ojtni78d-5dbuft1di0hjkaxnbvfm8rm.jpg	Tambaba	2022-12-16 11:17	No Obvious Change			VERDADEIRO	Snapshot (Standard)	High Tide	Tripod				2022-12-16 14:19		

VOLTAR AO SUMÁRIO

ARTIGO CIENTÍFICO

Desafios e potencialidades da ciência cidadã para o estudo da biodiversidade: resultados do Programa de Ciência Cidadã do Instituto Nacional da Mata Atlântica de 2019 a 2023

Natalia Pirani Ghilardi-Lopes[1,2*], Cássio Zocca[2,3], André Felipe Barreto-Lima[2], Eduardo Roberto Alexandrino[4], Juliana Silva França[2,5], Andresa Guimarães[6,2], João Victor Andrade Lacerda[2], Laura Braga[2], Michelle Noronha da Matta Baptista[7,2], Paula Felício Drummond de Castro[8]

[1] Universidade Federal do ABC (UFABC), Centro de Ciências Naturais e Humanas, Campus São Bernardo do Campo, Sala 287 - bloco Delta, Alameda da Universidade, s/n, São Bernardo do Campo, SP, Brasil, 09606-045

[2] Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), Av. José Ruschi, 4, Santa Teresa, ES, Brasil, 29650-000

[3] Projeto Bromélias, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, ES, Brasil, 29075-910

[4] Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz» da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Laboratório de Ecologia, Manejo e Conservação da Fauna Silvestre (LEMaC), Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba, SP, Brasil, 13418-900

[5] Universidade Vila Velha (UVV), Laboratório de Ecologia de Insetos Aquáticos, Rua Comissário José Dantas de Melo, 21, Vila Velha,ES, Brasil, 29102-920

[6] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), BR 465, km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23897-000

Resumo

O engajamento do público na geração de conhecimento científico (Ciência Cidadã - CC) sobre a Mata Atlântica é uma estratégia com grande potencial para alavancar a pesquisa, educação e divulgação científicas do Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA). Iniciado em 2019, o programa de CC do INMA desenvolveu sete projetos que juntos, até maio de 2023, engajaram 2.320 colaboradores e reuniram dados de 600 espécies (invertebrados aquáticos, borboletas, anfíbios, répteis, aves e mamíferos) da Mata Atlântica, algumas delas ameaçadas, distribuídas em 67 municípios do estado do Espírito Santo. Os protocolos destes projetos podem ser replicados para outras localidades, tornando o INMA um centro pioneiro e multiplicador. Os desafios impostos pela pandemia da Covid-19, em relação ao engajamento do público, oportunizaram a ampliação do escopo da CC no INMA para os dados existentes em plataforma *online* de CC (*iNaturalist*), nas redes sociais e no Museu de Biologia Prof. Mello Leitão. O público participante dos projetos foi diverso, sendo necessárias diferentes estratégias de engajamento. Atualmente, os projetos são do tipo contributivos, nos quais os cientistas cidadãos colaboram apenas com a coleta de dados. O incentivo a outros níveis de participação, uma maior abertura dos dados, bem como a avaliação de motivações, aprendizagens e do engajamento inicial e continuado dos participantes dos projetos são aspectos a serem planejados e implementados.

Palavras-chave: Biodiversidade, ciência participativa, conservação ambiental, Programa de Capacitação Institucional, sustentabilidade

[7] Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Campus Universitário, Juiz de Fora, MG, Brasil, 36036-900

[8] Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES), Rua Charles Darwin, s/n, Cidade Universitária, Campinas, SP, Brasil, 13083-863

***Autor para correspondência:**
E-mail: natalia.lopes@ufabc.edu.br

Recebido: 18/08/2023
Aceito: 10/07/2024

Challenges and potentialities of citizen science for the study of biodiversity: results of the Citizen Science Program of the National Institute of the Atlantic Forest from 2019 to 2023

ABSTRACT

Public engagement in generating scientific knowledge (Citizen Science - CS) about the Atlantic Forest represents a strategy with great potential to boost research, education, and scientific dissemination at the National Institute of the Atlantic Forest (INMA). Initiated in 2019, the INMA›s CS program has developed seven projects that, together, have engaged 2,320 contributors and collected data on 600 species (aquatic invertebrates, butterflies, amphibians, reptiles, birds, and mammals) from the Atlantic Forest, including some endangered species, distributed across 67 municipalities in the state of Espírito Santo, Brazil. The protocols of these projects can be replicated in other locations, making INMA a pioneering and multiplier center. Challenges posed by the Covid-19 pandemic in terms of public engagement have led to expanding the scope of CS at INMA to include data from online CS platforms (*iNaturalist*), social media, and the Prof. Mello Leitão Museum of Biology. The collaborators in these projects were diverse, requiring different engagement strategies. Currently, the projects are of a contributive nature, where citizen scientists collaborate solely in data collection. Encouraging other levels of participation, greater data openness, as well as assessing motivations, learning outcomes, and the initial and continued engagement of project participants are aspects to be planned and implemented.

Keywords: Biodiversity, environmental conservation, Institutional Training Program, participatory science, sustainability

INTRODUÇÃO

O termo Ciência Cidadã (CC) pode ser entendido como uma ampla gama de possibilidades de parcerias entre cientistas e pessoas interessadas em ciência (Bonney *et al.* 2009; Haklay *et al.* 2021; Albagli e Rocha 2024), com o potencial de gerar novos e genuínos conhecimentos científicos, bem como promover a educação científica e tecnológica dos participantes envolvidos e subsidiar a formulação de políticas públicas e a tomada de decisão sobre questões sociais e ambientais relevantes (Robinson *et al.* 2018). Processos de CC podem permitir diferentes níveis de engajamento dos cientistas cidadãos, no que chamamos "tipos de CC" (Shirk *et al.* 2012). Assim, existem projetos nos quais o público colabora apenas com a coleta de dados (projetos contributivos); outros nos quais o público colabora também com a análise de amostras, análise e interpretação de dados (projetos colaborativos); e aqueles projetos nos quais o público participa de todas as etapas do processo científico, desde a elaboração da pergunta de pesquisa, até a disseminação dos resultados e elaboração de novos questionamentos (projetos cocriados).

A ação de cientistas cidadãos em ambientes naturais pode ser vantajosa sob diferentes aspectos (Darwall e Dulvy 1996; Evans *et al.* 2005), gerando aprendizagem sobre ecologia e questões ambientais (Salm *et al.* 2000; Brossard *et al.* 2005), dados sobre a biodiversidade (Lee *et al.* 2021; Nery *et al.* 2021; Sanderson *et al.* 2021) e, ainda, o interesse e sentimento pela conservação (Pocock *et al.* 2023).

Na Mata Atlântica, uma área rica em biodiversidade e reconhecidamente ameaçada (Colombo e Joly

2010; Lima *et al.* 2020), a CC pode contribuir com a geração de conhecimentos e ampliação de bancos de dados, ambos fundamentais para o estabelecimento de estratégias de conservação e restauração (Tabarelli *et al.* 2005; Rezende *et al.* 2018), especialmente pelo Brasil ter sofrido restrições orçamentárias para realização de pesquisas científicas (Angelo 2019).

Da mesma forma, a CC pode auxiliar na aproximação da sociedade à pesquisa científica e ao conhecimento gerado pela ciência, minimizando o cenário de descrédito e desmerecimento que a ciência e os cientistas vêm enfrentando nas últimas décadas (Wynne 2006; Provenzi e Barello 2020). Neste cenário, a CC vem se estabelecendo como uma nova área de conhecimento e pesquisa no Brasil, com um crescente número de iniciativas sendo colocadas em prática. Ademais, há um movimento de organização deste campo do saber, inclusive com a criação da Rede Brasileira de Ciência Cidadã - RBCC (www.rbcc.ong.br), em 2021.

Tendo em vista o notório potencial da CC para a geração de conhecimento biológico e ecológico sobre a Mata Atlântica (Viana *et al.* 2024), bem como para a alfabetização científica e ambiental do público, foi iniciado em 2019 o Programa de Ciência Cidadã no Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), envolvendo diferentes públicos, como um subprojeto do Programa de Capacitação Institucional (PCI). Este subprojeto é intitulado "A Ciência Cidadã na geração de conhecimento, divulgação e educação científica" e visa: 1) Implantar um programa de CC na região Central Serrana do Espírito Santo (ES), constituído de projetos que terão diferentes grupos taxonômicos como foco; 2) Recrutar e capacitar os cientistas cidadãos para aplicação de protocolos científicos, tendo como base o planejamento estabelecido para cada projeto; 3) Organizar uma base de dados sobre biodiversidade com participação pública; e 4) Avaliar a ocorrência de aprendizagens nos colaboradores dos projetos, após sua participação nos mesmos.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivos: 1) Apresentar os projetos que, até maio de 2023, foram executados como parte do Programa de Ciência Cidadã do INMA, evidenciando as perguntas de pesquisa, as estratégias de recrutamento e engajamento dos participantes, as formas de submissão dos registros pelos cientistas cidadãos, a quantidade de colaboradores e de registros obtidos; 2) Apresentar uma síntese dos resultados do programa de 2019 a 2023, tanto em relação aos cientistas cidadãos participantes (quantidade e perfil), quanto em relação aos registros submetidos (quantidade, vias de submissão, tipos de registros, acessibilidade e qualidade dos dados) e às espécies registradas por eles (quantidade total, quantidade de endêmicas da Mata Atlântica e do Espírito Santo, *status* de conservação das espécies registradas) e 3) Discutir desafios, oportunidades e novas perspectivas para o programa.

Os projetos constituintes do Programa de Ciência Cidadã do INMA

Desde a criação do programa, em 2019, sete projetos de CC foram atuantes no INMA, contribuindo para o engajamento de diferentes públicos nas pesquisas científicas que são desenvolvidas na instituição sobre biodiversidade da Mata Atlântica e conservação ambiental. Nesta seção, serão descritos os sete projetos, levando em consideração: 1) as perguntas de pesquisa que se propõem a investigar; 2) as estratégias utilizadas de recrutamento de cientistas cidadãos; 3) os métodos de coleta e de submissão de dados; 4) o número de colaboradores e de registros (fotografias, áudios, vídeos ou relatos orais) alcançados (até maio de 2023)

Eu conheço os répteis daqui (Figura 1)



FIGURA 1: Logotipo do projeto "Eu conheço os répteis daqui".

O projeto de ciência cidadã "Eu conheço os répteis daqui!", iniciado em janeiro de 2020, é pioneiro com répteis no ES e visa estimular a participação do público para a geração e difusão de conhecimento sobre a diversidade e distribuição dos répteis da Mata

Atlântica do referido estado. As perguntas de pesquisa do projeto são: 1) Quais são e onde estão distribuídas as espécies de répteis do ES? (monitoramento e preenchimento de lacunas de informação); 2) Quais as espécies e os grupos de répteis mais representativos? (diagnóstico de abundância); 3) Quais delas são endêmicas ou encontram-se em algum grau de ameaça? (estado de conservação); 4) Quais os sentimentos, percepções, conhecimentos e interesses dos moradores/colaboradores em relação a estes animais? (avaliação de aprendizagem dos colaboradores – não iniciada).

O recrutamento de novos colaboradores é realizado pessoalmente, por meio de conversas com os visitantes do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (MBML) ou remotamente, através da plataforma *iNaturalist* (https://www.inaturalist.org/projects/eu-conheco-os-repteis-daqui). Ademais, a divulgação de informações do projeto é realizada por meio da rede social *Instagram* (@norastrodosrepteis).

As recomendações aos colaboradores são: ao avistar um réptil (p.ex.: anfisbênia, serpente, jacaré, lagarto, jabuti, cágado ou tartaruga), obter uma imagem (fotografia) do animal, anotar a data, o local (GPS) e, se possível, registrar o comportamento, a maturidade (jovem ou adulto) e se o animal estava vivo ou morto (para tais observações, o projeto oferece explicações prévias aos colaboradores). Finalmente, os colaboradores realizam o *upload* dos registros no *iNaturalist* ou enviam ao coordenador do projeto via aplicativo de comunicação (*WhatsApp*). Ainda, o projeto considerou as doações de espécimes de répteis depositadas no MBML, realizadas por colaboradores não especialistas (de 1969 a 2023).

No *iNaturalist* foram estabelecidos diálogos (mensagens de texto) entre o coordenador do projeto e os colaboradores, sobre as identificações das espécies e informações detalhadas dos registros submetidos. Além dos usuários "observadores", o projeto conta com os "identificadores" (voluntários cadastrados no *iNaturalist*), os quais geralmente são especialistas em grupos de répteis e colaboram com o processo de identificação das espécies nos registros disponíveis, funcionando como uma rede de apoio na validação dos dados, para que estes possam atingir o "Nível pesquisa" (*ResearchGrade level - iNaturalist*), ou seja, possam ser utilizados para investigações científicas genuínas. Alguns identificadores (especialistas) foram formalmente convidados pelo coordenador do projeto para ajudar nas identificações das espécies. Alguns registros permanecem no nível "Necessita de identificação" ou "Casual", quando não há consenso na identificação da espécie ou quando o registro não apresenta informações importantes (como data ou coordenada geográfica). Todos os dados são de acesso aberto, por estarem no *iNaturalist* ou na coleção do MBML (disponível em http://www.splink.org.br).

Em suma, até maio de 2023, o projeto totalizou 1.021 colaboradores (674 cadastrados no *iNaturalist*; 315 visitantes do MBML; 22 que submeteram registros via *WhatsApp* do coordenador e 10 pesquisadores formalmente convidados a colaborar com o projeto), os quais documentaram 2.002 registros de répteis de 58 municípios do ES.

A água desse rio é boa? Quem vive nele te conta! (Figura 2)



FIGURA 2: Logotipo do projeto "A água desse rio é boa? Quem vive nele te conta!".

O projeto "A água desse rio é boa? Quem vive nele te conta!" tem como objetivo a avaliação ecológica de águas com participação da comunidade escolar, com base em um protocolo de ciência cidadã adaptado para a educação básica, o qual visa responder a seguinte pergunta de pesquisa: como o uso da terra exerce influência temporal e espacial na qualidade ecológica dos ecossistemas aquáticos urbanos e rurais na bacia do rio Santa Maria do Doce, região Central Serrana do ES?

O projeto teve início em 2020 e, para a implantação junto à comunidade escolar, foram estabelecidas parcerias com as secretarias de educação do estado e do município, as quais indicaram instituições e áreas prioritárias para avaliação da qualidade das águas da região. Em um primeiro momento, o projeto realizou

atividades em parceria com o município de Santa Teresa/ES, com foco nas escolas do ensino Fundamental II (do 6º ao 9º ano). Professores foram capacitados para aplicação do protocolo do projeto, por meio de um Curso de Formação Continuada no município de Santa Teresa oferecido, em 2020 na modalidade a distância, pela coordenação de ciências do Polo UAB (Universidade Aberta do Brasil) do município. Nesta capacitação, os professores desenvolveram planos de aula relacionados ao protocolo, em consonância com as competências específicas da Base Nacional Comum Curricular (Brasil/MEC 2018).

A metodologia do monitoramento participativo visa a avaliação dos ecossistemas aquáticos em escala local (diversidade de habitats físicos) e escala regional (usos da terra), envolvendo a classificação de águas com base na legislação ambiental e o uso de bioindicadores bentônicos. O índice local é calculado através de um protocolo de caracterização de hábitats que se baseia em três métricas principais: (i) estabilidade das margens; (ii) hábitats no leito e (iii) impactos humanos, divididos em 10 parâmetros a serem observados em um trecho de 50 metros do ecossistema aquático. Para calcular o índice regional, os cientistas cidadãos seguem um protocolo de análise de imagens de satélite disponíveis no *Google Earth* que permitem a identificação de áreas que sofrem impactos com a urbanização, agricultura e/ou pastagem em uma região de 1 km^2 à montante na bacia de drenagem do trecho em estudo. A qualidade física e química das águas é avaliada com o uso, pelos estudantes, de *kits* colorimétricos, e os valores obtidos são comparados aos limites da legislação brasileira (CONAMA 2005). São avaliados parâmetros importantes para manutenção de comunidades de organismos aquáticos, incluindo oxigênio dissolvido, pH, fósforo e nitrogênio totais e turbidez. Por fim, calcula-se um índice de bioindicadores bentônicos considerando um gradiente de sensibilidade de grupos de organismos, além de sua riqueza nos ecossistemas avaliados (França e Callisto 2019). Nesta última etapa, recomenda-se o auxílio de cientistas profissionais, os quais indicarão a melhor forma de realizar a coleta e triagem dos organismos presentes na água. Grande parte dos organismos está identificada em grande grupo (nível de qualidade "Necessita de identificação").

Todos os dados foram registrados pelos estudantes em formulários impressos. A plataforma de CC *Anecdata* (www.anecdata.org) futuramente será configurada para receber e disponibilizar abertamente os dados coletados pelos cientistas cidadãos, ou seja, os dados ainda são de acesso restrito. Estes dados foram apresentados em um *Workshop* realizado em 2022 no INMA com a presença de todas as escolas de educação básica participantes. Para a validação dos resultados obtidos pelos cientistas cidadãos, dados físicos, químicos e biológicos foram coletados e analisados pelos cientistas profissionais do projeto em áreas de referência da região Central Serrana do ES.

Foram realizados dois cursos de capacitação de professores, dois minicursos para estudantes de graduação e pós-graduação e o monitoramento foi realizado por seis escolas da educação básica, dos municípios de Santa Teresa e Vitória/ES. O projeto contou com 231 cientistas cidadãos, os quais produziram 1.141 registros (74 de parâmetros da qualidade da água e 1.067 de avaliação de qualidade das margens e biota aquática).

Projeto Bromélias (Figura 3)



FIGURA 3: Logotipo do "Projeto Bromélias".

O Projeto Bromélias se iniciou em 2012 e, portanto, é anterior ao Programa de Ciência Cidadã do INMA. Em 2019, ele foi incorporado como parceiro do Programa. O projeto tem como objetivo gerar, difundir conhecimento e investigar a composição e distribuição dos anfíbios habitantes de bromélias na Mata Atlântica, contando com o auxílio dos moradores das comunidades rurais de Santa Teresa/ES. Ao longo dos anos, o projeto vem desenvolvendo diálogos, troca de experiências e distribuição de material educativo, como adesivos, cartilhas e panfletos sobre anfíbios habitantes de bromélias, além da realização de eventos educativos e distribuição de brindes visando promover o engajamento da comunidade no projeto.

Nas localidades, os cientistas cidadãos são orientados a realizar buscas por anfíbios entre as folhas das bromélias, e realizar registros fotográficos (imagens) ou gravações de áudio (som) de qualidade suficiente para auxiliar na identificação das espécies por especialistas em anfíbios. Os registros são submetidos na plataforma *iNaturalist* (https://www.inaturalist.org/projects/projeto-bromelias) ou, alternativamente, podem ser enviados via aplicativo de comunicação *WhatsApp* para o coordenador do projeto, juntamente com as coordenadas geográficas. Os dados disponíveis no *iNaturalist* são de acesso aberto e podem ser baixados pelos usuários. Os dados enviados via aplicativo *WhatsApp* são analisados e organizados pelo coordenador do projeto e, posteriormente, os colaboradores recebem *feedback* dos especialistas com informações sobre a espécie registrada (acesso restrito). Grande parte dos registros já foi identificado em nível de espécie (qualidade "Nível pesquisa"), mas outros ainda permanecem sem identificação (qualidade "Necessita de identificação").

A dificuldade imposta pela pandemia da Covid-19 foi principalmente em relação ao engajamento de voluntários. Foram adotadas diferentes abordagens no intuito de ampliar a visibilidade do projeto, como a intensificação da divulgação de material sobre anfíbios de bromélias em redes sociais (*Instagram* e *Facebook*; @projetobromelias) e nas comunidades locais, incluindo escolas e feiras-livres.

Até maio de 2023, o projeto contou com a participação de 210 cientistas cidadãos, os quais submeteram 347 registros, a maioria via *WhatsApp* (n = 286).

Eu vi uma ave usando pulseiras!? (Figura 4)



FIGURA 4: Logotipo do projeto "Eu vi uma ave usando pulseiras!?".

Este projeto promove, desde sua criação em 2016 (anterior ao programa de Ciência Cidadã do INMA), o engajamento do público para o monitoramento de aves anilhadas em diferentes localidades sob o domínio da Mata Atlântica, tanto antropizadas quanto conservadas. O projeto atua em diferentes localidades brasileiras, mas só na região de Santa Teresa/ES já engajou 63 cientistas cidadãos, os quais reportam encontros com aves anilhadas e, em contrapartida, recebem informações sobre a espécie e o indivíduo anilhado observado (i.e., quando e onde ela foi anilhada, onde ela já foi observada). Nesta localidade, o projeto pretende investigar a história de vida de diferentes espécies que vivem na cidade (por exemplo, comportamentos, hábitos, áreas de ocorrência etc.).

O ornitólogo coordenador do projeto captura, marca e libera diferentes aves neste parque com uma anilha do ICMBio/CEMAVE e até três anilhas coloridas para a distinção visual de cada ave. Os cidadãos são encorajados a reportar os encontros com as aves anilhadas informando a data, hora e local exato do encontro, a espécie (ou uma breve descrição da ave caso não saiba identificá-la), e quais eram as cores e sequência de anilhas (sempre lida no sentido dedos – barriga). O reporte é feito por comunicação oral ou por texto, acompanhado ou não de imagem (fotografia) ou vídeo da ave, utilizando diferentes fontes de coleta de registros do projeto: redes sociais (*Instagram:* @aves.usando.pulseiras; Grupo de *Facebook* "Aves usando pulseiras em Santa Teresa/ES"), o *WhatsApp* do coordenador, ou mesmo comunicação pessoal.

Considerando a especificidade do dado que é requerido aos cidadãos, e a dificuldade de obtê-lo (Alexandrino *et al.* 2019), o projeto tem adotado diferentes abordagens de recrutamento e engajamento, ajustando-se aos diferentes públicos. No início, concentrou esforços na ampla e constante divulgação nas redes sociais, mídias locais (rádio e jornal) e panfletagem direcionada aos residentes de Santa Teresa e visitantes do INMA. A partir de 2020, duas novas estratégias de recrutamento permitiram ampliar o contato entre o projeto e os cidadãos. A primeira é a promoção de excursões guiadas aos locais do projeto (eventos chamados até 2021 de "Overdose de Ornitologia Cidadã"), atendendo um público de até cinco pessoas. Neste evento, os cidadãos procuram as aves anilhadas ao mesmo tempo que aprendem sobre todas as espécies que são registradas durante o evento. As informações sobre as aves anilhadas são registradas no banco de dados do projeto (acesso restrito), e as listas de espécies observadas são submetidas em pla-

taformas *crowdsourcing* de CC (acesso aberto), contribuindo para outros projetos científicos (e.g., *eBird, WikiAves,* ver exemplos em https://ebird.org/checklist/S83648845, https://ebird.org/checklist/S87543017). Uma segunda estratégia é o monitoramento de comedouros instalados dentro do parque do MBML, e em residências próximas, não muito distantes dos locais onde ocorreram os anilhamentos. Neste caso, uma armadilha fotográfica é mantida no comedouro por um tempo determinado, capturando imagens de todas as aves que pousam na estrutura. Durante este período, os cidadãos residentes mantêm a oferta de alimento nos comedouros e analisam uma pequena quantidade de vídeos com auxílio do coordenador do projeto para verificar se aves anilhadas o visitaram. Após a análise de todos os vídeos, os colaboradores recebem a lista de espécies que visitaram o comedouro durante o período monitorado e informações sobre as aves anilhadas. Visitantes do parque também podem participar da triagem de vídeos em eventos pré-agendados pelo coordenador do projeto (acesso restrito aos dados).

Diferentes formas de incentivo à participação no projeto têm sido usadas. Conversas informais com alguns moradores locais, bem como *posts* periódicos nas redes sociais contendo fotos, vídeos e curiosidades sobre as aves anilhadas têm despertado a vontade dos cidadãos em encontrarem tais aves. Outra forma de incentivo foi a oportunidade de o cidadão nomear a ave reportada pela primeira vez, além disso, estes colaboradores ganharam um brinde do projeto como recompensa.

O projeto tem buscado alcançar um formato de comunicação de retorno rápido e efetivo para os colaboradores, sobretudo, destacando a importância da participação dos mesmos na investigação que está sendo realizada. O retorno rápido aos cientistas cidadãos provou ser chave para reter sua participação e incentivar novas (Alexandrino *et al.* 2019). Neste sentido, as redes sociais são bastante eficientes, entretanto, neste canal os registros (que totalizaram 553 até maio de 2023) podem ficar dispersos e desorganizados, o que demanda um enorme esforço da equipe para sistematizá-los e armazená-los. Cabe ressaltar que a equipe do projeto (i.e., coordenador e alunos de graduação voluntários) são os únicos que realizam a curadoria dos registros enviados e retorno de informações sobre cada ave anilhada aos participantes, sendo que praticamente todos os registros encontram-se em "Nível pesquisa" de qualidade. Como alternativa, desde 2022 o projeto vem trabalhando num aplicativo próprio de submissão e consulta dos registros como uma ferramenta que potencialmente elevará o engajamento dos cidadãos. No entanto, o bom funcionamento do mesmo depende de recursos financeiros que nem sempre são fáceis de se obter.

Cantoria de Quintal (Figura 5)



FIGURA 5: Logotipo do projeto "Cantoria de quintal".

Criado em 2020, o projeto tem como objetivo geral promover a elaboração de inventários e o monitoramento de anfíbios anuros no município de Santa Teresa/ES. Para isto, o projeto busca incluir cidadãos no processo de coleta de dados, sobretudo bioacústicos (sons), e, assim, contribuir para o monitoramento de ambientes e espécies-alvo. Com isso, espera-se gerar dados robustos para responder às seguintes perguntas: 1) No município, todas as espécies de anfíbios anuros ameaçadas de extinção são exclusivas de áreas florestadas e/ou protegidas?; 2) Quais espécies são tolerantes à antropização, podendo ocorrer em áreas rurais e/ou urbanas?; 3) Como essas espécies estão espacialmente distribuídas no município?; 4) Quando essas espécies estão em atividade de reprodução?; e 5) Os dados coletados por meio da abordagem de CC são consistentes para estas análises? Com isso, esperamos poder avaliar o potencial do uso da abordagem de CC em futuros estudos de inventários ou monitoramento de anfíbios anuros em outras regiões. Além disso, o projeto pretende dialogar com educadores e estudantes e avaliar as potencialidades e benefícios de sua implementação no âmbito do ensino básico.

Para detalhamento do protocolo de participação no projeto e sensibilização sobre a importância de

estudos relacionados à anurofauna, as seguintes estratégias de divulgação para promoção de engajamento estão sendo adotadas: 1) elaboração e distribuição de panfletos, em formato impresso e digital; 2) redação de matéria em jornal de circulação local; 3) participação em programa de rádio de alcance regional; 4) criação de perfil na rede social *Instagram* (@cantoriadequintal); 5) apresentação de palestras e oferecimento de curso de formação de professores; e 6) visita a escolas de ensino básico. Nessas situações, são abordados conteúdos relacionados ao protocolo para gravação e envio dos arquivos sonoros pelos colaboradores, bem como curiosidades e informações relevantes sobre aspectos biológicos, bioacústicos, diversidade e importância dos anfíbios anuros, sempre de maneira contextualizada ao município de Santa Teresa. Como feedback aos cientistas cidadãos, são realizadas palestras devolutivas, postagens no perfil do projeto no *Instagram* e são enviados os resultados parciais aos colaboradores contendo a identificação das espécies presentes nos registros enviados, curiosidades relacionadas à história natural destes organismos, distribuição geográfica e estado de conservação das espécies por eles registradas.

A colaboração com o projeto ocorre com o incentivo à gravação pelos cientistas cidadãos, quando diante de algum corpo d›água onde anfíbios anuros estejam em atividade de vocalização, de áudios (som) ou vídeos de aproximadamente 30 segundos utilizando aparelho telefônico celular e, em seguida, com o envio dos registros ao projeto via aplicativo de comunicação *WhatsApp*. Os colaboradores também são orientados a enviar as coordenadas geográficas dos registros utilizando a ferramenta "Localização" desse mesmo aplicativo. As espécies registradas são identificadas pelo coordenador do projeto a partir de: 1) comparação com gravações realizadas por cientistas em outros projetos científicos executados em Santa Teresa; 2) comparação com gravações disponíveis em coleções públicas (e.g., Fonoteca Neotropical Jacques Vielliard); 3) consulta a taxonomistas especialistas; e 4) dados de literatura. Devido a este esforço dos especialistas, grande parte dos registros encontra-se em "Nível pesquisa", mas uma pequena parte ainda está com a qualidade em "Necessita de identificação". Em seguida, os cidadãos cientistas são informados sobre a identificação específica do registro enviado, além de receberem informações e curiosidades adicionais, como estado de conservação, raridade, nome comum e eventuais endemismos. Todos os arquivos são renomeados, armazenados e organizados em planilhas contendo seus respectivos metadados. Por ora, essas informações ainda não se encontram abertas ao público (acesso restrito), sendo esse um dos principais desafios para os próximos passos da iniciativa.

O projeto conta com arquivos enviados por 114 colaboradores, os quais já submeteram 427 registros, incluindo de espécies raras, ameaçadas de extinção, pouco conhecidas pela ciência, endêmicas da Mata Atlântica e registros inéditos para o município foco do projeto (Santa Teresa/ES).

Eu vi um macaco no mato (Figura 6)



FIGURA 6: Logotipo do projeto "Eu vi um macaco no mato!".

O projeto foi criado em 2020 devido à necessidade de se implantar um sistema de informação e monitoramento de espécies de primatas não-humanos, principalmente após o surto de febre amarela que atingiu o ES entre 2016 e 2018, e reduziu drasticamente as populações dessas espécies. Para isso, pretende-se responder às seguintes perguntas de pesquisa com os dados do projeto: 1) Como estão as populações de primatas do Espírito Santo após a febre amarela? 2) As espécies de primatas voltaram a habitar as regiões mais afetadas? 3) É possível criar um sistema de alerta com os registros de primatas mortos no início de um surto de febre amarela?

É importante salientar que no ES ocorrem sete espécies de primatas, e cinco destas se encontram ameaçadas de extinção, como o muriqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*), o sagui-da-serra (*Callithrix flaviceps*), e o bugio (*Alouatta guariba*). Esta última, ainda, é uma espécie bastante sensível à infecção por febre amarela e que teve suas populações bastante reduzidas. Outras ameaças às espécies selvagens são a perda e a degradação do hábitat e a introdução

de espécies exóticas, que alteram a paisagem e a composição das comunidades. Assim, esse projeto fornecerá subsídios para uma avaliação sobre a atual distribuição geográfica das espécies de primatas e se as populações estão se recuperando em remanescentes florestais de diferentes classes de tamanho e graus de degradação, retornando a áreas onde não eram vistas há algum tempo. Essas informações são essenciais para a proposição de ações de manejo que evitem a redução e a extinção das populações, principalmente das espécies ameaçadas.

A abordagem de CC permitiu a expansão do projeto para todo o estado, uma vez que inicialmente era restrito à região Central Serrana do ES, devido à localização e potencial de atuação da equipe de pesquisadores especialistas. O protocolo consiste no envio dos registros pelos cientistas cidadãos por meio de relatos (comunicação oral/texto) aos coordenadores de observações ou de sons; ou por meio de imagens (fotografias) e vídeos que são enviados para a equipe do projeto (via aplicativo de comunicação *WhatsApp* ou rede social *Instagram*), sempre contendo informações de localidade e data para posterior sistematização das informações de distribuição geográfica e variação de ocorrência ao longo do tempo. Os registros enviados são tabulados pelas coordenadoras do projeto que fazem a curadoria dos dados (acesso restrito). Cada colaborador recebe como resposta a identificação do primata e a divulgação do registro em rede social (caso seja autorizado). Com isso, foi elaborado um mapa de distribuição dos primatas que foi divulgado ao público via *Instagram* do projeto. Mas, ainda há necessidade de uma maior abertura dos dados das espécies obtidas nos registros.

Com vistas a ampliar o engajamento do público, o projeto é divulgado no *Instagram* (@macaconomato) e entre pesquisadores e conhecidos. Além disso, ações presenciais em ambientes públicos e reportagens nas mídias locais também são estratégias utilizadas para o recrutamento de cientistas cidadãos.

O projeto, até maio de 2023, já contou com 83 registros enviados por 42 colaboradores.

Borboletas Capixabas (Figura 7)

O projeto Borboletas Capixabas tem como objetivo preencher lacunas de conhecimento sobre a distribuição e ocorrência das espécies de borboletas no Estado do Espírito Santo através dos registros feitos pelos cientistas cidadãos. As seguintes perguntas de pesquisa são centrais ao projeto: "quais espécies de borboletas ocorrem no estado do Espírito Santo e em quais localidades?".



FIGURA 7: Logotipo do projeto "Borboletas capixabas".

O projeto foi criado em dezembro de 2022 e, neste primeiro momento, tem o objetivo de conhecer a ocorrência das espécies de borboletas nos municípios e localidades do Espírito Santo. A partir dos registros advindos da ciência participativa espera-se: 1) ampliar a lista de espécies para aquelas localidades, onde já existe uma lista de espécies de borboletas elaboradas a partir da pesquisa científica formal e que já está publicada, em especial para Santa Teresa (Brown e Freitas 2000); 2) Elaborar uma lista de espécies de borboletas para o Estado; 3) Ter novos registros de ocorrência de espécies de borboletas; 4) Ter novos registros de ocorrência de espécies ameaçadas de extinção. Em um segundo momento, pretende-se executar protocolos de monitoramento participativo em localidades e com táxons de interesse.

A coleta de dados é realizada através de registros fotográficos (imagens) e filmagens (vídeos) feitas pelos cientistas cidadãos utilizando *smartphones* ou câmeras fotográficas. O projeto utiliza três canais para a submissão dos registros de imagens pelos cientistas cidadãos: a plataforma de ciência cidadã *iNaturalist*, a rede social *Instagram* (perfil @borboletascapixabas, criado para divulgação científica e para o compartilhamento de registros) e o aplicativo de comunicação *WhatsApp* para os casos em que os cientistas cidadãos não possuam perfil em redes sociais. Além disso, a coordenadora do

projeto realiza busca ativa de registros em grupos de observação de borboletas da rede social *Facebook*. Os registros recebidos são identificados taxonomicamente pela coordenadora do projeto, e conta com apoio de outros especialistas, como o professor Dr. André V. L. Freitas. Os cientistas cidadãos recebem um retorno com a identificação e agradecimento pela colaboração. Para organização dos dados provenientes de diferentes redes sociais, foram estruturados procedimentos para identificação dos registros e agrupamento dos dados em planilhas visando, dessa forma, a discriminação dos registros por fonte, detecção de registros duplicados e eliminação das duplicatas para análises posteriores (acesso restrito).

Periodicamente, os resultados referentes aos registros recebidos via *Instagram* são divulgados no perfil @borboletascapixabas. Para o recrutamento dos cientistas cidadãos, o projeto foi divulgado de forma direta a partir de apresentações informais feitas pela coordenadora do projeto abordando os cidadãos, cartazes instrutivos afixados no parque do MBML e em Santa Teresa, divulgação em meios digitais, através de publicações nas redes sociais *Instagram* e *Facebook*, e apresentações formais em eventos online, como por exemplo, o "Encontro de Observação de Borboletas", congressos e palestras. Em todos os meios de divulgação, os cientistas cidadãos foram instruídos em relação à coleta e submissão de registros, bem como sobre a importância científica e conservacionista do projeto. Em quatro meses de desenvolvimento do projeto Borboletas Capixabas, já houve a colaboração de 369 cientistas cidadãos, os quais submeteram 3.916 registros.

Resultados gerais do Programa de Ciência Cidadã do INMA

Até maio de 2023, 2.320 pessoas colaboraram com dados para os sete projetos do programa, nos papéis de cientistas cidadãos (n = 1578; 68%) ou de especialistas validadores (n = 742; 32%). Os especialistas são pessoas convidadas (n = 31; 1,3%) pelos coordenadores dos projetos ou são voluntários cadastrados na plataforma *online iNaturalist*[1] (n = 711; 30,6%). Os cientistas cidadãos[2] são moradores dos municípios do ES abrangidos pelos projetos (n = 643[3]; 37,6%), estudantes da educação básica (n = 138; 5,9%) ou do ensino superior (n = 135; 5,8%), professores da educação básica (n = 22; 1%), visitantes do INMA (n = 25; 1%), pesquisadores e servidores do INMA (n = 67[4]; 2,8%) e usuários do *iNaturalist* ou das redes sociais dos projetos (n = 992; 42,7%) (Figura 08).

A colaboração dos cientistas cidadãos resultou na submissão de 8.469 registros, sendo 74 (0,9%) referentes a parâmetros de qualidade de água e o restante (n = 8.395; 99,1%) referentes a presença de indivíduos de diferentes espécies ocorrentes na Mata Atlântica, incluindo imagens/vídeos (n = 6362; 75,1%), sons (n = 253; 3,0%) ou relatos orais (n = 1278; 15,0%). Os registros abrangeram 67 (i.e. 85,9%) municípios do ES (Figura 09).

Sobre a disponibilidade dos dados, a maior parte dos registros (71,5%) está disponível ao público em plataformas *online* de acesso aberto (Figura 09). Já em relação à qualidade dos dados, 63,4% dos registros foram validados por especialistas, podendo ser utilizados para pesquisas científicas (Figura 09).

Os registros foram submetidos de diferentes formas: *online*, via 1) plataforma *iNaturalist* (n = 4.699; 55,5%), 2) redes sociais dos projetos (n = 858; 9,0%), e 3) aplicativos de comunicação de celular (n = 874; 10,3%); ou presencialmente, via 4) doação de espécimes ao Museu de Biologia Prof. Mello Leitão - MBML (n = 502; 5,9%), 5) formulários em papel (n = 1.488; 17,6%), ou 6) comunicação direta aos coordenadores dos projetos (n = 48; 0,6%) (Figura 09).

Os registros foram audiovisuais (fotos e vídeos: n = 6.392 ou sons: n = 253), orais (n = 1.278), registrados

[1] Os dados do *iNaturalist* abrangem coletas realizadas por cientistas cidadãos colaboradores desde 2004, tempo superior à existência do programa de Ciência Cidadã do INMA. Houve a exploração dos dados existentes nesta plataforma por coordenadores de três projetos do programa.

[2] Os cientistas cidadãos podem fazer parte de mais de uma categoria e, portanto, a soma do número de cientistas cidadãos para o total de categorias (n = 2022) ultrapassa o número total de cientistas cidadãos que colaborou com os projetos (n = 1578).

[3] Alguns cientistas cidadãos podem ter contribuído com mais de um projeto, sendo que este número pode estar superestimado, uma vez que não foi realizada identificação nominal em todos os projetos.

[4] Alguns cientistas cidadãos podem ter contribuído com mais de um projeto, sendo que este número pode estar superestimado, uma vez que não foi realizada identificação nominal em todos os projetos.

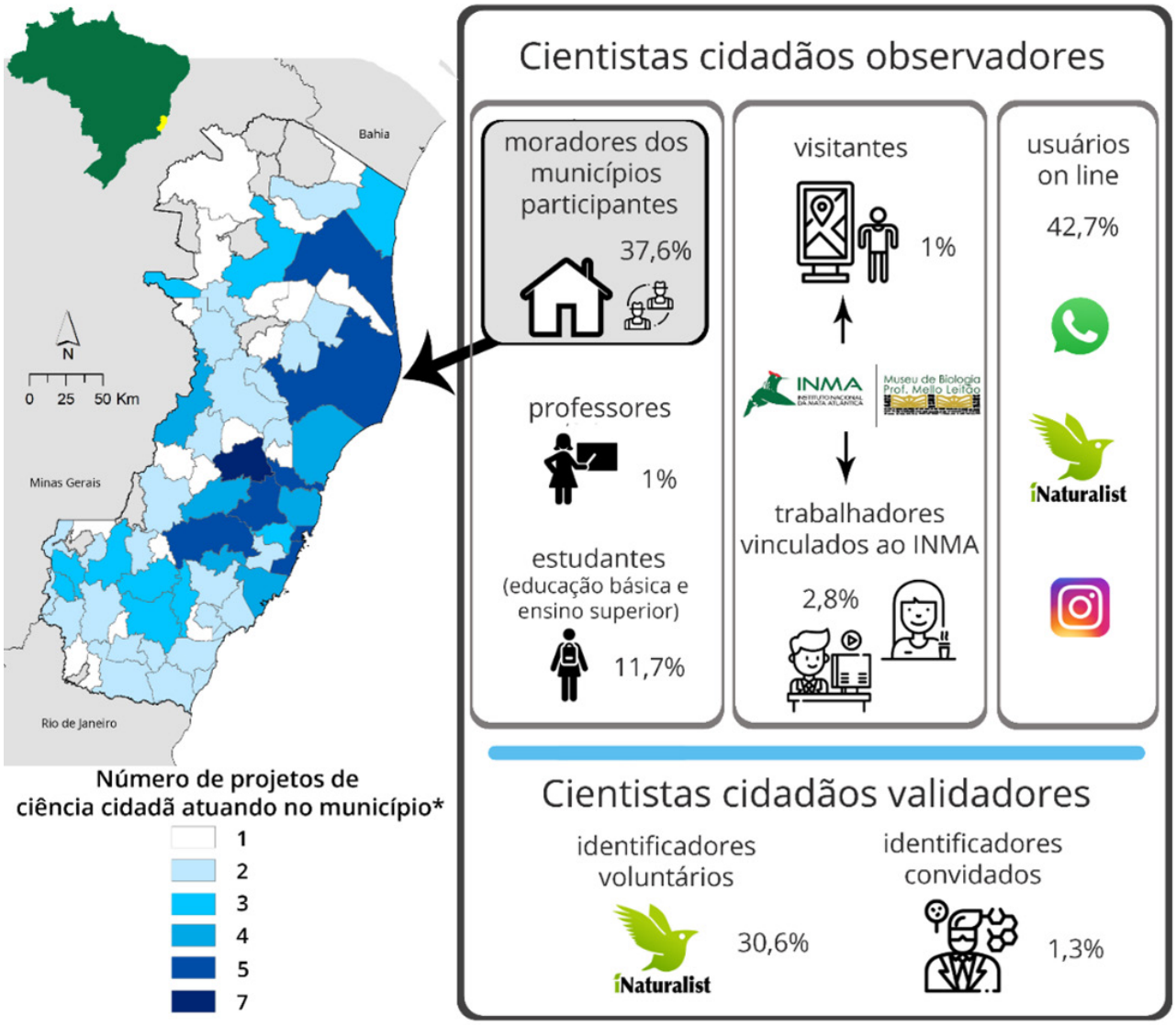


FIGURA 8: Perfil dos colaboradores dos projetos do Programa de Ciência Cidadã do INMA. Os colaboradores podem fazer parte de mais de uma categoria e, portanto, a soma das porcentagens ultrapassa 100%. À esquerda, mapa do Brasil e o estado do Espírito Santo em destaque, com os municípios que participaram dos projetos do referido programa. Na legenda de cores (1 a 7), os tons mais escuros indicam municípios onde há mais projetos atuando. Em cinza, estão os municípios que não participaram dos projetos. Fonte: elaborado pelos autores. Ícones usados: *freepik* (*flaticon*) e *Canva*.

em papel (n = 74) ou espécimes coletados e tombados na coleção do MBML (n = 502) (Figura 09).

Os registros são representativos de 600 espécies e mais nove espécimes identificados em nível de grande grupo (invertebrados aquáticos) da Mata Atlântica do ES (Figura 10a). Foram registradas 11 espécies "Vulneráveis" (seis espécies de répteis, duas de anfíbios, duas de primatas e uma de borboleta), oito espécies "Em Perigo" (duas de borboletas, quatro de répteis, uma de anfíbio e uma de primata) e cinco espécies "Criticamente Em Perigo" (três de répteis e duas de primatas), evidenciando o potencial dos projetos em auxiliar nos planos de ação nacionais de conservação de espécies ameaçadas de extinção e no monitoramento do *status* de conservação da biodiversidade do ES (Figura 10b). Ainda, foram registradas 86 espécies endêmicas da Mata Atlântica (Figura 10c), das quais 12 endêmicas para o ES (Figura 10d).

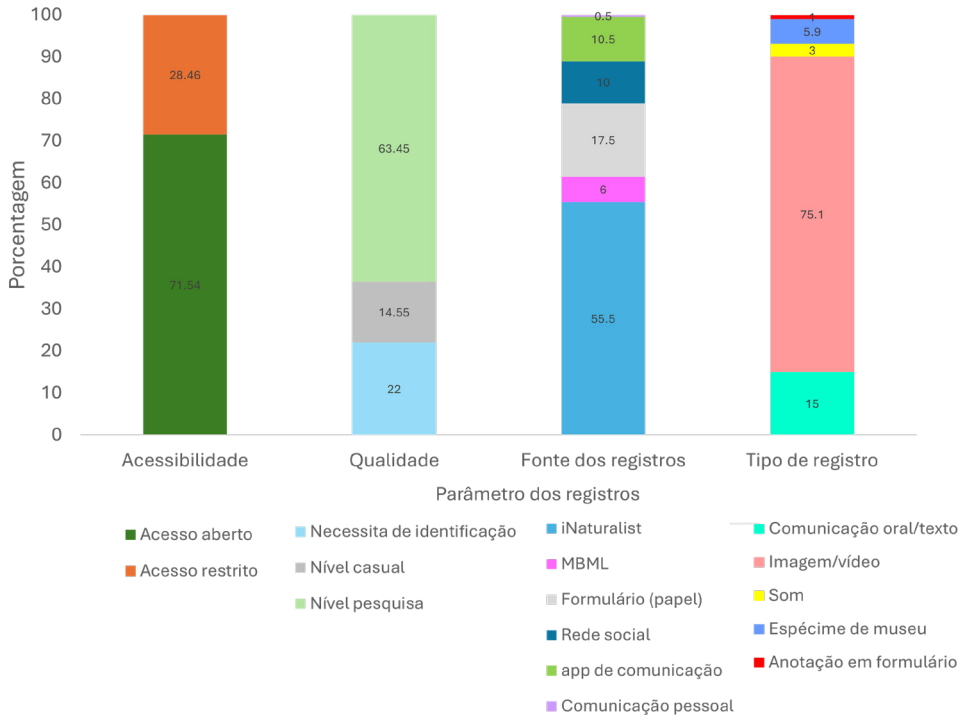


FIGURA 9: Parâmetros dos registros submetidos aos projetos do Programa de Ciência Cidadã do INMA: acessibilidade dos dados, qualidade dos dados (seguindo o padrão de categorias propostas pelo *iNaturalist*), fonte (forma de submissão) dos registros e tipo de registros submetidos. Nível pesquisa = dados validados por especialistas. Nível casual = dados que não satisfazem os critérios técnicos, como data, coordenada geográfica, imagem ou áudio. Necessita de identificação = dados sem consenso nas identificações ou que não apresentam identificação em nível de espécie. MBML = Museu de Biologia Professor Mello Leitão. Fonte: elaborado pelos autores.

Pontos positivos e desafios enfrentados – lições aprendidas e oportunidades para projetos futuros

Os resultados apresentados demonstram o grande potencial do Programa de CC do INMA como gerador de conhecimento sobre a Mata Atlântica do ES, abrangendo 67 dos 78 municípios do estado e fornecendo informações sobre a presença de nove grupos de invertebrados e 600 espécies da fauna deste bioma, muitas delas endêmicas e algumas em situação de ameaça. Como os projetos foram iniciados em momentos distintos (alguns até mesmo anteriores ao Programa de CC do INMA) e apresentam diferentes objetivos (alguns mais voltados para levantamento de biodiversidade e outros para aspectos ecológicos das espécies ou de qualidade ambiental), não foi finalidade deste artigo comparar os projetos ou os resultados específicos de cada um, mas sim fornecer um panorama geral de como um programa de CC pode gerar conhecimentos em ampla escala. Os protocolos atualmente ativos têm grande potencial de replicação em outros estados pertencentes a este bioma, o que torna o INMA um centro pioneiro de referência e potencial multiplicador dos projetos para outras regiões. Para isso, estão sendo investidos esforços na produção de material de apoio aos protocolos — vídeos disponibilizados no canal do *Youtube* do INMA e livros para cada projeto (Alexandrino 2023; Barreto-Lima e Lima 2023; Braga 2023; Lacerda *et al.* 2023; Lima *et al.* 2023; Zocca e Lima 2023). Sabe-se que a produção de materiais de apoio pode aumentar as chances de sucesso de projetos de CC (Bonney *et al.* 2009; Freitag e Pfeffer 2013). Ademais, há potencial de ampliação do programa para outros grupos taxonômicos (p.ex. insetos polinizadores, plantas, morcegos, fauna atropelada etc.), a depender da especialidade de novos pesquisadores recrutados que iniciarão suas colaborações no INMA.

O público que colaborou com os projetos no período foi diverso e ainda é necessário um esforço de levantamento e organização desta informação para

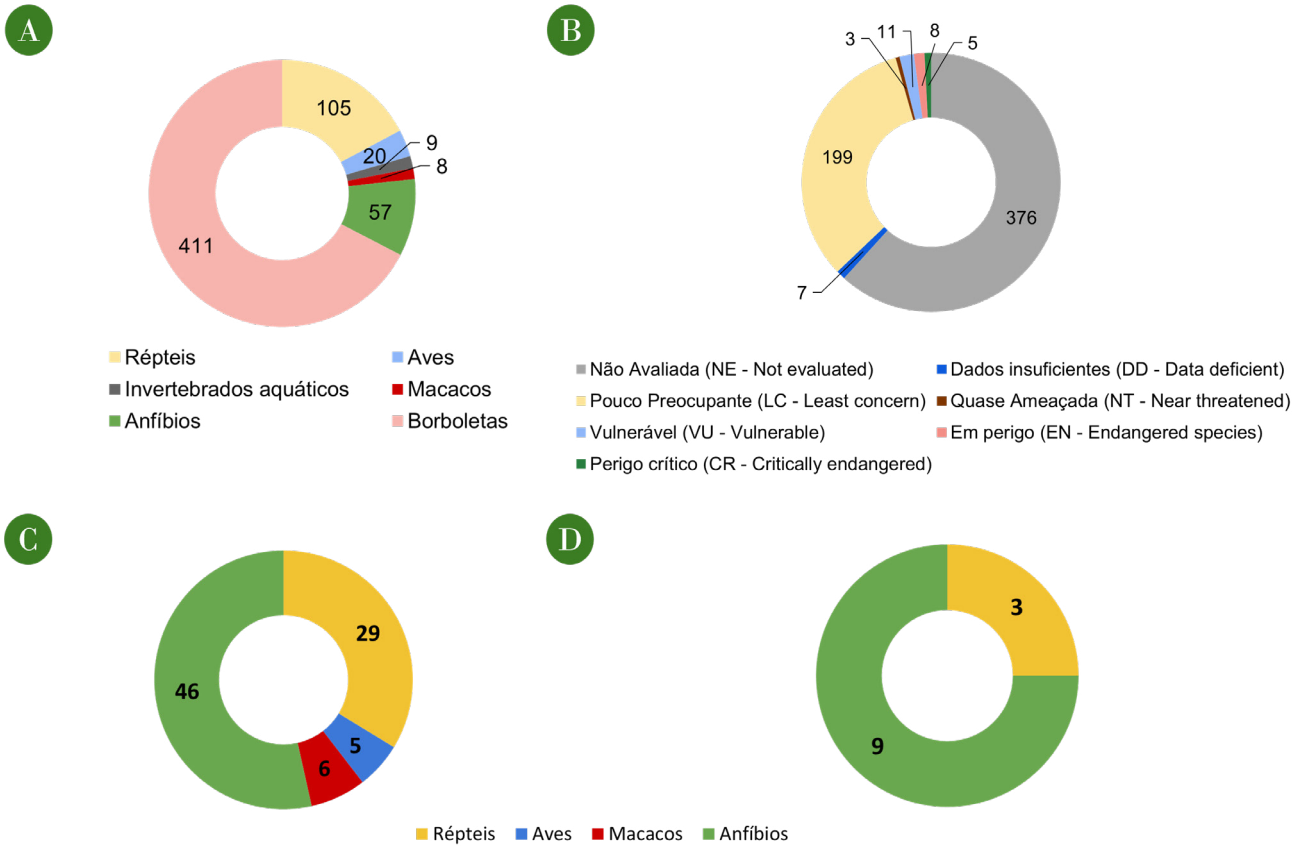


FIGURA 10: Espécies registradas nos projetos do programa de ciência cidadã do INMA, considerando: A) número de espécies por grupo taxonômico; B) número de espécies por grau de ameaça (*status* de conservação); C) número de espécies endêmicas da Mata Atlântica e D) número de espécies endêmicas para o estado do Espírito Santo. No caso dos invertebrados aquáticos, os indivíduos foram identificados em grandes grupos. Não há informações na literatura sobre endemismo para as espécies de borboletas. Dados de endemismo e graus de ameaça baseados em Bencke *et al.* (2006), Rossa-Feres *et al.* (2017), Tozetti *et al.* (2017) e Fraga *et al.* (2019).

o planejamento estratégico do referido programa. Em especial, foi verificada a necessidade de diferentes tipos de abordagens para o recrutamento dos moradores locais de Santa Teresa (muitos sem familiaridade com redes sociais e tecnologias de informação e comunicação) e o público de visitantes e/ou trabalhadores do INMA. O uso de redes sociais e aplicativos de comunicação têm sido amplamente adotado em iniciativas de CC mundo afora (Oliveira *et al.* 2021), sendo também exitoso em todos os projetos do programa para o engajamento **inicial** dos cientistas cidadãos. Entretanto, a falta de familiaridade com a *internet* e com aplicativos levou muitos cientistas cidadãos a preferirem submeter os registros diretamente aos coordenadores dos projetos via *WhatsApp* (10,3% dos registros). Essa dificuldade relacionada ao uso de plataformas *online* de CC com a população local de Santa Teresa ou mesmo a inexistência de plataformas adequadas aos objetivos dos projetos ainda são grandes desafios e, por isso, 28,5% dos dados estão armazenados em bancos de dados restritos aos coordenadores, aspecto que deverá ser melhorado para que os projetos fiquem adequados ao princípio de acessibilidade de dados da CC (Robinson *et al.* 2018). Neste sentido, o planejamento de estratégias, para que os cientistas cidadãos consigam de fato se engajar nos projetos e submeter os dados, deve ser realizado com cuidado para a maximização do potencial de alcance dos projetos do INMA, conforme relatado para outros países em desenvolvimento (Requier *et al.* 2020).

Não apenas o recrutamento e incentivo ao engajamento inicial devem ser trabalhados pelos projetos, mas também é importante que o engajamento **continuado** seja planejado e avaliado constantemente. Para isso, o

levantamento sistematizado das motivações e interesses dos diferentes públicos potencialmente colaboradores nos projetos de CC, com a utilização de metodologias qualitativas de pesquisa, será importante (Cunha *et al.* 2017; Mintz *et al.* 2023). No ano de 2023, decidiu-se pela concentração dos esforços na capacitação de professores da educação básica do estado do ES, por meio do oferecimento de um curso de extensão ("Ciência Participativa na Mata Atlântica" – PROEC/UFABC-INMA), híbrido (parte *online* e parte presencial) e com 60h de carga horária, visando apresentar a CC e os projetos de ciência cidadã em andamento no INMA, como um caminho para o trabalho com a educação científica escolar. Dez professores foram formados na primeira edição do curso e pretende-se o oferecimento de novas edições.

Da mesma forma, a avaliação dos impactos das atividades na aprendizagem dos cientistas cidadãos ainda permanece como uma lacuna, mas já foi aprovada, junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFABC, uma proposta de pesquisa educacional envolvendo a aplicação de questionários aos participantes dos projetos, na qual serão utilizados os indicadores individuais de aprendizagem propostos em Phillips *et al.* (2018).

Assim como em outras localidades do planeta (Kishimoto e Kobori 2021), entre 2020 e 2022, as restrições impostas pela pandemia da Covid-19 dificultaram o trabalho dos coordenadores e as atividades dos projetos junto à população local do município de Santa Teresa, mas, ao mesmo tempo, favoreceram a ampliação dos estudos com a utilização de dados registrados no *iNaturalist* (55,5% dos registros) ou dados dos espécimes depositados no MBML (5,9% dos registros).

Finalmente, um aspecto importante a ser trabalhado pelo referido programa é o tipo de CC desenvolvido pelo INMA. Como já explicado, atualmente, os projetos são do tipo contributivo (Shirk *et al.* 2012), nos quais os cientistas cidadãos basicamente colaboram com a coleta de dados. Concluímos que a aproximação do público com as atividades de pesquisa do INMA pode ser favorecida por outros tipos de CC que considerem o envolvimento ativo de colaboradores em mais etapas do processo científico.

CONCLUSÃO

Os resultados alcançados pelo Programa de Ciência Cidadã do Instituto Nacional da Mata Atlântica, desde seu início em 2019 até 2023, refletem o significativo impacto que iniciativas de ciência cidadã podem ter na pesquisa, conservação e educação ambiental. Através da colaboração de mais de dois mil cientistas cidadãos, o programa não só contribuiu para a coleta de dados valiosos sobre a biodiversidade da Mata Atlântica, como também promoveu uma maior conscientização e engajamento do público com a ciência e a conservação ambiental.

O programa enfrentou desafios consideráveis, como as restrições impostas pela pandemia de Covid-19 e a necessidade de adaptar estratégias de engajamento para atender a uma demografia diversa. No entanto, esses obstáculos foram também oportunidades para inovação e expansão do escopo do programa, como demonstrado pela inclusão de dados de plataformas online e a ampliação de seus métodos de recrutamento e de coleta de dados.

Olhando para o futuro, vê-se uma clara necessidade e oportunidade para ampliar o envolvimento dos participantes em todas as fases dos projetos de ciência cidadã. Isso inclui não apenas a coleta, mas também a análise de dados e a formulação de perguntas de pesquisa, o que pode aumentar a qualidade e o impacto da ciência gerada, além de fortalecer o vínculo entre os cidadãos e a comunidade científica.

A promoção de maior transparência e acessibilidade dos dados coletados, bem como a continuação da avaliação dos efeitos educacionais e sociais dos projetos, também se apresentam como passos cruciais para garantir a sustentabilidade e o crescimento do programa. Através desses esforços, o Instituto Nacional da Mata Atlântica não apenas fortalece sua posição como líder em ciência cidadã na conservação da biodiversidade, mas também serve como um modelo inspirador para programas similares em outras regiões e biomas.

Por fim, o reconhecimento e a valorização dos cientistas cidadãos, cujas contribuições são indispensáveis para o sucesso do programa, devem continuar sendo uma prioridade, garantindo que o conhecimento gerado seja um legado compartilhado.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a inestimável contribuição dos cientistas cidadãos colaboradores dos projetos. Ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio ao Subprograma de Capacitação Institucional do INMA (PCI/INMA 2019-2023).

REFERÊNCIAS

Albagli, S., & Rocha, L. (2024). Ciência Cidadã: um conceito polissêmico. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA), 1*(2), 1–8.

Alexandrino, E.R. (2023). Investigando aves que vivem próximas de nós. In N.P. Ghilardi-Lopes, & I.M.S Lima (Eds.), *Série Ciência Cidadã na Mata Atlântica*. Instituto Nacional da Mata Atlântica. https://doi.org/10.5281/zenodo.11237798

Alexandrino, E.R., Bogoni, J.A., Navarro, A.B., Bovo, A.A.A., Gonçalves, R.M., Charters, J.D., Domini, J.A., & Ferraz, K.M.P.M.B. (2019). Large terrestrial bird adapting behavior in an urbanized zone. *Animals*, *9*(6), 351. https://doi.org/10.3390/ani9060351

Alexandrino, E.R., Navarro, A.B., Paulete, V.F., Camolesi, M., Lima, V.G.R., Green, A., De Conto, T., Ferraz, M.P.M.B., Şekercioğlu, Ç.H., & do Couto, H.T.Z. (2019). Challenges in engaging birdwatchers in bird monitoring in a forest patch: Lessons for future citizen science projects in agricultural landscapes. *Citizen Science: Theory and Practice*, *4*(1), 4. https://doi.org/10.5334/cstp.198

Angelo, C. (2019). Brazil's government freezes nearly half of its science spending. *Nature, 568* (7751). https://doi.org/10.1038/d41586-019-01079-9

Barreto-Lima, A.F., & Lima, I.M.S. (2023). Aprendendo ciência no rastro dos répteis. In N.P. Ghilardi-Lopes, & I.M.S Lima (Eds.), *Série Ciência Cidadã na Mata Atlântica*. Instituto Nacional da Mata Atlântica. https://doi.org/10.5281/zenodo.11237751

Bencke, G.A., Maurício, G.N., Develey, P.F., & Goerck, J.M. (2006). Áreas *importantes para a conservação das aves no Brasil: Parte I - Estados do domínio da Mata Atlântica* (1ª). SAVE Brasil.

Bonney, R., Cooper, C.B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K.V, & Shirk, J. (2009). Citizen science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, *59*(11), 977–984.

Braga, L. (2023). Borboletar: um voo para a ciência. In N.P. Ghilardi-Lopes, & I.M.S Lima (Eds.), *Série Ciência Cidadã na Mata Atlântica*. Instituto Nacional da Mata Atlântica. https://doi.org/10.5281/zenodo.4710221

Brasil/MEC. (2018). *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base. Etapa do Ensino Fundamental.*

Brossard, D., Lewenstein, B., & Bonney, R. (2005). Scientific knowledge and attitude change: The impact of a citizen science project. *International Journal of Science Education*, *27*(9), 1099–1121. https://doi.org/10.1080/09500690500069483

Brown, K.S., & Freitas, A.V.L. (2000). Diversidade de Lepidoptera em Santa Teresa, Espírito Santo. *Boletim Museu Biologia Mello Leitão*, *11/12*, 71–118.

Colombo, A., & Joly, C. (2010). Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. *Brazilian Journal of Biology*, *70*(3 suppl), 697–708. https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000400002

CONAMA. (2005). *Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Ministério do Meio Ambiente.

Cunha, D.G.F., Marques, J.F., Resende, J.C., Falco, P.B., Souza, C.M., & Loiselle, S. A. (2017). Citizen science participation in research in the environmental sciences: key factors related to projects' success and longevity. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, *89*(3 suppl.), 2229–2245. https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160548

Darwall, W.R.T., & Dulvy, N.K. (1996). An evaluation of the suitability of non-specialist volunteer researchers for coral reef fish surveys. Mafia Island, Tanzania — A case study. *Biological Conservation*, *78*(3), 223–231. https://doi.org/10.1016/0006-3207(95)00147-6

Evans, C., Abrams, E., Reitsma, R., Roux, K., Salmonsen, L., & Marra, P.P. (2005). The Neighborhood Nestwatch Program: Participant outcomes of a citizen-science ecological research project. *Conservation Biology*, *19*(3), 589–594.

Fraga, C.N. de, Formigoni, M. de H., & Chaves, F.G. (2019). *Fauna e flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo*. Instituto Nacional da Mata Atlântica.

França, J.S., & Callisto, M. (2019). *Monitoramento participativo de rios urbanos por estudantes-cientistas*. Juliana Silva França. https://doi.org/10.17648/ufmg-monitoramento2019

Freitag, A., & Pfeffer, M.J. (2013). process, not product: Investigating recommendations for improving citizen science "success". *PLoS ONE*, *8*(5). https://doi.org/ARTN e64079DOI 10.1371/journal.pone.0064079

Haklay, M., Fraisl, D., Greshake Tzovaras, B., Hecker, S., Gold, M., Hager, G., Ceccaroni, L., Kieslinger, B., Wehn, U., Woods, S., Nold, C., Balázs, B., Mazzonetto, M., Ruefenacht, S., Shanley, L.A., Wagenknecht, K., Motion, A., Sforzi, A., Riemenschneider, D., Dorler, D., Heigl, F., Schaefer, T., Lindner, A., Weißpflug, M., Mačiulienė, M., & Vohland, K. (2021). Contours of citizen science: a vignette study. *Royal Society Open Science*, *8*(8). https://doi.org/10.1098/rsos.202108

Kishimoto, K., & Kobori, H. (2021). COVID-19 pandemic drives changes in participation in citizen science project "City Nature Challenge" in Tokyo. *Biological Conservation*, *255*, 109001. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109001

Lacerda, J.V.A., Santos, A.Z., & Lima, I.M.S. (2023). Coaxos de ciência e educação. In N.P. Ghilardi-Lopes, & I.M.S Lima (Eds.), *Série Ciência Cidadã na Mata Atlântica*. Instituto Nacional da Mata Atlântica. https://doi.org/10.5281/zenodo.11237658

Lima, I.M.S., Lacerda, J.V.A., Gonçalves, A., & Ghilardi-Lopes, N.P. (2023). Trilhando ciência na Mata Atlântica: vamos aprender juntos?. In N.P. Ghilardi-Lopes, & I.M.S Lima (Eds.), *Série Ciência Cidadã na Mata Atlântica*. Instituto Nacional da Mata Atlântica. https://doi.org/10.5281/zenodo.11235121

Lee, T.S., Kahal, N.L., Kinas, H.L., Randall, L.A., Baker, T.M., Carney, V.A., Kendell, K., Sanderson, K., & Duke, D. (2021). Advancing amphibian conservation through citizen science in urban municipalities. *Diversity*, *13*(5). https://doi.org/10.3390/d13050211

Lima, R.A.F., Oliveira, A.A., Pitta, G.R., de Gasper, A.L., Vibrans, A.C., Chave, J., ter Steege, H., & Prado, P.I. (2020). The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Nature Communications*, *11*(1), 6347. https://doi.org/10.1038/s41467-020-20217-w

Mintz, K., Arazy, O., & Malkinson, D. (2023). Multiple forms of engagement and motivation in ecological citizen science. *Environmental Education Research*, *29*(1), 27–44. https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2120186

Nery, M.S., Pereira, R.P., Tabacow, F.P., de Melo, F.R., Mendes, S.L., & Strier, K.B. (2021). Citizen science for monitoring primates in the Brazilian Atlantic Forest: Preliminary results from a critical conservation tool. *Primate Conservation*, *35*.

Oliveira, S.S., Barros, B., Pereira, J.L., Santos, P.T., & Pereira, R. (2021). Social media use by citizen science projects: Characterization and recommendations. *Frontiers in Environmental Science*, *9*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.715319

Phillips, T., Porticella, N., Constas, M., & Bonney, R. (2018). A framework for articulating and measuring individual learning outcomes from participation in citizen science. *Citizen Science: Theory and Practice*, *3*(2), 3. https://doi.org/10.5334/cstp.126

Pocock, M.J.O., Hamlin, I., Christelow, J., Passmore, H., & Richardson, M. (2023). The benefits of citizen science and nature-noticing activities for well-being, nature connectedness and pro-nature conservation behaviours. *People and Nature*, *5*(2), 591–606. https://doi.org/10.1002/pan3.10432

Provenzi, L., & Barello, S. (2020). The science of the future: Establishing a citizen-scientist collaborative agenda after Covid-19. *Frontiers in Public Health*, *8*. https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00282

Requier, F., Andersson, G.K., Oddi, F.J., & Garibaldi, L.A. (2020). Citizen science in developing countries: how to improve volunteer participation. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *18*(2), 101–108. https://doi.org/10.1002/fee.2150

Rezende, C.L., Scarano, F.R., Assad, E.D., Joly, C.A., Metzger, J.P., Strassburg, B.B. N., Tabarelli, M., Fonseca, G.A., & Mittermeier, R.A. (2018). From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, *16*(4), 208–214. https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002

Robinson, L.D., Cawthray, J.L., West, S.E., Bonn, A., & Ansine, J. (2018). Ten principles of citizen science.

In S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J. Vogel, & A. Bonn (Eds.), *Citizen science: Innovation in* Open Science, Society and Policy (pp. 27–40). UCL Press. https://doi.org/10.2307/j.ctv550cf2.9

Rossa-Feres, D.D.C., Garey, M.V., Caramaschi, U., Napoli, M.F., Nomura, F., Bispo, A.A., Brasileiro, C.A., Thomé, M.T., Sawaya, R.J., Conte, C.E., Cruz, C.A.G., Nascimento, L.B., Gasparini, J.L., Almeida, A.P., & Haddad, C.F.B. (2017). Anfíbios da Mata Atlântica: lista de espécies, histórico dos estudos, biologia e conservação. In E.L.A. Monteiro-Filho, & C.E. Conte (Eds.), *Revisões em zoologia: Mata Atlântica* (pp. 237–314). Editora UFPR.

Salm, R.V, Clark, J., & Siirila, E. (2000). *Marine and Coastal Protected Areas: A guide for planners and managers*. IUCN.

Sanderson, C., Braby, M.F., & Bond, S. (2021). Butterflies Australia: a national citizen science database for monitoring changes in the distribution and abundance of Australian butterflies. *Austral Entomology, 60*(1). https://doi.org/10.1111/aen.12513

Shirk, J.L., Ballard, H.L., Wilderman, C.C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B.V., Krasny, M.E., & Bonney, R. (2012). Public participation in scientific research: a framework for deliberate design. *Ecology and Society*, *17*(2), art29. https://doi.org/10.5751/ES-04705-170229

Tabarelli, M., Pinto, L.P., Silva, J.M.C., Hirota, M., & Bede, L. (2005). Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic Forest. *Conservation Biology*, *19*(3), 695–700. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00694.x

Tozetti, A.M., Sawaya, R.J., Molina, F.B., Bérnils, R.S., Barbo, F.E., Moura-Leite, J.C. de, Borges-Martins, M., Recoder, R., Teixeira Junior, M., Argôlo, A.J.S., Morato, S.A.A., & Rodrigues, M.T. (2017). Répteis. In E.L.A. Monteiro-Filho, & C.E. Conte (Eds.), *Revisões em zoologia: Mata Atlântica* (pp. 315–364). Editora UFPR.

Viana, B.F., Barreto-Lima, A.F., Oliveira da Silva, F., França, J.S., Lacerda, J.V.A., Szabo, J., Koffler, S., & Dantas, T.B. (2024). Potencial da Ciência Cidadã para mapeamento, monitoramento e conservação da biodiversidade na Mata Atlântica. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (Série INMA)*, *1*(2), 73–86.

Wynne, B. (2006). Public Engagement as a means of restoring public trust in science – Hitting the notes, but missing the music? *Public Health Genomics*, *9*(3), 211–220. https://doi.org/10.1159/000092659

Zocca, C., & Lima, I.M.S. (2023). Entre as folhas das bromélias: pesquisando os anfíbios. In N.P. Ghilardi-Lopes, & I.M.S Lima (Eds.), *Série Ciência Cidadã na Mata Atlântica*. Instituto Nacional da Mata Atlântica. https://doi.org/10.5281/zenodo.11237708



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA,TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

