

Rede de integração de dados científicos na atualização de espécimes do Herbário UFACPZ

Wendrio Sales de Melo^{1*}, Chirley Gonçalves da Silva², Júlia Gomes da Silva³, Almecina Balbino Ferreira⁴, Jardeson Kennedy Moraes de Souza¹, Izailene Monteiro Saar Botelho²

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil. ²Licenciada em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil. ³Bióloga do Herbário UFACPZ, Parque Zoobotânico, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil. ⁴Professora da Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, Acre, Brasil. *wendriomelloo0077@gmail.com

Recebido em: 25/11/2023

Aceito em: 18/10/2024

Publicado em: 30/11/2024

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.6.2-8>

RESUMO

Os herbários são essenciais na pesquisa científica, especialmente na identificação e armazenamento organizado de amostras de plantas. No entanto, a identificação de espécies vegetais é desafiadora e a falta de especialistas pode levar a erros nos registros. Para resolver isso, a digitalização dos herbários está sendo adotada, permitindo acesso amplo a especialistas e colaborações para identificação. O estudo foi realizado no Herbário da Universidade Federal do Acre, usando o software BRAHMS para gerenciar dados. Foram revisadas famílias botânicas como Asteraceae, Burseraceae, Lauraceae e Rubiaceae. A digitalização das exsicatas (amostras botânicas) foi feita, e os registros foram atualizados no banco de dados. A plataforma speciesLink foi usada para acesso aos dados e comparação de duplicatas. Após a atualização houve um aumento no número de espécimes identificados até o nível de espécie. A distribuição temporal das determinações variou, com alguns espécimes levando décadas para serem identificados. A digitalização e disponibilização online foram vistas como essenciais para melhorar a precisão e acessibilidade das informações botânicas. Conclui-se que a digitalização e a colaboração entre especialistas e instituições são vitais para atualizar os herbários e melhorar a qualidade das informações, beneficiando a pesquisa científica e a preservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Herbário. Banco de dados. Exsicatas.

Network for integrating scientific data in updating specimens from the UFACPZ Herbarium

ABSTRACT

Herbaria are essential in scientific research, especially in the identification and organized storage of plant samples. However, plant species identification is challenging, and a lack of experts can lead to errors in records. To address this issue, the digitization of herbaria is being adopted, allowing broad access to experts and collaborations for identification. The study was conducted at the Herbarium of the Federal University of Acre, using the BRAHMS software to manage data. Botanical families such as Asteraceae, Burseraceae, Lauraceae, and Rubiaceae were reviewed. The digitization of herbarium specimens (botanical samples) was carried out, and records were updated in the database. The speciesLink platform was used for data access and duplicate comparison. There was an increase in the number of specimens identified down to the species level after the update. The temporal distribution of determinations varied, with some specimens taking

decades to be identified. Digitization and online availability were seen as essential for improving the accuracy and accessibility of botanical information. It is concluded that digitization and collaboration among experts and institutions are vital for updating herbaria and improving the quality of information, benefiting scientific research and biodiversity preservation.

Keywords: Herbarium. Database. Specimens.

INTRODUÇÃO

Os herbários desempenham um papel crucial para fins científicos e de pesquisa em diversas áreas (DARU et al., 2019; KATES et al., 2021). Eles são essenciais para quantificar a biodiversidade, permitindo a coleta, identificação e armazenamento organizado de amostras de plantas, além de facilitar a descoberta de novas espécies e a disponibilização de informações online (ROCCHETTI et al., 2020). Também desempenham um papel importante no rastreamento das mudanças na distribuição geográfica das espécies ao longo do tempo, ajudando a monitorar o impacto das atividades humanas na biodiversidade (AVETISYAN et al., 2022; VERMA et al., 2023). No entanto, a identificação das espécies vegetais, frequentemente enfrenta desafios (BODHWANI et al., 2019; LE et al., 2020; ZANI; LOW, 2022).

O reconhecimento da identidade das plantas assume um papel crucial no avanço, uso sustentável e preservação de uma determinada região (ROCCHETTI et al., 2020; BEDAIR et al., 2023). Esta precisão tem importância central para inúmeras aplicações, especialmente quando se trata de vegetação selvagem (WÄLDCHEN et al., 2022). Contudo, poucos profissionais e pesquisadores possuem a capacidade de atribuir com segurança o nome científico a uma planta (COLON et al., 2020; ZANI; LOW, 2022). Tal desafio se amplifica consideravelmente em regiões tropicais, caracterizadas por uma rica diversidade de espécies (HOPKINS, 2019; LE et al., 2020; SETIAWAN et al., 2020).

A insuficiência de especialistas representa um, significativo, obstáculo para a identificação precisa das espécies de plantas nos herbários (COLON et al., 2020). Na ausência de profissionais aptos a realizar tais identificações, erros podem surgir, levando a registros imprecisos e prejudicando a aplicabilidade dessas informações em futuras investigações (LUTIO et al., 2022).

Adicionalmente, a carência destes especialistas pode comprometer a atualização contínua dos registros, particularmente em situações que envolvam alterações na nomenclatura ou a descoberta de novas espécies (LUTIO et al., 2022; NEVILL et al., 2020). Para enfrentar essa questão, é crucial investir em abordagens colaborativas entre

instituições e adotar métodos integrativos que assegurem a identificação precisa das espécies e a constante atualização dos registros dos herbários (SETIAWAN et al., 2020; HOCHKIRCH et al., 2021; CANHOS et al., 2022).

Nesse cenário, é notável um empenho em direção à digitalização dos registros dos herbários, acompanhada de sua disponibilização online, visando contribuir para a identificação das espécies vegetais (HOCHKIRCH et al., 2021; DAVIS, 2023). A digitalização dos registros os torna mais acessíveis a um contingente mais amplo de especialistas e pesquisadores globais, viabilizando colaborações para identificação e atualização dos dados (HEBERLING et al., 2019; BORSCH et al., 2020; VAGANOV et al., 2021).

Essa disponibilidade acrescida de informações, pode impulsionar a aprimorar a precisão e agilizar o processo de identificação (DAVIS, 2023). Além disso, a digitalização facilita o acesso às duplicatas de uma coleção mantidas em outros herbários com mais acesso de especialistas, promovendo a atualização de dados de coleções que eram anteriormente menos acessado (BORSCH et al., 2020; VAGANOV et al., 2021; CANHOS et al., 2022).

Uma das ações nesse sentido é a criação do speciesLink, que é um sistema de informação distribuído integrando dados primários de coleções biológicas. Isso significa que ele compila informações sobre espécies de plantas, animais e fungos coletados em diferentes regiões do Brasil e do mundo. O sistema foi desenvolvido pelo Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA), com o apoio de diversas instituições nacionais e internacionais, tais como a FAPESP, o GBIF, a JRS Foundation, o MCTI, o CNPq, a FINEP e a RNP. O objetivo do speciesLink é facilitar o acesso e a utilização dos dados de biodiversidade para fins de pesquisa, educação e conservação (SPECIESLINK, 2023).

A plataforma atua como uma rede que conecta os provedores de dados, as coleções biológicas e os usuários, incluindo pesquisadores, estudantes e gestores ambientais. Os provedores de dados disponibilizam seus registros online por meio de um software chamado IPT (Integrated Publishing Toolkit), que facilita a publicação das informações seguindo padrões internacionais. Os usuários podem acessar os dados pelo portal web do speciesLink, o qual oferece diversas ferramentas para busca, visualização, análise e download dos registros. Além disso, os usuários têm a opção de acessar os dados por

meio de serviços web, que possibilitam a integração dos registros com outras plataformas e sistemas (SPECIESLINK, 2023).

Por intermédio da interface de busca do speciesLink, é possível comparar as identificações de um mesmo espécime, ou seja, as duplicatas, presentes na rede. O sistema examina os registros com coincidências no nome do coletor, número de coletor e data de coleta, presumindo que esses registros correspondem ao mesmo evento de coleta e ao mesmo espécime. Os usuários têm a capacidade de pesquisar e recuperar todos os registros pertencentes aos seus herbários, assim como analisar as duplicatas disponíveis na rede. Por meio dessa ferramenta, é possível verificar se existem duplicatas do material não identificado ou retificar potenciais equívocos de identificação presentes na rede (CANHO et al., 2023).

A prontidão de dados de herbários, com identificações precisas das espécies vegetais, assume importância central para oferecer informações confiáveis e atualizadas sobre a biodiversidade vegetal, adicionando credibilidade às pesquisas que se valem desses registros (HEBERLING et al., 2019). Nessa perspectiva, o propósito deste estudo é atualizar as determinações contidas no repositório do Herbário da Universidade Federal do Acre, bem como conduzir uma análise temporal das determinações realizadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no período de agosto de 2020 a agosto de 2022, no Herbário da Universidade Federal do Acre (UFACPZ), localizado no campus de Rio Branco. Para o registro e gerenciamento dos dados, foi empregado o software BRAHMS, uma ferramenta dedicada ao gerenciamento de herbários. Os dados foram obtidos da coleção UFACPZ e de herbários que mantêm duplicatas dessa mesma coleção e apresentam informações mais recentes dos espécimes. Essas informações foram acessadas por meio da plataforma speciesLink, a qual é utilizada por diversos herbários e proporciona atualizações diárias das coleções (CANHOS et al., 2022).

Neste estudo, as famílias Asteraceae, Burseraceae, Lauraceae e Rubiaceae foram objeto de revisão. Essa seleção decorreu do elevado volume de registros, os quais necessitavam de identificações mais recentes. Exsicatas eventualmente ausentes no banco de dados foram incorporadas. Os campos que passaram por atualizações e preenchimento compreendem: o nome da espécie (epíteto genérico, epíteto específico e autor), o determinador (quem realizou a identificação) e a data da determinação (dia, mês e ano).

Inicialmente, executou-se o registro fotográfico do material botânico, com as amostras dispostas em uma caixa de madeira, iluminada internamente. Uma câmera era posicionada acima da caixa, enquanto um pano preto era colocado abaixo da exsicata. Junto à amostra, uma escala métrica (régua graduada) era posicionada. Após a captura das imagens, estas foram integradas ao Brahms, em conformidade com cada respectivo registro.

A fim de efetuar a atualização dos registros no Brahms, somente os campos no banco de dados que apresentavam informações desatualizadas ou incorretas foram modificados. A pesquisa foi conduzida mediante a utilização do nome do coletor, número de coleta e ano de coleta como parâmetros de busca. Ao exibir os resultados, outras informações, como as de localização, eram consideradas para confirmar a natureza de uma duplicata do espécime.

Com a avaliação dos resultados, o espécime com a determinação mais recente, estabelecida por especialistas, era selecionado e os campos pertinentes eram então complementados. Posteriormente, para retificar os nomes científicos dos espécimes, o site Flora e Funga do Brasil foi empregado. Nesse processo, incorreções ortográficas e sinônimos eram identificados e corrigidos.

Subsequentemente, os dados referentes às famílias foram submetidos a uma análise por meio de estatística descritiva, com o propósito de examinar a evolução das determinações realizadas por especialistas botânicos e a quantidade de informações atualizadas. Este procedimento envolveu a enumeração de: registros, espécimes submetidos a determinação, espécimes pendentes de determinação, determinações efetuadas a nível de gênero e determinações realizadas a nível de espécie.

Adicionalmente, foram calculados a porcentagem das determinações dentro da família, o valor máximo de anos decorridos até uma determinação e a média de anos necessária para efetuar a determinação. Além disso, realizou-se uma contagem de registros previamente identificados com família, gênero e espécie, tanto antes quanto após as atualizações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados um total de 2002 espécimes pertencentes às quatro famílias. Entre estes, as determinações realizadas ao nível de espécie tiveram um acréscimo no banco de dados, indo de 1028 para 1509. Isso, por sua vez, levou a um aumento na

proporção de registros identificados (gênero e/ou espécie) para 85%. Os desdobramentos específicos para cada família estão documentados na Tabela 1.

Tabela 1 - contagens e análises feita das famílias após a atualização.

	Famílias				Total
	Asteraceae	Burseraceae	Lauraceae	Rubiaceae	
Número de registros	234	270	337	1161	2002
Identificados	171	265	236	1103	1775
Sem identificação	59	5	149	771	984
Percentual de identificados	75%	98%	70%	95%	85%
Maior número de anos para identificação	26	42	36	37	42
Média de anos para identificação	6	9	4	13	8
Identificados apenas com Gênero	33	4	30	199	266
Identificados a nível de Espécie	138	261	206	904	1509

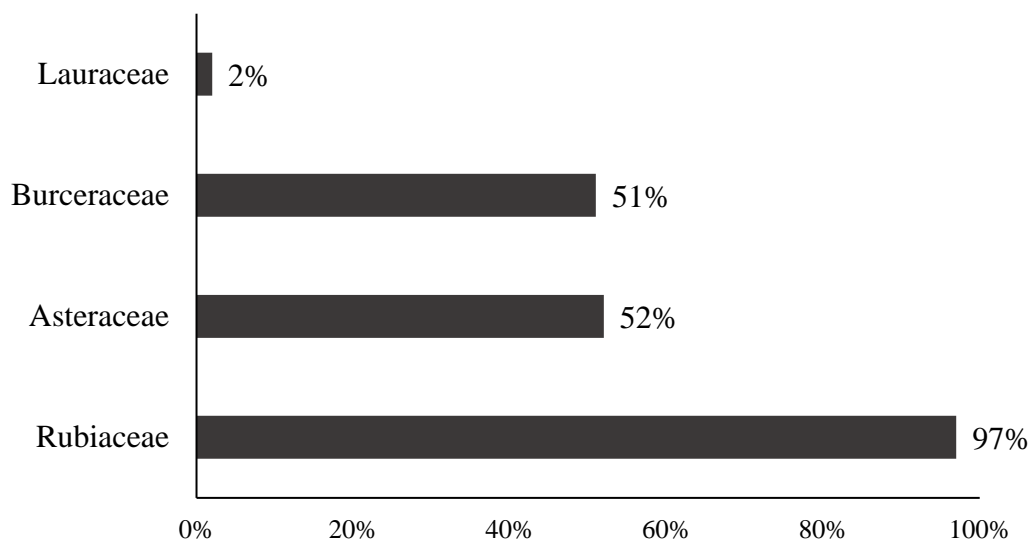
Dentre os registros que passaram por atualização, uma parcela substancial não possuía determinações além do nível de família. A razão para a atualização variava, englobando situações em que os dados estavam inicialmente designados como uma espécie distinta, bem como casos em que faltavam informações como o autor da espécie, o determinador e a data. Algumas correções envolveram ajustes de digitação, enquanto outras implicaram na substituição dos nomes científicos por espécies aceitas, em detrimento de sinônimos. Além disso, houve determinações que não continham informações de data e outras que necessitavam de correções ortográficas. Foi observado ainda que algumas correções se aplicavam a registros de outras famílias.

Foram capturadas imagens das exsicatas que ainda não estavam documentadas no banco de dados do UFACPZ. No total, 1395 fotografias foram incorporadas ao Brahm's, representando 70% das famílias analisadas. Em termos específicos, a Asteraceae contou com 122 fotos, a Burseraceae com 139, a Lauraceae com 8 e a Rubiaceae com 1126.

No nível individual, as famílias apresentam as seguintes proporções de registros fotográficos: 52% de 234 registros para Asteraceae; 51% do total de 270 registros para Burseraceae; Rubiaceae, com 1161 espécimes, conta com 97% dos exemplares

fotografados. Quanto à Lauraceae, a qual soma 337 registros no banco de dados, apenas 2% foram fotografados. Esta baixa porcentagem decorre da ausência de algumas amostras na coleção do herbário (Figura 1).

Figura 1 - Percentual de amostras (exsicatas) fotografados para as famílias botânicas Asteraceae, Burceraceae, Lauraceae e Rubiaceae do Herbário UFACPZ.



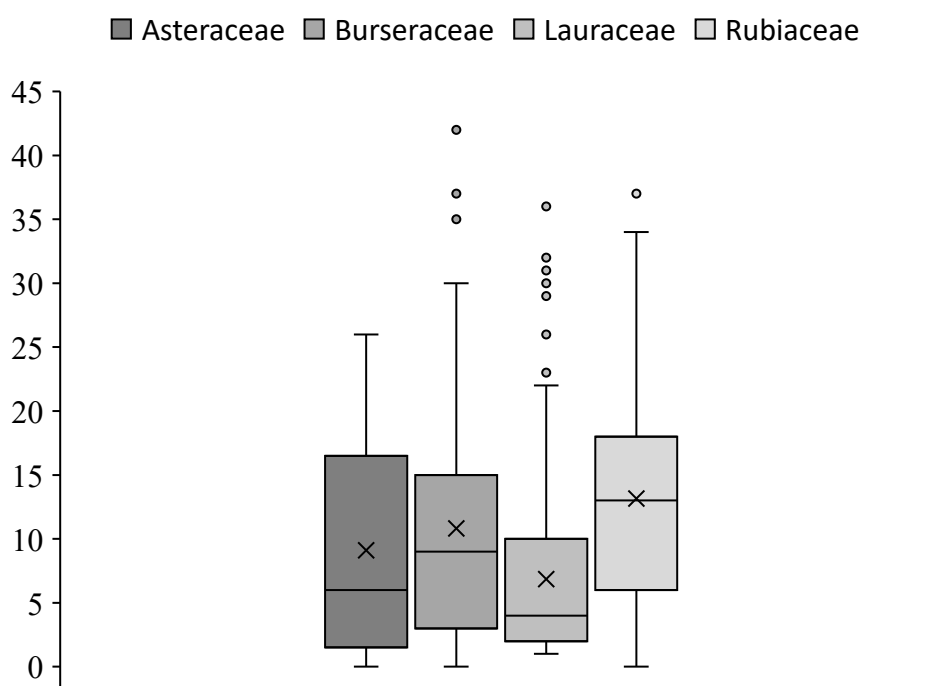
Devido às operações de rotina dos herbários, uma parcela considerável dos espécimes da coleção é emprestada a outras instituições a fim de pesquisa. Ademais, um elemento adicional que poderia ter impactado na proporção de fotografias, a qual está abaixo de 100% para cada família, reside no fato de que certos espécimes podem estar em fase de quarentena ou passando por processos de desfunga, visando a preservação adequada de cada amostra.

Uma das transformações e desafios mais marcantes no século XXI para as coleções biológicas reside na digitalização, que exige a fotografar exsicata a exsicata, além da disponibilização das informações textuais correspondentes (SCHERER et al., 2017). A imagem assume um papel de significância histórica, ao ilustrar como a coleção liga ciência e trajetória temporal. A relevância da digitalização e da disponibilização de dados em plataformas específicas está em sua capacidade de diminuir a necessidade de envio de material botânico, o qual, em determinados casos, pode ocasionar danos às amostras (SILVA, 2015). Adicionalmente, a virtualização desses materiais amplia o seu acesso para propósitos de investigação científica, enfatizando a importância de incorporar

os registros de herbário nas bases de dados online (PEIXOTO et al., 2009; MACHADO; BARBOSA, 2010).

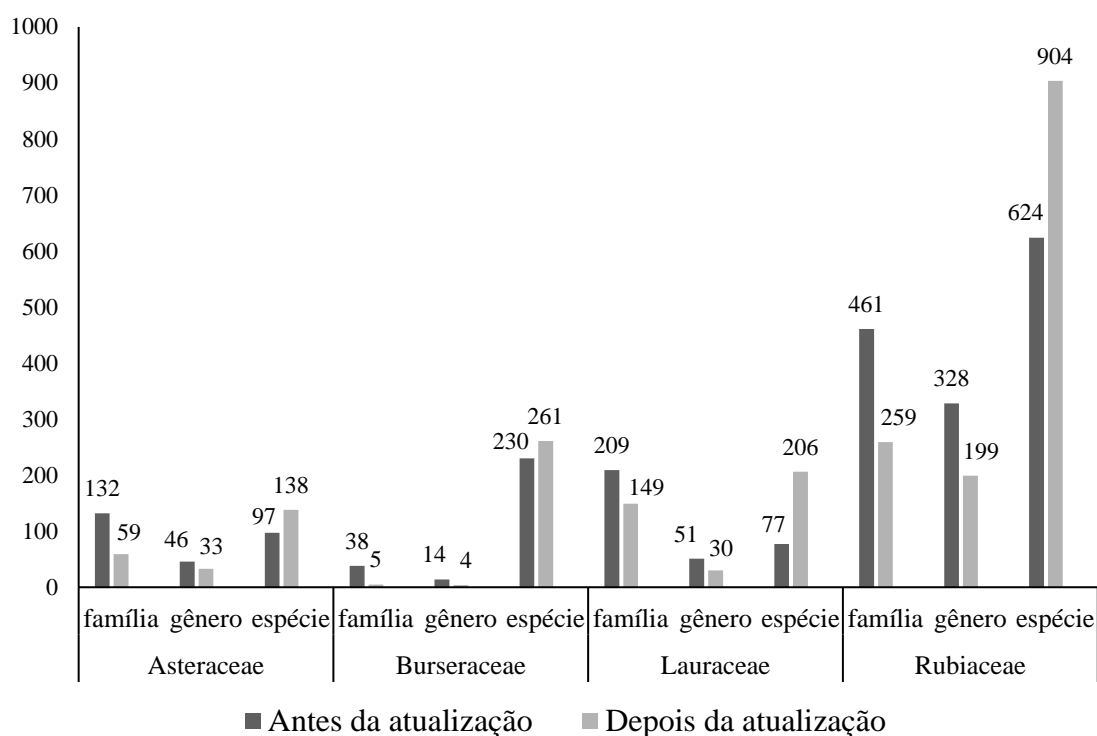
Os dados apresentaram uma notável dispersão no que diz respeito ao intervalo de anos transcorridos entre a coleta e a determinação, não se revelando nenhum padrão discernível. Inúmeros espécimes demandaram décadas para serem alvo de uma determinação. Chama a atenção o fato de que um registro demandou 42 anos para ser plenamente identificado, o que realça a limitada disponibilidade de especialistas e o número reduzido de visitas à instituição. A análise detalhada da distribuição temporal para a realização das determinações pode ser apreciada na Figura 2.

Figura 2 - Distribuição do tempo (anos) para a determinação das amostras botânicas estudadas para as famílias Asteraceae, Burseraceae, Lauraceae e Rubiaceae do Herbário UFACPZ.



Houve um incremento no número de registros, com as quatro famílias passando de 1919 para 2002 registros, com um acréscimo de 5 para Asteraceae, 2 para Burseraceae e 80 para Rubiaceae (Lauraceae não teve adição de registros). Em todos os conjuntos de dados, as determinações realizadas apenas até o nível de família e gênero apresentaram uma redução, cedendo espaço para determinações até o nível de espécie. A comparação entre as determinações nos níveis de família, gênero e espécie, antes e após a atualização, pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3 - Registros identificados apenas com Família, Gênero e a nível de Espécie antes e depois da atualização para as famílias Asteraceae, Burseraceae, Lauraceae e Rubiaceae do Herbário UFACPZ.



A identificação a nível de espécie, em contraponto a família ou gênero, detém uma importância crucial devido à precisão taxonômica e à riqueza informativa que proporciona. Isso viabiliza uma compreensão mais minuciosa da biodiversidade, contribui para investigações científicas acuradas, facilita identificações e estudos futuros, além de assegurar registros históricos fidedignos da flora, ampliando a utilidade e o valor dos acervos botânicos ao longo do tempo (CANHOS et al., 2022; WÄLDCHEN et al., 2022).

Em sintonia com outros herbários, o UFACPZ engaja-se no intercâmbio e envio de espécimes, o que por si só simplifica o acesso do especialista à amostra, permitindo a eventual reavaliação taxonômica. Contudo, a digitalização dos dados têm sido elementos essenciais para aprimorar a precisão das identificações e das informações. O método empregado neste estudo revelou-se não apenas eficaz, mas também vital para atualizar o acervo botânico do Herbário UFACPZ. Dada a extensão da coleção, a disponibilidade limitada de funcionários ativos e a frequência reduzida de visitas de especialistas, é recomendável estender atividades similares às outras famílias botânicas nas coleções científicas. Além disso, a continuação da digitalização dos herbários, através da fotografia das exsicatas, proporcionará uma acessibilidade ampliada a pesquisadores e interessados, minimizando riscos de danos ou perdas do material e garantindo acesso aos espécimes.

CONCLUSÃO

A implementação de recursos como as plataformas digitais (herbários virtuais), oferece uma via prática para que taxonomistas acessem os exemplares, ao mesmo tempo em que reduz o ônus financeiro (ainda que nem sempre solucione a determinação de uma amostra), favorecendo a atualização de uma coleção e reduzindo o prazo de determinação dos espécimes mantidos na coleção, garantindo sua conformidade com as novas nomenclaturas. Isso contribuirá para aprimorar a qualidade das informações para pesquisas, servindo à comunidade científica nacional e internacional.

REFERÊNCIAS

- AVETISYAN, A.; ALOYAN, T.; ISKANDARYAN, A.; HARUTYUNYAN, M.; JAAKOLA, L.; MELIKYAN, A. Distribution of biodiversity of wild beet species (Genus *Beta* L.) in Armenia under ongoing climate change conditions. **Plants**, v. 11, n. 19, p. 1-24, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11192502>.
- BEDAIR, H.; SHALTOUT, K.; HALMY, M. W. A. A critical inventory of the mediterranean endemics in the egyptian flora. **Biodiversity and Conservation**, v. 32, n. 1, p. 1327–1351, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02555-5>.
- BODHWANI, V.; ACHARJYA, D. P.; BODHWANI, U. Deep residual networks for plant identification. **Procedia Computer Science**, v. 152, n. 1, p. 186-194, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.05.042>.
- BORSCH, T.; STEVENS, A. D.; HÄFFNER, E.; GÜNTSCH, A.; BERENDSOHN, W. G.; APPELHANS, M. S.; BARILARO, C.; BESZTERI, B.; BLATTNER, F. R.; BOSSDORF, O.; DALITZ, H.; DRESSLER, S.; DUQUE-THÜS, R.; ESSER, H. J.; FRANZKE, A.; GOETZE, D.; GREIN, M.; GRÜNERT, U.; HELLWIG, F.; HENTSCHEL, J.; HÖRANDL, E.; JANßEN, T.; JÜRGENS, N.; KADEREIT, G.; KARISCH, T.; KOCH, M. A.; MÜLLER, F.; MÜLLER, J.; OBER, D.; POREMBSKI, S.; POSCHLOD, P.; PRINTZEN, C.; RÖSER, M.; SACK, P.; SCHLÜTER, P.; SCHMIDT, M.; SCHNITTLER, M.; SCHOLLER, M.; SCHULTZ, M.; SEEBER, E.; SIMMEL, J.; STILLER, M.; THIV, M.; THÜS, H.; TKACH, N.; TRIEBEL, D.; WARNKE, U.; WEIBULAT, T.; WESCHE, K.; YURKOV, A.; ZIZKA, G. A complete digitization of German herbaria is possible, sensible and should be started now. **Research Ideas and Outcomes**, v. 6, n. 1, p. 1-27, 2020. <https://doi.org/10.3897/rio.6.e50675>.
- CANHOS, D. A. L.; ALMEIDA, E. A. B.; ASSAD, A. L.; BUSTAMANTE, M. M. da C.; CANHOS, V. P.; CHAPMAN, A. D.; GIOVANNI, R. de; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; LOHMANN, L. G.; MAIA, L. C.; MILLER, J. T.; NELSON, G.; PETERSON, A. T.; PIRANI, J. R.; SOUZA, S. de STEHMANN, J. R.; THIERS, B. SpeciesLink: rich data and novel tools for digital assessments of biodiversity. **Biota Neotropica**, v. 22, n. 1, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1394>.
- CANHOS, D. A. L.; ALMEIDA, E. A. B.; ASSAD, A. L.; BUSTAMANTE, M. M. DA C.; CANHOS, V. P.; CHAPMAN, A. D.; GIOVANNI, R. de; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; LOHMANN, L. G.; MAIA, L. C.; MILLER, J. T.; NELSON, G.; PETERSON, A. T.; PIRANI, J. R.; SOUZA, S. de; STEHMANN, J. R.; THIERS, B. speciesLink: rich data and novel tools for digital assessments of biodiversity. **Biota Neotropica**, v. 22, p. 1-15, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1394>.
- COLON, J.; TIERNAN, N.; OLIPHANT, S.; SHIRAJEE, A.; FLICKINGER, J.; LIU, H.; FRANCISCO-ORTEGA, J.; MCCARTNEY, M. Bringing botany into focus: addressing plant blindness in undergraduates through an immersive botanical experience. **BioScience**, v. 70, n. 10, p. 887-900, 2020. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa089>.

DARU, B. H.; BOWMAN, E. A.; PFISTER, D. H.; ARNOLD, A. E. A novel proof of concept for capturing the diversity of endophytic fungi preserved in herbarium specimens. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 374, n. 1763, p. 1-10, 2019. <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0395>.

DAVIS, C. C. The herbarium of the future. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 38, n. 5, p. 412-423, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.11.015>.

HEBERLING, J. M.; PRATHER, L. A.; TONSOR, S. J. The changing uses of herbarium data in an era of global change: An overview using automated content analysis. **BioScience**, v. 69, n. 10, p. 812-822, 2019. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz094>.

HOCHKIRCH, A.; SAMWAYS, M. J.; GERLACH, J.; BÖHM, M.; WILLIAMS, P.; CARDOSO, P.; CUMBERLIDGE, N.; STEPHENSON, P. J.; SEDDON, M. B.; CLAUSNITZER, V.; BORGES, P. A. V.; MUELLER, G. M.; PEARCE-KELLY, P.; RAIMONDO, D. C.; DANIELCZAK, A.; DIJKSTRA, K. D. B. A strategy for the next decade to address data deficiency in neglected biodiversity. **Conservation Biology**, v. 35, n. 2, p. 502-509, 2021. <https://doi.org/10.1111/cobi.13589>.

HOPKINS, M. J. G. Are we close to knowing the plant diversity of the Amazon? **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 3, p. 1-7, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201920190396>.

KATES, H. R.; DOBY, J. R.; SINISCALCHI, C. M.; LAFRANCE, R.; SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S.; GURALNICK, R. P.; FOLK, R. A. The effects of herbarium specimen characteristics on short-read ngs sequencing success in nearly 8000 specimens: old, degraded samples have lower dna yields but consistent sequencing success. **Frontiers in plant science**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.669064>.

LE, D. T.; ZHANG, Y. Q.; XU, Y.; GUO, L. X.; RUAN, Z. P.; BURGESS, K. S.; GE, X. J. The utility of DNA barcodes to confirm the identification of palm collections in botanical gardens. **Plos one**, v. 15, n. 7, p. 1-14, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235569>.

LUTIO, R. de; PARK, J. Y.; WATSON, K. A.; D'ARONCO, S.; WEGNER, J. D.; WIERINGA, J. J.; TULIG, M.; PYLE, R. L.; GALLAHER, T. J.; BROWN, G.; GUYMER, G.; FRANKS, A.; RANATUNGA, D.; BABA, Y.; BELONGIE, S. J.; MICHELANGELI, F. A.; AMBROSE, B. A.; LITTLE, D. P. The Herbarium 2021 Half-Earth Challenge Dataset and Machine Learning Competition. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.787127>.

MACHADO, S. R.; BARBOSA, S. B. **Herbário Botu: “Irina Delanova Gemtchujnicov”** manual de procedimentos. São Paulo, 2010. Disponível em: https://www1.libb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/Herbario/Manual_Herbario_BOTU.pdf. Acesso em 13 maio 2023.

NEVILL, P. G.; ZHONG, X.; TONTI-FILIPPINI, J.; BYRNE, M.; HISLOP, M.; THIELE, K.; LEEUWEN, S. van; BOYKIN, L. M.; SMALL, I. Large scale genome skimming from herbarium material for accurate plant identification and phylogenomics. **Plant Methods**, v. 16, n. 1, p. 1-8, 2020. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0534-5>.

PEIXOTO, A. L.; BARBOSA, M. R. D. V.; CANHOS, D. A. L.; MAIA, L. C. **Coleções botânicas: objetos e dados para a ciência**. In: GRANATO, M.; RANGEL, M. F. (org.) **Cultura material e patrimônio da ciência e tecnologia**. Museu da Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro, 2009, p. 315-326. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/930>. Acesso em: 13 maio 2023.

ROCCHETTI, G. A.; ARMSTRONG, C. G.; ORSENIGO, T. A. S.; JASPER, C.; JOLY, S.; BRUNEAU, A.; ZYTARUK, M.; VAMOSI, J. C. Reversing extinction trends: new uses of (old) herbarium specimens to accelerate conservation action on threatened species. **New Phytologist**, v. 230, n. 1, p. 433-450, 2020. <https://doi.org/10.1111/nph.17133>.

SCHERER, C.; GARCIA, M.; LÜDTKE, R. Herbário PEL/UFPEL: uma importante coleção vegetal. In: BACHETINI, A. L.; LEAL, N. M. P. M. (org.). **Anais da Semana dos Museus da UFPEL: 2015, 2016**,

2017. Pelotas: UFPel, 2017. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/6756>. Acesso em: 13 maio 2023.

SCHOCH, C. L.; CIUFO, S.; DOMRACHEV, M.; HOTTON, C. L.; KANNAN, S.; KHOVANSKAYA, R.; LEIPE, D.; MCVEIGH, R.; O'NEILL, K.; ROBBERTSE, B.; SHARMA, S.; SOUSSOV, V.; SULLIVAN, J. P.; SUN, L.; TURNER, S.; KARSCH-MIZRACHI, I. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. **Database**, v. 2020, n. 1, p. 1-21, 2020. <https://doi.org/10.1093/database/baaa062>.

SETIAWAN, E.; DARNAEDI, D.; RACHMAN, I.; TRIONO, T.; WEBB, C. O. The digital herbarium: Solutions for data collection and identification of Indonesian plant diversity. **Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi**, v. 8, n. 2, p. 203, 2020. <https://doi.org/10.24252/bio.v8i2.15697>.

SILVA, M. F. P. **Análise do esforço amostral para estudos de flora (angiospermas) no RN**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. Disponível em: <http://monografias.ufm.br/jspui/handle/123456789/1993>. Acesso em: 13 maio 2023.

SPECIESLINK. **speciesLink**. 2023. Disponível em: <https://specieslink.net/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

VAGANOV, A. V.; SHMAKOV, A. I.; SMIRNOV, S. V.; USIK, N. A.; SHIBANOVA, A. A.; KECHAYKIN, A. A.; KOSACHEV, P. A.; KOPYTINA, T. M.; ZHOLNEROVA, E. A.; MEDVEDEVA, K. E.; ZAIKOV, V. F.; SINITSYNA, T. A.; SHALIMOV, A. P.; ANTONYUK, E. V.; GUDKOVA, P. D.; DMITRIEV, D. A.; BATKIN, A. A.; KASATKIN, D. E.; BELKIN, D. L. Virtual Herbarium ALTB: collection of vascular plants of the Altai Mountain Country. **Biodiversity Data Journal**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2021. <https://doi.org/10.3897/BDJ.9.e67616>.

VERMA, A. K.; NAYAK, R.; MANIKA, N.; BARGALI, K.; PANDEY, V. N.; CHAUDHARY, L. B.; BEHERA, S. K. Monitoring the distribution pattern and invasion status of *Ageratina adenophora* across elevational gradients in Sikkim Himalaya, India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 195, n. 1, p. 152, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10549-z>.

WÄLDCHEN, J.; WITTICH, H. C.; RZANNY, M.; FRITZ, A.; MÄDER, P. Towards more effective identification keys: A study of people identifying plant species characters. **People and Nature**, v. 4, n. 6, p. 1603-1615, 2022. <https://doi.org/10.1002/pan3.10405>.

ZANI, G.; LOW, J. Botanical priming helps overcome plant blindness on a memory task. **Journal of Environmental Psychology**, v. 81, n. 1, p. 101-108, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101808>.