

Em estudos de ecologia, evolução e biodiversidade, toda borboleta já foi uma lagarta

Everton Alves Maciel¹, Fernando Roberto Martins^{2*}

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.

²Departamento de Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil.

Autor-correspondente:

fmartins@unicamp.br

Palavras-chave: biodiversidade, proteção da biodiversidade, déficit linneano, déficit wallaceano, levantamentos de campo, fator de impacto, taxonomia.

Submetido em: 26/10/2023.

Aceito em: 25/03/2024.

DOI: <https://doi.org/10.20396/bioe.v2i00.18493>

Resumo: Apesar dos recentes avanços em ecologia, evolução e biodiversidade, lacunas taxonômicas permanecem em muitas espécies de plantas. Se não conhecermos as espécies de plantas com confiança, onde elas ocorrem e com qual abundância, a conservação da diversidade vegetal não será possível. Assim, o esforço dos taxonomistas é importante para o planejamento de ações de conservação. Aqui, argumentamos que a ciência deveria olhar para o trabalho taxonômico com mais atenção. Este assunto tem sido debatido há muito tempo, mas, uma vez que a taxonomia tenha sido considerada uma ciência em crise, esse debate precisa continuar ativo. Usando o fator de impacto (IF) de periódicos, não advogamos sobrecarregar o trabalho de taxonomistas, mas enfatizamos como ele tem sido subestimado. Comparamos o IF entre periódicos com foco em ecologia, área florestal, genética e taxonomia. Embora a taxonomia seja a base de todas as demais áreas biomédicas, os periódicos que tratam dela têm os menores IFs. Ao mesmo tempo, enfatizamos a importância dos levantamentos fitossociológicos e florísticos e concluímos que sem eles a estratégia de proteção das espécies vegetais não será eficiente nem possível de ser completada.

INTRODUÇÃO

A biodiversidade expressa a heterogeneidade de diferentes níveis de complexidade, incluindo diversidade química (dos compostos presentes numa espécie), genética, filogenética, funcional, de espécies, táxons, ecossistemas e biomas. Embora cada aspecto da biodiversidade seja mais bem descrito por um ou mais indicadores, a riqueza de espécies tem sido sugerida como a principal variável da biodiversidade (SCHOLETS et al., 2012; PEREIRA et al., 2013). No entanto, nosso conhecimento sobre a diversidade de espécies ainda é escasso (PEREIRA et al., 2010; FEELEY, 2015). Muitas espécies ainda são desconhecidas pela ciência, uma lacuna chamada de déficit linneano, ou seja, falta de descrição e catalogação adequada dos táxons existentes (BROWN e LOMOLINO, 2006). Reduzir esse déficit é um dos principais objetivos atuais dos cientistas da conservação, pois somente conhecendo as espécies existentes com confiança será possível estabelecer critérios para criar e aplicar medidas de conservação da biodiversidade (POSSINGHAM, GRANTHAM e RONDININI, 2007). Para que isso seja possível, a pesquisa em biodiversidade deve ser desenvolvida para qualificar, quantificar e explicar a biodiversidade.

Qualificar a biodiversidade requer conhecer as espécies que ocorrem em cada lugar (MACE, 2004; WHEELER, 2018). Há muitas definições sobre o conceito de espécie (SIMÓ-RIUDALBAS et al., 2017). Uma das mais conhecidas é o conceito biológico de espécie: populações naturais constituídas por grupos de indivíduos semelhantes que se inter cruzam, produzem descendência fértil e são reprodutivamente isolados de outros grupos (MAYR,

2000). Há outros conceitos de espécie, mas alguns, como o conceito filogenético, tendem a superestimar o número de espécies, levando a uma inflação taxonômica (ALROY, 2003; ALEIXO, 2007). A inflação taxonômica tem efeitos desastrosos sobre as ações conservacionistas, como, por exemplo, um enorme aumento no número de espécies ameaçadas, levando ao descrédito da ciência da conservação e à necessidade de aumento exagerado de recursos para conservação, além de impedir a comparação de listas de espécies levantadas em épocas diferentes (ISAAC e COWLISHAW, 2004; PADIAL e DE LA RIVA, 2006).

Mas, a aplicação prática de muitos conceitos de espécie é problemática. Por exemplo, muitas vezes não é possível inter cruzar espécies presumidamente diferentes e esperar o tempo necessário para saber se há produção de descendentes e se eles são férteis, capazes de inter cruzamento e isolados reprodutivamente de outras espécies. Em decorrência dessas dificuldades práticas, os taxonomistas têm adotado um conceito de espécie de acordo com Darwin (1859), Walsh (1861), Wallace (1865) e Bates (1981) e defendida por muitos autores como satisfazendo não só aspectos teóricos como também práticos da identificação das espécies (MALLETT, 2008). No conceito darwiniano, espécies são grupos de indivíduos similares separados de outros grupos por descontinuidades na distribuição de caracteres morfológicos, ou seja, espécies diferentes se distinguem, como regra geral, pela inexistência de graus intermediários dos caracteres distintivos. Assim, espécies e variedades constituem categorias do mesmo tipo, pois diferem entre si apenas pela descontinuidade de



caracteres entre elas, sendo as variedades consideradas como graus intermediários de especiação (MALLET, 2008).

Uma vez definida uma espécie, devem ser prioritários os levantamentos de campo e os trabalhos taxonômicos para uma descrição pormenorizada e uma determinação correta da espécie. Além disso, revisões taxonômicas por especialistas são necessárias para garantir que os binômios sejam substituídos, excluídos ou adicionados (JANSEN e DENGLER, 2010; FORZZA et al., 2012). O trabalho taxonômico, em um sentido restrito, faz parte de um sistema que lida com a descrição e identificação de espécies (BAKER et al., 2017). Mas, num sentido amplo, a taxonomia faz parte da sistemática, que representa um quadro da organização de toda a natureza viva e, assim, é uma visão de mundo.

Quantificar a biodiversidade exige levantamentos quantitativos das espécies. Novamente, a necessidade da determinação correta das espécies é proeminente, uma vez que a qualidade científica de qualquer estudo que tenha foco em organismos vivos é equivalente à qualidade da identificação taxonômica da espécie. No entanto, embora a necessidade de determinação correta das espécies aumente, a importância da publicação de chaves de identificação contendo ilustrações e descrições detalhadas parece diminuir (CARVALHO, FILER e RENNERT, 2015). Embora as coleções biológicas como a Flora do Brasil desempenhem um papel importante no fornecimento de material para comparação (ZAPPI et al., 2015), os dados de herbários estão diminuindo ao longo do tempo (CARVALHO, FILER e RENNERT, 2015). Uma análise de 71 herbários nos Estados Unidos mostrou que apenas 21% atingiram seus picos de coleta nas últimas décadas, ao passo que nos demais herbários as coletas diminuíram ao longo do tempo (PRATHER et al., 2004). Há várias sugestões para explicar essa diminuição.

Em parte, é provável que as coletas diminuam principalmente devido ao aumento de ferramentas genéticas para a identificação de espécies pelo sequenciamento de uma determinada região do DNA da planta (CBOL Plant Working Group, 2009). Isso reflete as tendências atuais de pesquisa e organização, nas quais uma perda de habilidades de história natural tem sido observada (NOSS, 1996). Na mesma direção, pesquisas de alto impacto geralmente feitas a partir de metadados (HAMPTON e PARKER, 2011) desencadeiam uma diminuição nas investigações baseadas em trabalhos de campo, as chamadas pressões de baixo para cima (RÍOS-SALDAÑA, DELIBES-MATEOS e FERREIRA, 2018). Embora novas técnicas para descrever espécies sejam atraentes, para alguns casos não são suficientes; portanto, a morfologia comparativa ainda é necessária (DEXTER, PENNINGTON e CUNNINGHAM, 2010; FUJITA et al., 2012; PRATA et al., 2018; DAMASCO et al., 2019).

Além da necessidade de qualificar e quantificar a biodiversidade levantada no campo, há uma necessidade primária de preencher as lacunas nos levantamentos existentes (FEELEY, 2015). Tomemos por exemplo o Brasil. Caiafa e Martins (2007) demonstraram que a distribuição dos estudos florísticos e fitossociológicos no domínio da Mata Atlântica brasileira não é homogênea. Os autores documentaram lacunas de levantamentos principalmente nos estados do Espírito Santo, Bahia, Alagoas, Sergipe, Paraíba e Rio Grande do Norte. Uma lacuna espacial nos levantamentos florísticos e fitossociológicos também foi encontrada para o Cerrado

brasileiro (FRANÇOSO, HAIDAR e MACHADO, 2016), indicando que este é um problema recorrente não restrito a um único domínio biogeográfico.

Como consequência, gera-se um vazio de dados em larga escala, fato observado em toda a América do Sul (FEELEY, 2015). Por exemplo, do ponto de vista espacial, mais de 10% da América do Sul não possui registro de informações sobre coleções biológicas de plantas (FEELEY, 2015). Esse problema ocorre em todos os trópicos e contrasta com a flora mais biodiversa do mundo presente nessas regiões (CORLETT, 2016). Essa lacuna nos levantamentos afeta o conhecimento da real distribuição das espécies. O desconhecimento da distribuição geográfica de uma espécie é chamado de déficit de Wallace ou déficit wallaceano (BROWN e LOMOLINO, 2006). Tal problema tem um impacto direto na realização do Objetivo 1 da Estratégia Global para a Conservação de Plantas (FILARDI et al., 2018), que consiste em compreender, documentar e reconhecer adequadamente a diversidade das espécies vegetais.

Explicar a biodiversidade refere-se a testes de hipóteses e construção de teorias com o objetivo de entender a natureza e resolver questões fundamentais. Como exemplo dessas questões fundamentais, podemos propor: (a) como uma diversidade tão alta surgiu? (b) como comunidades podem manter uma diversidade tão alta? (c) como comunidades altamente diversas respondem a distúrbios naturais e antropogênicos?, entre outras (MARSHALL et al., 2020). Para abordar essas e outras questões relacionadas, são necessárias técnicas moleculares e análises de grandes conjuntos de dados (PETERS e OKIN, 2017; SIMIONI et al., 2017; DAMASCO et al., 2019), mas as fraquezas de determinação correta das espécies (déficit linneano), o desconhecimento ou conhecimento parcial da distribuição espacial das espécies (déficit wallaceano) e as deficiências do monitoramento de campo persistem e dificultam tanto o desenvolvimento teórico quanto o desenvolvimento de abordagens de manejo adequadas.

Nosso objetivo é retomar uma discussão que já ocorre há tempo, mas ainda continua em aberto. Ao continuar esse debate, queremos realçar a importância dos levantamentos de campo e do trabalho do taxonomista. Usando o Cerrado como exemplo, mostramos que a proporção de táxons não identificados em qualquer categoria (espécie, gênero ou família) nos trabalhos de campo ainda é muito alta. Mostramos também que, apesar da necessidade de trabalhos de campo e do trabalho de taxonomistas, os periódicos que publicam artigos de taxonomia/sistemática têm IFs mais baixos que os de outros periódicos que publicam artigos de outros campos científicos. Por fim, expomos algumas sugestões para valorizar os trabalhos de campo e dos taxonomistas.

MÉTODOS

Construímos um banco de dados a partir de artigos de levantamentos fitossociológicos (quantitativos) e florísticos (qualitativos) por meio de buscas na Web of Science, Scopus, Scielo e Google Scholar entre 2000 e 2022. Qualquer tamanho de área amostrada foi considerado porque nosso interesse estava focado na lista de espécies.

Fizemos um levantamento de alguns periódicos que



publicam artigos taxonômicos/sistemáticos e de periódicos que publicam artigos em outras áreas científicas. Para a classificação de periódicos, não distinguimos entre sistemática e taxonomia (para simplificar, chamamos ambas de sistemática). Assim, incluímos na categoria de sistemática periódicos que publicaram trabalho de campo (levantamentos florísticos ou fitossociológicos) ou descrições de espécies. Buscamos artigos sobre sistemática, ecologia, genética e área florestal publicados em periódicos indexados na Web of Science, Scielo e Scopus. Embora essas áreas não estejam diretamente relacionadas, pretendemos mostrar como o impacto do trabalho taxonômico é baixo em comparação com outras áreas de pesquisa em biologia. Consideramos o fator de impacto (IF) dos periódicos publicados no Journal Citation Report (JCR) pela Clarivate Analytics of Thomson Reuters, que analisa os dados retirados de Web of Science (ZIJLSTRA e MCCULLOUGH, 2016), para comparar a variação dos IFs dos periódicos entre as áreas:

$$IF_{P,A} = \frac{C_{P,B}}{I_{P,B}}$$

Em que IF é o fator de impacto dos artigos publicados no periódico P e divulgado pelo JCR publicado no ano A; C é o número de citações dos artigos publicados no periódico P durante o biênio B anterior ao ano A, I é o número total de artigos publicados pelo periódico P no biênio B anterior ao ano A. Por exemplo, se o JCR for publicado no ano A = 2023, C será a soma das citações dos artigos publicados no periódico P durante o biênio B = 2022-2021, ao passo que que I será o número de todos os artigos publicados no periódico P durante o mesmo biênio.

O JCR publica anualmente o IF de cada periódico, de modo que o IF de um periódico pode variar ao longo do tempo. O IF representa a média do número de citações dos artigos publicados por um periódico nos dois anos anteriores à publicação do JCR. Assim, um IF igual a 1,5 indica que os artigos publicados por aquele periódico no biênio anterior têm sido citados em média 1,5 vez. Compilamos os IFs de cada periódico no intervalo entre os anos 2000 e 2022 para usar aqui como exemplos. Com os valores construímos um boxplot com a distribuição dos valores em cada área para cada ano, de modo a permitir a comparação do IF entre essas áreas ao longo dos anos.

RESULTADOS

Encontramos 195 levantamentos quantitativos e 109 qualitativos em artigos publicados sobre o Cerrado em todo o Brasil, incluindo as savanas da Amazônia. Com base nesses trabalhos, compilamos um total de 3.387 registros, dos quais 2.269 (apenas 67%) registros de levantamentos florísticos e fitossociológicos foram identificados até o nível binomial, 926 (27%) identificados apenas até gênero e 192 (6%) identificados apenas até família.

Selecionamos 89 periódicos, dos quais 22 na área de sistemática, 20 na área de florestas, 28 em ecologia, e 19 em genética (Tabela 1). Os IFs dos periódicos da área de sistemática variaram entre 0.21 e 4.58, com mediana de

1.15 (Figura 1). Na área florestal, os IFs variaram de 0.45 a 6.42 e tiveram mediana de 2.08 (Figura 1). Na área de ecologia, os IFs variaram entre 2.22 e 13.80, com mediana de 4.80 (Figura 1). Os periódicos selecionados na área de genética tiveram IFs variando de 0.73 a 16.83, com mediana de 4.15 (Figura 1).

TABELA 1. Lista dos 89 periódicos usados para exemplificar a diferença do fator de impacto entre as áreas de sistemática (22 periódicos), ecologia (28 periódicos), florestas (20 periódicos) e genética (19 periódicos).

Área	Periódico
Sistemática	Phytotaxa
	PhytoKeys
	Kew Bulletin
	Systematic Botany
	Australian Systematic Botany
	Brittonia
	Acta Botanica Gallica
	Acta Botanica Brasílica
	Acta Botanica Mexicana
	Acta Botanica Croatica
	Acta Botanica Sinica
	Novon
	Brazilian Journal of Botany
	Taxon
	European Journal of Taxonomy
	Advances in Botanical Research
	Botany
	Annals of the Missouri Botanical Garden
	Biota Neotropica
	The Botanical Review
	Botanical Journal of the Linnean Society
	Botanical Studies
Ecologia	Ecology Letters
	Ecological Monographs
	Frontiers in Ecology and the Environment
	Global Ecology and Biogeography
	Journal of Ecology
	Wildlife Monographs
	Methods in Ecology and Evolution
	Functional Ecology
	Journal of Applied Ecology
	Advances in Ecological Research
	Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences
	Ecography
	Conservation Biology
	Ecology
	Diversity and Distributions
	Ecological Applications
	Journal of Biogeography
	Ecosystems
	American Naturalist
	Ecosystem Services
	Oikos
	Biological Conservation
	Biogeosciences
	Landscape Ecology
	Behavioral Ecology
	Fungal Ecology
	Oecologia
	Biology Letters
Florestas	Tree Physiology
	Forest Ecology and Management
	International Journal of Wildland Fire
	Dendrochronologia
	Forestry
	Urban Forestry & Urban Greening
	Forest Policy and Economics
	Holzforschung
	Trees-Structure and Function
	Canadian Journal of Forest Research
	Forest Science
	Tree-Ring Research
	Scandinavian Journal of Forest Research
	Journal of Forestry
	Forestry Chronicle
	Scientia Forestalis
	Forest Systems
	Forests
	Forest Products Journal
	Agricultural and Forest Meteorology
Genética	Molecular Biology and Evolution
	Genome Biology and Evolution
	BMC Evolutionary Biology
	Journal of Evolutionary Biology
	Genetics and Molecular Biology
	Genome Research
	Trends in Genetics
	Genes & Development
	Annual Review of Genetics
	PLoS Genetics
	Plant Genome
	Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology
	Current Opinion in Biotechnology
	Gene
	International Journal of Biological Macromolecules
	Metabolic Engineering
	Molecular Phylogenetics and Evolution
	Biological Control
	Tree Genetics and Genomes

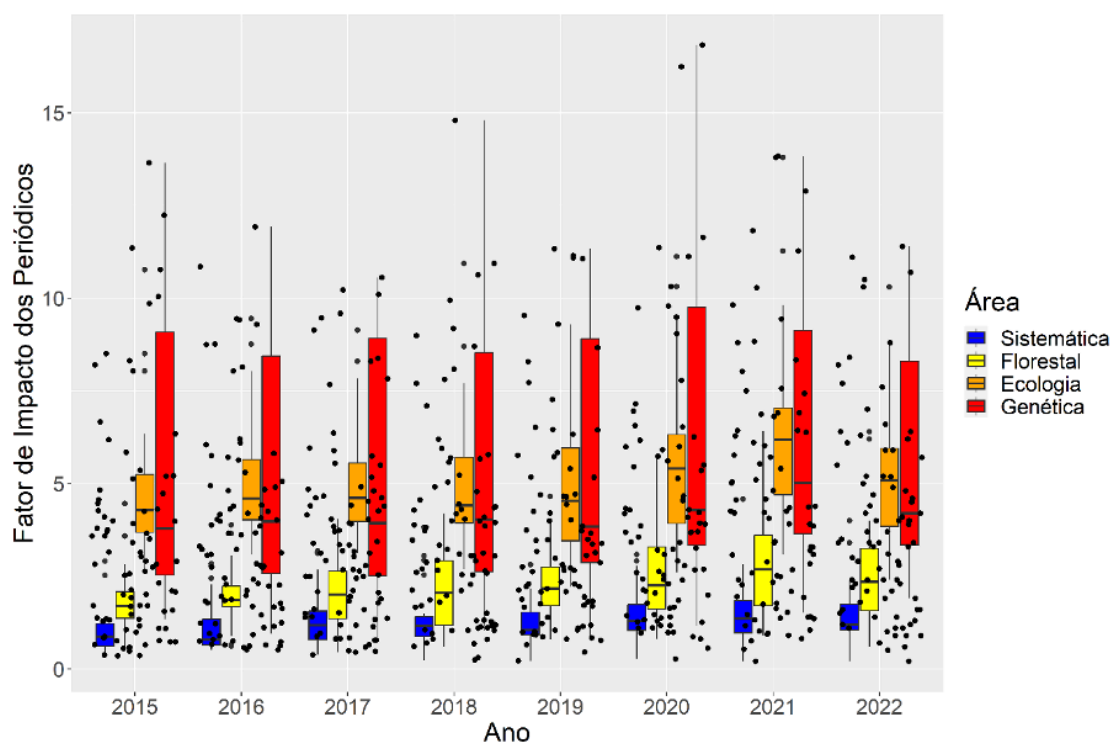


FIGURA 1. Fator de impacto do periódico (eixo y) entre os anos 2015 e 2022. As cores representam as quatro áreas científicas utilizadas na análise: Sistemática, Ecologia, Florestal e Genética. Cada caixa inclui 50% dos dados, a linha vertical inferior saindo de cada caixa representa os 25% dos dados com os menores valores, a linha vertical superior representa os 25% dos dados com os maiores valores, e a linha horizontal dentro de cada caixa representa a mediana. Os pontos representam os fatores de impacto do periódico em cada área científica em cada ano.

DISCUSSÃO

O PAPEL DOS LEVANTAMENTOS DE CAMPO PARA O CONHECIMENTO DA BIODIVERSIDADE

Quando levantamentos fitossociológicos (quantitativos) de vegetação são feitos em campo, a maioria das espécies é coletada na fenofase vegetativa e, portanto, sua identificação é difícil (DEXTER, PENNINGTON E CUNNINGHAM, 2010). Um exemplo recente usando a Espectroscopia de Infravermelho Próximo Transformada de Fourier para a identificação taxonômica de galhos de árvores mostrou-se eficiente na identificação de gênero e família (LANGAN, HIGGINS E SCHEITER, 2017), mas é necessário avançar até a identificação binomial fidedigna. Até o momento, somente através da publicação (eletrônica ou impressa) de chaves contendo ilustrações e descrições detalhadas é possível identificar material botânico na fenofase vegetativa. No entanto, há pouco espaço para ilustrações em periódicos de grande circulação, e descrições detalhadas são substituídas por um diagnóstico curto de cada espécie em relação às mais próximas do mesmo gênero. A falta de descrições detalhadas dá origem a uma condição problemática (REJMÁNEK e BREWER, 2001), a saber, as listas de espécies em alguns trabalhos aparecem como desconhecida 1, desconhecida 2 etc., gêneros sp., ou famílias sp. Isso ocorre frequentemente em estudos da diversidade da vegetação no Brasil.

Considerando levantamentos fitossociológicos (quantitativos) na Mata Atlântica brasileira publicados

como dissertações, teses, livros e artigos até 2005, Caiafa e Martins (2007) encontraram 2.891 referências a espécies arbustivas/arbóreas, das quais 1.999 foram identificadas ao nível binomial; 713 referências a gêneros, dos quais 452 foram identificados; e 164 referências a famílias, das quais 98 foram identificadas. Considerando os levantamentos quantitativos disponíveis no Cerrado lato sensu publicados como teses, artigos e levantamentos até 1992, Castro e colaboradores (1999) encontraram 1.709 referências a espécies, das quais 973 identificadas até o nível binomial; 572 referências a gêneros, dos quais 363 foram identificados; e 210 referências a famílias, das quais 88 foram identificadas. Essa situação não mudou recentemente.

POR QUE OS TRABALHOS DE DESCRIÇÃO DE ESPÉCIES DIMINUÍRAM AO LONGO DO TEMPO?

Vários motivos podem estar associados à redução do número de trabalhos de descrição de espécies. Uma das razões sugeridas é que o baixo IF dos periódicos que publicam estudos taxonômicos está entre os motivos que contribuem para essa carência nos estudos taxonômicos (LÜCKING, 2020; WERNER, 2006). O IF tornou-se a métrica científica mais importante para medir o desempenho de periódicos (BUELA-CASAL e ZYCH, 2012). Quanto maior o IF, maior o prestígio do periódico. Mas, embora inicialmente concebido para indicar a qualidade de um periódico científico, o IF passou a ser usado também para medir a qualidade de artigos científicos pela maior parte das agências de fomento e bancas de concurso. Kavic e Satava (2021) e Waltman e Traag (2021), por exemplo,



analisaram várias métricas de avaliação da qualidade científica de artigos publicados em muitas áreas diferentes de muitos periódicos científicos e concluíram que o IF não deveria ser usado para avaliar a qualidade de artigos individuais. Kavic e Satava (2021) concluíram que, em face da acessibilidade mundial de publicações open access e on line, o número de citações ou de downloads seria um avaliador mais realista. Mas, Waltman e Traag (2021) alertaram para o fato de que, em algumas circunstâncias, o IF seria mais indicado. Porém, na prática, o resultado é o mesmo: tudo depende do número de citações ou downloads do artigo científico.

Infelizmente, nem todas as áreas de pesquisa alcançam muitas citações, resultando assim um baixo IF. Por exemplo, os trabalhos taxonômicos "clássicos", com chaves de identificação baseadas em caracteres morfológicos, tendem a produzir um baixo impacto. Ou seja, tais trabalhos não atingem os altos valores das métricas de citação (LÜCKING, 2020; PANTE, SCHOELINCK e PUILLANDRE, 2015; WERNER, 2006). Por exemplo, depois de comparar os periódicos que publicam descrições de espécies com periódicos onde elas não foram publicadas, Pante, Schoelink e Puillandre (2015) mostraram que o IF foi maior em periódicos que nunca publicaram descrição de espécies.

Como previmos, o IF para periódicos da área de sistemática é o mais baixo entre as áreas analisadas (Figura 1). Embora alguns periódicos de sistemática tenham mostrado alguns aumentos no IF entre 2015 e 2022, esses valores estavam longe dos observados nos IFs de periódicos que lidam com genética e ecologia. Por que artigos de sistemática são tão pouco citados? Aqui ensaiamos uma resposta. Imagine que um pesquisador que fez um levantamento no campo e teve que identificar muitas espécies de muitos gêneros distribuídos em muitas famílias. Para identificar as espécies, o pesquisador deve usar floras e artigos publicados. Numa flora, geralmente cada volume trata de uma família, implicando em que o pesquisador tenha que usar a literatura para identificar cada família. Mesmo um volume de uma flora tratando de uma família pode não ter incluído gêneros ou espécies que o pesquisador amostrou, ou ainda uma família amostrada pode não ter sido incluída na flora consultada. Então, usando floras, o pesquisador consegue identificar um número relativamente pequeno das espécies amostradas. Mesmo assim, ele deveria citar cada autor e o respectivo capítulo que tratou de cada tribo de cada seção de cada gênero na flora consultada. Para identificar o restante das espécies, o pesquisador deverá procurar artigos publicados. Como os artigos são geralmente muito específicos, cada um trata de uma seção ou subseção ou tribo ou subtribo de um gênero. Por fim, a lista das publicações em sistemática que o pesquisador usou para identificar as espécies amostradas pode ocupar várias páginas do periódico e, quando acrescida da literatura consultada na pesquisa, o número de páginas listando toda a literatura da pesquisa pode ser maior até que o texto do artigo. Nessa situação, geralmente o pesquisador é convidado a restringir a bibliografia ao essencial. Assim, o pesquisador menciona que as espécies foram identificadas usando literatura especializada e comparação com exsicatas de herbário, mesmo quando chaves publicadas em floras e artigos científicos são usadas. Em consequência, embora artigos

sistemáticos/taxonômicos sejam frequentemente utilizados em outras áreas das ciências biológicas, como ecologia, evolução e conservação, eles não são citados devido ao alto custo de publicação. Se as obras de sistemática são pouco citadas, as consequências são o pequeno número de citações e o baixo IF dos periódicos que publicam artigos em taxonomia e sistemática. Mas, se todos os artigos usados pelos pesquisadores na identificação de espécies fossem citados, eles teriam alto número de citações e os respectivos periódicos, alto IF.

UM OLHAR PARA LAGARTAS COM VISTA A ALCANÇAR BORBOLETAS

Argumentamos, de forma análoga, que os trabalhos científicos nos campos de ecologia, evolução e biodiversidade se tornam implicitamente classificados em duas categorias: lagartas e borboletas. As lagartas são levantamentos realizados em campo e trabalhos de sistemática/taxonomia que incluem chaves de identificação, ilustrações e descrições detalhadas de espécies. As lagartas não despertam simpatia ou senso de beleza, e essas obras não são facilmente publicadas. As borboletas são trabalhos que utilizam dados em micro, média ou macroescala para destacar processos ecológicos e biogeográficos baseados nos padrões observados no campo ou no laboratório, como em estudos moleculares. As borboletas despertam a atenção de um público amplo e são convidadas para compor volumes de periódicos de alto impacto. No entanto, não há borboleta sem uma lagarta. Como explicar a origem, geração, manutenção e distribuição da biodiversidade sem a publicação de levantamentos realizados em campo e chaves de identificação de espécies contendo ilustrações e descrições detalhadas?

Mesmo em um momento em que os dados de herbários estão amplamente disponíveis (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2023), as pesquisas de campo ainda são necessárias. Destacamos quatro razões principais; (a) os dados sobre muitos táxons ainda não estão virtualmente disponíveis nas coleções de herbários; (b) as exsicatas de muitos herbários pequenos não foram ainda digitalizadas, embora incluam muitas espécies endêmicas e/ou ainda não coletadas na região; (c) embora se tenham passados mais de 250 anos desde a invenção do sistema de classificação de Linné, ainda há uma escassez de conhecimento sobre as espécies vegetais; e (d) muitas espécies já descritas ainda são incompletamente conhecidas, levando a confundi-las com outras espécies e gerando erros nas ações conservacionistas ao tomar essas espécies como espécies raras. Juntas, tais deficiências limitam nossa compreensão da distribuição da biodiversidade (SCHAEFER et al., 2011) porque explicar a biodiversidade envolve conhecer seus padrões no espaço e no tempo e os mecanismos e processos que a geram e mantêm. Por isso, é necessário saber quais são as espécies existentes, onde elas ocorrem, qual é sua abundância e como estão distribuídas.

O planejamento da conservação tem sido fundamentado no conhecimento da distribuição e abundância das espécies. Por exemplo, o planejamento sistemático de conservação sugere pelo menos três ocorrências de cada espécie como meta (MARGULES e PRESSEY, 2000). Além disso, o nível de ameaça de uma espécie é definido



usando um método (do polígono convexo mínimo) reconhecido internacionalmente, de modo que é necessário documentar as ocorrências de cada espécie (IUCN, 2024). Há questões importantes a serem abordadas para informar políticas e ações para a conservação e o uso sustentável da biodiversidade. Esses passos estratégicos dependem, em última análise, do conhecimento da biota, especialmente da flora.

Muita ênfase tem sido dada à pesquisa que busca descrever padrões ecológicos e os mecanismos e processos que os geram. Não duvidamos que tais trabalhos sejam importantes e necessários para o avanço da ciência e da tomada de decisões. No entanto, sem taxonomia precisa, tais trabalhos não valerão a pena (WARD, LESCHEN e BUCKLEY, 2015). Não se pode, portanto, ignorar a pouca importância que tem sido atribuída hoje aos trabalhos taxonômicos (ROUHAN et al., 2017). Comparamos o IF de alguns dos principais periódicos e mostramos a discrepância dos IFs entre a taxonomia/sistemática, de um lado, e ecologia e genética, de outro. Sabemos que muitas espécies de plantas com flores permanecem desconhecidas pela ciência (JOPPA, ROBERTS e PIMM, 2010); talvez alguns táxons já estejam extintos e outros, ameaçados de extinção (PIMM e JOPPA, 2015). Concordamos com outros autores que afirmam que, sem o conhecimento adequado da sistemática/taxonomia das espécies, a conservação pode falhar (MACE, 2004); somente conhecendo as espécies, podem ser tomadas decisões para assentar áreas protegidas com conservação *in situ* adequada (CORLETT, 2016). Para que isso seja possível, a pesquisa sistemática/taxonômica de nossas espécies deve ser incentivada. Para viabilizar essa estratégia, é necessário investir recursos tanto na coleta de campo quanto na conservação das exsicatas, descrição do material de herbário e publicação de chaves, descrições e ilustrações. Metade das espécies desconhecidas já foram coletadas, mas ainda não descritas (BEBBER et al., 2010). Apelamos aos taxonomistas e outros pesquisadores sobre a importância dos artigos de sistemática/taxonomia para a ciência. Aqui, listamos três pontos cruciais que são necessários para melhorar o trabalho de taxonomia:

(1) Concordamos que a máxima sinergia entre a sistemática/taxonomia e outras áreas, como ecologia e biologia da conservação, é importante (TAHSEEN, 2014; BAKER et al., 2017). Acreditamos que essa seria uma medida importante para reduzir os erros de identificação de campo (DEXTER, PENNINGTON e CUNNINGHAM, 2010). Isso diminuiria o número de espécies indeterminadas que aparecem nos artigos publicados como apenas citações no nível de gênero ou família (CAIAFA e MARTINS, 2007).

(2) O trabalho dos taxonomistas deve, sem dúvida, ser citado (TAHSEEN, 2014; LÜCKING, 2020). O nome de cada espécie no texto deve fornecer a referência do artigo mais recente em que a espécie foi descrita ou sinonimizada ou teve seu binômio atualizado. Isso inclui não apenas casos como estudos de hibridação em que a citação foi sugerida para fornecer suporte para a ecologia e a teoria evolutiva (AGNARSSON e KUNTNER, 2007), mas também situações em que o nome é apresentado (WERNER, 2006). Por exemplo, estudos em que o interesse e o valor econômico das espécies são fornecidos (DE ARAUJO, 1995), ou em que o nível de ameaça das espécies foi

quantificado (NABOUT et al., 2011).

(3) Quando muitas espécies são usadas para compor uma lista e nenhum nome de espécie é citado diretamente no texto, deve ser apropriado dar crédito a cada autor que descreveu, sinonimizou ou atualizou a espécie mediante uma seção especial, conforme exigido pela declaração de disponibilidade de dados após a citação. Nossa recomendação vai contra Agnarsson e Kunter (2007). Esses autores sugeriram que em estudos em que a taxonomia não desempenha um papel importante, como estudos ecológicos comparando duas comunidades, não há necessidade iminente de citar todos os trabalhos que descrevem, sinonimizam ou atualizam essas espécies; e que, nesses casos, as referências utilizadas para a determinação da espécie (como livros ou chaves) são suficientes. Não achamos que isso seja justo, porque às vezes o trabalho gasto para descrever, sinonimizar ou atualizar uma espécie leva anos. Portanto, é importante dar crédito ao taxonomista. Além disso, uma vez que os trabalhos taxonômicos tenham mais citações, isso aumentará o IF dos periódicos que publicam esse tipo de trabalho (WERNER, 2006; LÜCKING, 2020;). Acreditamos que isso diminuiria as pressões de baixo para cima mencionadas anteriormente (RÍOS-SALDAÑA, DELIBES-MATEOS e FERREIRA, 2018). Sabemos que isso é trabalhoso, mas talvez possa ser uma luz no fim do túnel para diminuir o abismo existente entre os IFs de periódicos de sistemática/taxonomia e periódicos que lidam com outras áreas. Como resultado, achamos que os campos da história natural atrairão mais entusiastas. Assim, o interesse na coleta de dados de campo e estudo de material de herbários pode ressurgir. Em última análise, podemos nos voltar para reconhecer o trabalho dos taxonomistas como uma crisálida da qual belas borboletas emergirão.

(4) Uma alternativa, para não onerar demasiadamente o custo de publicação num periódico científico, seria publicar a lista das referências em sistemática como um item do material suplementar do artigo. Mas, para que essa alternativa surta efeito (aumentar o número de citações de artigos de sistemática), a coleta do número de citações para o JCR deve considerar também essa possibilidade.

REFERÊNCIAS

- AGNARSSON, I.; KUNTNER, M. Taxonomy in a changing world: seeking solutions for a science in crisis. **Systematic Biology**, v. 56, n. 3, p. 531–539, 2007.
- ALEIXO, A. Conceitos de espécie e o eterno conflito entre continuidade e operacionalidade: uma proposta de normatização de critérios para o reconhecimento de espécies pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, n. 2, p. 297–310, 2007.
- ALROY, J. Taxonomic inflation and body mass distributions in North American fossil mammals. **Journal of Mammalogy**, v. 84, n. 2, p. 431–443, 2003.
- BAKER, T. R. et al. Maximising synergy among tropical plant systematists, ecologists, and evolutionary biologists. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 32, n. 4, p. 258–267, 2017.



- BEBBER, D. P. et al. Herbaria are a major frontier for species discovery. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 51, p. 22169–22171, 2010.
- BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. Biogeografia. In: **Biogeografia**. 2ª edição. Ribeirão Preto: Editora FUNPEC, 2006.
- BUELA-CASAL, G.; ZYCH, I. What do the scientists think about the impact factor? **Scientometrics**, v. 92, n. 2, p. 281–292, 2012.
- CAIAFA, A. N.; MARTINS, F. R. Taxonomic identification, sampling methods, and minimum size of the tree sampled: implications and perspectives for studies in the Brazilian Atlantic Rainforest. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 1, n. 2, p. 95–104, 2007.
- CARVALHO, F. A.; FILER, D.; RENNER, S. S. II. Taxonomy in the Electronic Age: An e-Monograph of the Papaya Family (Caricaceae) as an Example §. In: **Molecular Phylogeny, Biogeography and an e-Monograph of the Papaya Family (Caricaceae) as an Example of Taxonomy in the Electronic Age**. [s.l.] Springer, 2015. p. 13–31.
- CASTRO, A. et al. How rich is the flora of Brazilian cerrados? **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 86, n. 1, p. 192–224, 1999.
- CBOL Plant Working Group. A DNA barcode for land plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, p. 12794–12797, 2009.
- CORLETT, R. T. Plant diversity in a changing world: status, trends, and conservation needs. **Plant Diversity**, v. 38, n. 1, p. 10–16, 2016.
- DAMASCO, G. et al. Reestablishment of *Protium cordatum* (Burseraceae) based on integrative taxonomy. v. 68, n. 1, p. 34–46, 2019.
- DARWIN, C. **On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life**. London: Murray, 1859.
- DE ARAUJO, F. D. A review of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae)—an economically valuable species of the central Brazilian cerrados. **Economic botany**, v. 49, n. 1, p. 40–48, 1995.
- DEXTER, K. G.; PENNINGTON, T. D.; CUNNINGHAM, C. W. Using DNA to assess errors in tropical tree identifications: How often are ecologists wrong and when does it matter? **Ecological Monographs**, v. 80, n. 2, p. 267–286, 2010.
- FEELEY, K. Are we filling the data void? An assessment of the amount and extent of plant collection records and census data available for tropical South America. **PLoS One**, v. 10, n. 4, p. e0125629, 2015.
- FILARDI, F. L. R. et al. Brazilian Flora 2020: innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). **Rodriguésia**, v. 69, n. 4, p. 1513–1527, 2018.
- FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em: 8 out. 2023.
- FORZZA, R. C. et al. New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. **BioScience**, v. 62, n. 1, p. 39–45, 2012.
- FRANÇOSO, R. D.; HAIDAR, R. F.; MACHADO, R. B. Tree species of South America central savanna: endemism, marginal areas and the relationship with other biomes. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 1, p. 78–86, 2016.
- FUJITA, M. K. et al. Coalescent-based species delimitation in an integrative taxonomy. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 27, n. 9, p. 480–488, 2012.
- HAMPTON, S. E.; PARKER, J. N. Collaboration and productivity in scientific synthesis. **BioScience**, v. 61, n. 11, p. 900–910, 2011.
- ISAAC, N. J. B.; COWLISHAW, G. How species respond to multiple extinction threats. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 271, n. 1544, p. 1135–1141, 7 jun. 2004.
- IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2023-1. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>. Acesso em: 1 mar. 2024.
- JANSEN, F.; DENGLER, J. Plant names in vegetation databases—a neglected source of bias. **Journal of Vegetation Science**, v. 21, n. 6, p. 1179–1186, 2010.
- JOPPA, L. N.; ROBERTS, D. L.; PIMM, S. L. How many species of flowering plants are there? **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, p. rspb20101004, 2010.
- KAVIC, M.S.; SATAVA, R.M. Scientific literature and evaluation metrics: impact factor, usage metrics, and altmetrics. **JSLs**, v.25, n. 3, e2021.00010, 2021.
- LANGAN, L.; HIGGINS, S. I.; SCHEITER, S. Climate - biomes, pedo - biomes or pyro - biomes: which world view explains the tropical forest–savanna boundary in South America? **Journal of Biogeography**, v. 44, n. 10, p. 2319–2330, 2017.
- LÜCKING, R. Three challenges to contemporaneous taxonomy from a lichen-mycological perspective. **Megataxa**, v. 1, n. 1, p. 78–103, 2020.
- MACE, G. M. The role of taxonomy in species conservation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 359, n. 1444, p. 711–719, 2004.
- MALLET, J. Wallace and the species concept of the early darwinians. In: SMITH, C.R., BECCIONI, G. W. (Ed.). **Natural selection and beyond: the intellectual legacy of Alfred Russell Wallace**. [s.l.] Oxford: Oxford University Press, 2008. p. 102–113.
- MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 243–253, 2000.
- MARSHALL, E. et al. What are we measuring? A review of metrics used to describe biodiversity in offsets exchanges. **Biological Conservation**, v. 241, p. 108250, 2020.
- MAYR, E. **The biological species concept. Species concepts and phylogenetic theory: a debate**. New York: Columbia University Press, 2000.
- NABOUT, J. C. et al. Global climate change and the production of “pequi” fruits (*Caryocar brasiliense*) in the Brazilian Cerrado. **Natureza e Conservação**, v. 9, n. 1, p. 55–60, 2011.
- NOSS, R. F. The naturalists are dying off. **Conservation Biology**, v. 10, n. 1, p. 1–3, 1996.
- PADIAL, J. M.; DE LA RIVA, I. Taxonomic inflation and the stability of species lists: the perils of ostrich’s behavior. **Systematic Biology**, v. 55, n. 5, p. 859–867, 2006.
- PANTE, E.; SCHOELINCK, C.; PUILLANDRE, N. From integrative taxonomy to species description: one step beyond. **Systematic Biology**, v. 64, n. 1, p. 152–160, 2015.

- PEREIRA, H. M. et al. Global biodiversity monitoring. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 8, n. 9, p. 459–460, 2010.
- PEREIRA, H. M. et al. Essential biodiversity variables. **Science**, v. 339, n. 6117, p. 277–278, 2013.
- PETERS, D. P. C.; OKIN, G. S. A toolkit for ecosystem ecologists in the time of Big Science. **Ecosystems**, v. 20, n. 2, p. 259–266, 2017.
- PIMM, S. L.; JOPPA, L. N. How many plant species are there, where are they, and at what rate are they going extinct? **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 100, n. 3, p. 170–176, 2015.
- POSSINGHAM, H. P.; GRANTHAM, H.; RONDININI, C. How can you conserve species that haven't been found? **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 5, p. 758–759, 2007.
- PRATA, E. M. B. et al. Towards integrative taxonomy in Neotropical botany: disentangling the *Pagamea guianensis* species complex (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 188, n. 2, p. 213–231, 2018.
- PRATHER, L. A. et al. The decline of plant collecting in the United States: a threat to the infrastructure of biodiversity studies. **Systematic Botany**, v. 29, n. 1, p. 15–28, 2004.
- REJMÁNEK, M.; BREWER, S. W. Vegetative identification of tropical woody plants: state of the art and annotated bibliography 1. **Biotropica**, v. 33, n. 2, p. 214–228, 2001.
- RÍOS-SALDAÑA, C. A.; DELIBES-MATEOS, M.; FERREIRA, C. C. Are fieldwork studies being relegated to second place in conservation science? **Global Ecology and Conservation**, v. 14, p. e00389, 2018.
- ROUHAN, G. et al. The time has come for Natural History Collections to claim co-authorship of research articles. **Taxon**, 2017.
- SCHAEFER, H. et al. The Linnean shortfall in oceanic island biogeography: a case study in the Azores. **Journal of Biogeography**, v. 38, n. 7, p. 1345–1355, 2011.
- SCHOLES, R. J. et al. Building a global observing system for biodiversity. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, n. 1, p. 139–146, 2012.
- SIMIONI, P. F. et al. Elucidating adaptive strategies from leaf anatomy: do Amazonian savannas present xeromorphic characteristics? **Flora**, v. 226, p. 38–46, 2017.
- SIMÓ-RIUDALBAS, M. et al. Cryptic diversity in *Ptyodactylus* (Reptilia: Gekkonidae) from the northern Hajar Mountains of Oman and the United Arab Emirates uncovered by an integrative taxonomic approach. **PloS one**, v. 12, n. 8, p. e0180397, 2017.
- TAHSEEN, Q. Taxonomy—the crucial yet misunderstood and disregarded tool for studying biodiversity. **Journal of Biodiversity & Endangered Species**, v. 2, p. 128, 2014.
- WALLACE, A. R. On the phenomena of variation and geographical distribution as illustrated by the Papilionidae of the Malayan region. **Transactions of the Royal Society of London**, v. 25, p. 1–71, 1865.
- WALSH, B. D. On phytophagic varieties and phytophagic species. **Proceedings of the Entomological Society of Philadelphia**, v. 3, p. 403–430, 1861.
- WALTMAN, L.; TRAAG, V.A. Use of journal impact factor for assessing individual articles: statistically flawed or not? **F1000 Research**, v.9, 366, 2021.
- WARD, D. F.; LESCHEN, R. A.; BUCKLEY, T. R. More from ecologists to support natural history museums. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 7, p. 373, 2015.
- WERNER, Y. L. The case of impact factor versus taxonomy: a proposal. **Journal of Natural History**, v. 40, n. 21–22, p. 1285–1286, 2006.
- WHEELER, Q. Blank canvas: The case for descriptive taxonomy. **Integrative and Comparative Biology**, v. 58, n. 6, p. 1118–1121, 2018.
- ZAPPI, D. C. et al. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1085–1113, 2015.
- ZIJLSTRA, H.; MCCULLOUGH, R. **CiteScore: A new metric to help you track journal performance and make decisions**. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/editors-update/story/journal-metrics/citescore-a-new-metric-to-help-you-choose-the-right-journal>>.

