

ARTIGO CIENTÍFICO

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

Blandina Felipe Viana^{1*} , André Felipe Barreto-Lima² ,
Fabiana Oliveira Da Silva³ , Juliana Silva França⁴ ,
João Victor Andrade Lacerda² , Judit Kriszta Szabo⁵ ,
Sheina Koffler² , Tatiana Bichara Dantas¹ 

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 habitats, 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 habitats, 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., Monitors *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 desenvolvida sob coordenação do Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI) <https://www.sibbr.gov.br/cienciadada/projetos.html>, e (iii) Rede Brasileira de Ciência Cidadã <https://rbcc.org.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 “#cidadãosf” 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**

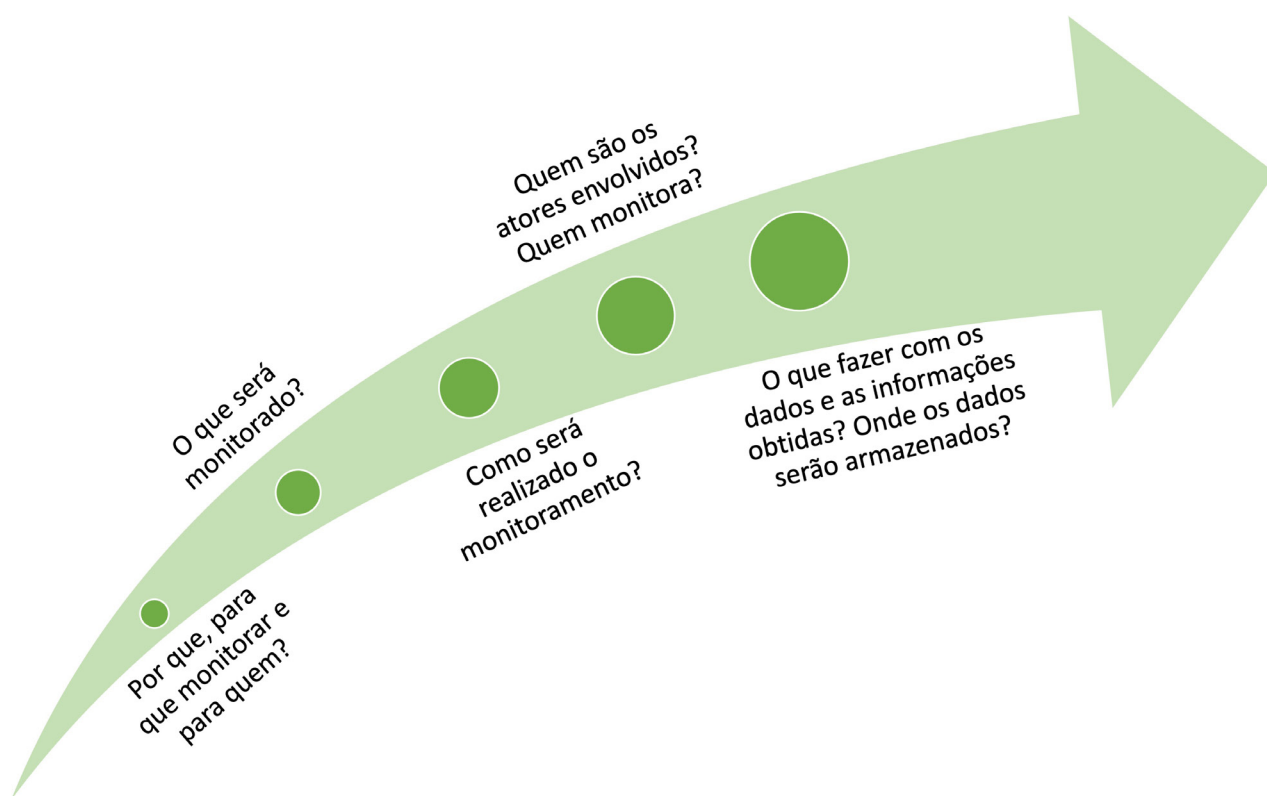


FIGURA 1: Etapas a serem seguidas durante o processo de planejamento e desenvolvimento de um projeto e/ou programa de monitoramento participativo, sob a perspectiva da ciência cidadã, organizadas na forma de perguntas orientadoras (modificado de Constantino e Cruz 2016). O aumento no tamanho dos círculos 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 (Manifesto Brasileiro de Apoio ao Acesso Livre à Informação Científica 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.	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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.	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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.	<ul style="list-style-type: none"> - 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). 	<ul style="list-style-type: none"> - 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.	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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 <i>wifi</i> 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.	<ul style="list-style-type: none">- 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.	<ul style="list-style-type: none">- 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 (<i>scaling up</i>), 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](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., Franco, 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_descobrimto.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>