

Coleções botânicas e micológicas: O papel do Herbário Anders Fredrik Regnell (AFR) na conservação da flora e funga do sul de Minas Gerais

Botanical and mycological collections: The role of the Anders Fredrik Regnell Herbarium (AFR) in conserving the flora and funga of southern Minas Gerais, Brazil

Colecciones botánicas y micológicas: El papel del Herbario Anders Fredrik Regnell (AFR) en la conservación de la flora y funga del sur de Minas Gerais, Brasil

Jerônimo Schultz da Silva¹, Angela Liberali Pinheiro², Rafael de Souza Mendes da Silva³, Flávio Antunes de Souza⁴ e Maria Eduarda de Oliveira Mariano⁵

¹ Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas (FJBPC), Departamento Técnico Científico/ PPGCA - Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Poços de Caldas - MG, Brasil. jeronimo.silva@sou.unifal-mg.edu.br

 <https://orcid.org/0009-0001-7169-448X>

² Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas (FJBPC), Departamento Técnico Científico/ PPGCA - Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Poços de Caldas - MG, Brasil. angela.pinheiro@sou.unifal-mg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0001-8066-6934>

³ Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas (FJBPC), Departamento Técnico Científico/ PPGCA - Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Poços de Caldas - MG, Brasil. rafael.souza@sou.unifal-mg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-8214-2699>

⁴ Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas (FJBPC), Departamento Técnico Científico, Poços de Caldas - MG, Brasil. flavioantunes.sza@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0004-1326-5443>

⁵ P55PGB - Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento, Alfenas - MG, Brasil. mariadudamariano@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0008-5072-2673>

Recebido: 14/07/2025; Aceito: 03/09/2025; Publicado: 11/10/2025

Resumo: O Herbário AFR, vinculado à Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas, é um acervo estratégico para a documentação e pesquisa da flora e funga do Planalto de Poços de Caldas. Este estudo foca na trajetória, composição e contribuições científicas do Herbário AFR, destacando seus métodos de preservação, processos de digitalização e seu papel na conservação da flora e funga. Com 7.800 espécimes em cinco coleções (exsicatas, *Spirit*, carpoteca, fungoteca e macroalgas), abriga mais de 1.800 espécies, incluindo endêmicas e ameaçadas. O processo de digitalização via plataforma JABOT e integração com *speciesLink* e Reflora ampliaram o acesso aos dados. Limitações incluem viés geográfico (concentração em áreas urbanas) e flutuações no esforço de coleta. O Herbário AFR contribui para políticas públicas, mantendo uma lista atualizada de espécies ameaçadas e promovendo educação ambiental. Apesar do porte modesto, é vital para estudos regionais, fortalecendo a conservação da biodiversidade e as decisões ambientais no Sul de Minas Gerais.

Palavras-chave: Coleções botânicas, Acervos, Taxonomia, Sistemas de curadoria, Documentação da biodiversidade.

Abstract: The AFR Herbarium, linked to the Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas, is a strategic collection for documenting and researching the flora and fungi of the Planalto de Poços de Caldas region. This study focuses on the herbarium's trajectory, composition, and scientific contributions, emphasizing its preservation methods, digitization processes, and role in flora and fungi conservation. With 7,800 specimens across five collections (dried specimens, spirit-preserved samples, carpological collection, fungarium, and macroalgae), the herbarium contains over 1,800 species, including endemic and threatened taxa. Digitization efforts through the JABOT platform, along with integration into *speciesLink* and Reflora, have significantly improved data accessibility. Limitations include geographic bias (concentration in urban areas) and fluctuations in collection efforts. The AFR Herbarium supports public policies by maintaining an updated list of threatened species and promoting environmental education. Despite its modest size, it plays a vital role in regional studies, strengthening biodiversity conservation and environmental decision-making in Southern Minas Gerais.

Keywords: Botanical collections; Collections; Taxonomy; Curation systems; Biodiversity documentation.

Resumen: El Herbario AFR, vinculado a la Fundación Jardín Botánico de Poços de Caldas, es un acervo estratégico para la documentación e investigación de la flora y fungi del Planalto de Poços de Caldas. Este estudio se centra en la trayectoria, composición y contribuciones científicas del Herbario AFR, destacando sus métodos de preservación, procesos de digitalización y su papel en la conservación de la flora y fungi. Con *7,800 especímenes en cinco colecciones (exsicatas, material en líquido, carpoteca, fungoteca y macroalgas), alberga más de 1,800 especies, incluyendo taxones endémicos y amenazados. La digitalización mediante la plataforma JABOT y su integración con *speciesLink* y Reflora han ampliado el acceso a los datos. Las limitaciones incluyen sesgo geográfico (concentración en áreas urbanas) y fluctuaciones en los esfuerzos de recolección. El Herbario AFR contribuye a políticas públicas, manteniendo una lista actualizada de especies amenazadas y promoviendo la educación ambiental. A pesar de su tamaño modesto, es vital para estudios regionales, fortaleciendo la conservación de la biodiversidad y las decisiones ambientales en el sur de Minas Gerais.

Palabras clave: Colecciones botánicas; Acervos; Taxonomía; Sistemas de gestión de colecciones; Documentación de la biodiversidad.

1. Introdução

Herbários são coleções biológicas cruciais para a sistemática e conservação, servindo como repositórios do conhecimento botânico e micológico (Gasper *et al.*, 2020). Fornecem informações valiosas sobre a biota, a distribuição geográfica de espécies e as mudanças na biodiversidade ao longo do tempo, subsidiando pesquisas em morfologia, taxonomia, fenologia, ecologia, biogeografia, genética, conservação e mudanças climáticas. Esses acervos preservam testemunhos físicos da diversidade biológica, permitindo análises históricas e geográficas, além de serem fundamentais para o estabelecimento da nomenclatura dos grupos taxonômicos (Dias *et al.*, 2020; Marín-Rodulfo *et al.*, 2024).

A unidade fundamental desses acervos é a exsicata, que materializa o registro da flora e fungi de uma determinada localidade, região ou país em um período específico (Silva; Almeida-Junior; Valle, 2020). Consultas a esses registros históricos permitem, por exemplo, conhecer a composição da biota preterita, que pode ter sido alterada ou até mesmo suprimida, auxiliando na compreensão da dinâmica da vegetação e do impacto antrópico sobre os ecossistemas (Dias *et al.*, 2020).

No Brasil, país megadiverso, os herbários desempenham um papel estratégico na documentação e conservação da flora e fungi, especialmente em regiões consideradas lacunas de amostragem, como o Planalto de Poços de Caldas (Campos; Bovini; Peixoto, 2021; Gasper *et al.*, 2020). Situada na divisa entre os estados de Minas Gerais e São Paulo, esta região montanhosa abriga ecossistemas singulares, como campos de altitude e afloramentos rochosos, caracterizados por elevadas taxas de endemismo e pela presença de espécies ameaçadas de extinção (Williams *et al.*, 2023).

Neste contexto, o Herbário Anders Fredrik Regnell (AFR), pertencente à Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas, foi fundado com o propósito de inventariar e conservar a flora e fungi regionais. Ao longo dos anos, o AFR tem expandido seu acervo físico e digital, consolidando-se como uma referência para o conhecimento da biodiversidade local (Williams e Teodoro, 2015). Seus registros foram fundamentais para o desenvolvimento de estudos, como por exemplo, sobre a ocorrência de espécies da família Orchidaceae em Campos de Altitude de Poços de Caldas (Moraes *et al.*, 2024).

Tendo em vista o explanado, o presente artigo tem como objetivos: (a) apresentar o histórico e a composição do herbário AFR, (b) descrever suas contribuições científicas e métodos de preservação, e (c) discutir seu papel na

conservação da biodiversidade e no apoio a políticas públicas ambientais. Adicionalmente, destacamos a importância da digitalização de seu acervo para ampliar o acesso aos dados e fomentar pesquisas interdisciplinares.

2. Materiais e Métodos

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa-descritiva, complementada por dados quantitativos para analisar a extensão e diversidade do acervo AFR, seus métodos de preservação e sua divulgação digital. Essa abordagem mista permite uma análise abrangente ao combinar descrição detalhada com métricas concretas que respaldam a relevância da coleção.

A metodologia foi estruturada em três etapas principais: levantamento documental, análise do acervo físico e digital, e sistematização dos dados em categorias descritivas e estatísticas. Inicialmente, realizou-se uma análise de documentos institucionais e registros históricos sobre a fundação do herbário e desenvolvimento de atividades desde sua criação em 2010. Também foram consultadas publicações científicas que utilizaram o herbário AFR como fonte de dados para trabalhos relacionados à conservação da flora, destacando a importância de sua atuação na catalogação da biodiversidade.

Os dados referentes às coleções depositadas no herbário AFR foram extraídos, via consulta da plataforma digital JABOT (Sistema de gerenciamento de acervos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro), a qual hospeda a base de dados AFR em um sistema online. As análises iniciaram em 2024, considerando todos os registros do acervo que datam de 1993 a 2025, sendo finalizadas em junho de 2025. Foram considerados os seguintes grupos de coleção: Exsicatas (espécimes botânicos prensadas e secas), Spirit (material floral em meio líquido), Carpoteca (frutos secos ou conservados em líquido), Fungoteca (espécimes fúngicos e líquens desidratados), e Macroalgas (organismos bentônicos fixos) evidenciados na Figura 1.



Figura 1. Representação das coleções presentes no Herbário AFR 1A. Organização coleção de exsicatas 1B. Estruturas florais na coleção Spirit (em meio líquido). 1C. Espécimes presentes na coleção fúngica. 1D. Sementes presentes na coleção da Carpoteca. Fonte: Autores, 2025.

Todas as coleções foram revisadas em relação à nomenclatura científica, a nível de família, gênero e espécie utilizando as plataformas Flora e Funga do Brasil (Reflora, 2025), *Plants of the World Online* (Kew Science, 2025) e, para fungos e macroalgas, *Index Fungorum* (2025) e *AlgaeBase* (Guiry e Guiry, 2025), respectivamente.

Para cada coleção, foram sistematizados os seguintes parâmetros: número total de espécimes; número de famílias, gêneros e espécies; e número de espécies ameaçadas e endêmicas do Brasil, de acordo com as categorias da Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza IUCN (2025), do Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora), e da Portaria do Ministério do Meio Ambiente N° 148 de 7 de junho de 2022. Os dados obtidos foram organizados em tabelas e gráficos, permitindo a análise da representatividade taxonômica das coleções e a identificação dos principais grupos botânicos e micológicos documentados.

Além da análise descritiva, com o objetivo de representar graficamente a composição taxonômica da coleção de exsicatas e destacar as famílias botânicas mais frequentes no acervo, foi realizada uma análise exploratória de frequência com posterior geração de uma nuvem de palavras. Os dados utilizados foram extraídos de uma planilha contendo o número de espécimes por família botânica, previamente organizada no formato .csv, com duas colunas: nome da família botânica e quantidade de espécimes.

Para tanto, adotou-se o *software R* (R Core Team, 2023), por meio dos pacotes *ggplot2* (Wickham, 2016) e *ggwordcloud* (Rinker, 2023). A escolha por esses pacotes deve-se à sua versatilidade, reprodutibilidade, além da capacidade de manipular grandes volumes de dados textuais de forma eficiente. Após a exportação da planilha, foi utilizada a função *geom_text_wordcloud_area()*, do pacote *ggwordcloud*, que permite a distribuição espacial proporcional das palavras de acordo com suas frequências relativas, mesmo diante de grandes disparidades entre os valores (exemplo: Asteraceae com mais de mil registros). A visualização foi configurada com o fundo branco, palavras em cores aleatórias e formato circular, e a representação foi exportada em formato de imagem .jpeg.

3. Resultados e Discussão

3.1 Representatividade Taxonômica

O Herbário AFR possui mais de 7.900 espécimes, pertencentes às suas cinco coleções, catalogados e tombados na plataforma JABOT, abrangendo cerca de 1800 espécies (Tabela 1), das quais muitas são endêmicas e/ou ameaçadas de extinção.

Tabela 1. Número de registros por coleção presente no Herbário AFR.

| Coleção | Espécimes | Famílias | Gêneros | Especíes | Espécies endêmicas do Brasil | Espécies Ameaçadas |
|---------------|-----------|----------|---------|----------|------------------------------|--------------------|
| AFRExsicatas | 7137 | 169 | 840 | 1630 | 493 | 48 |
| AFRSpirit | 351 | 37 | 123 | 269 | 124 | 22 |
| AFRCarpoteca | 104 | 44 | 82 | 100 | 30 | 8 |
| AFRFungi | 228 | 24 | 39 | 36 | 0 | 0 |
| AFRMacroalgas | 101 | 35 | 49 | 50 | 1 | 0 |

Fonte: Autores, 2025.

3.1.1 AFRExsicatas

Na rotina do Herbário AFR, o material coletado e prensado em campo, destinado à formação de exsicatas, passa por secagem em temperatura média de 65Cº, onde ocorre a retirada de umidade. Posteriormente, o material é armazenado em freezer com temperatura de -12Cº onde ficam por no mínimo 20 dias para descontaminação e só assim há a montagem das exsicatas, nas quais são evidenciadas estruturas botânicas, servindo de base para diversos estudos. Os *vouchers* com as exsicatas, são armazenados de forma sistêmica dentro de armários organizados por famílias botânicas (Fig. 1A), sendo esse ambiente com temperatura (<20Cº) e umidade (<55%) controlada. O protocolo aplicado tem como base o Manual de Procedimentos para Herbários (Peixoto e Maia, 2013) adequado às condições locais, atrelado a orientações diretas da equipe do INCT-HV Herbário Virtual da Flora e Funga.

A coleção composta de exsicatas no herbário AFR atingiu a marca de 7137 espécimes herborizados e tombados em junho de 2025, pertencentes a 169 famílias botânicas, 840 gêneros e 1630 espécies. Além disso, dentre os espécimes coletados, 6535 (93,3%) são angiospermas, enquanto 12 (0,17%) e 453 (6,47%) representam pteridófitas e gimnospermas respectivamente, o que demonstra a predominância do primeiro grupo nas atividades de coleta e pesquisa. Além disso, as famílias botânicas mais representativas são Asteraceae 1126 (15,7%), Fabaceae 599 (8,4%), Poaceae 401 (5,6%), Melastomataceae 304 (4,3%) e Rubiaceae 274 (3,9%) compreendendo mais de 37% dos registros na coleção de exsicatas no Herbário AFR, a representação das famílias predominantes pode ser observada na nuvem de palavras apresentada na Figura 2.

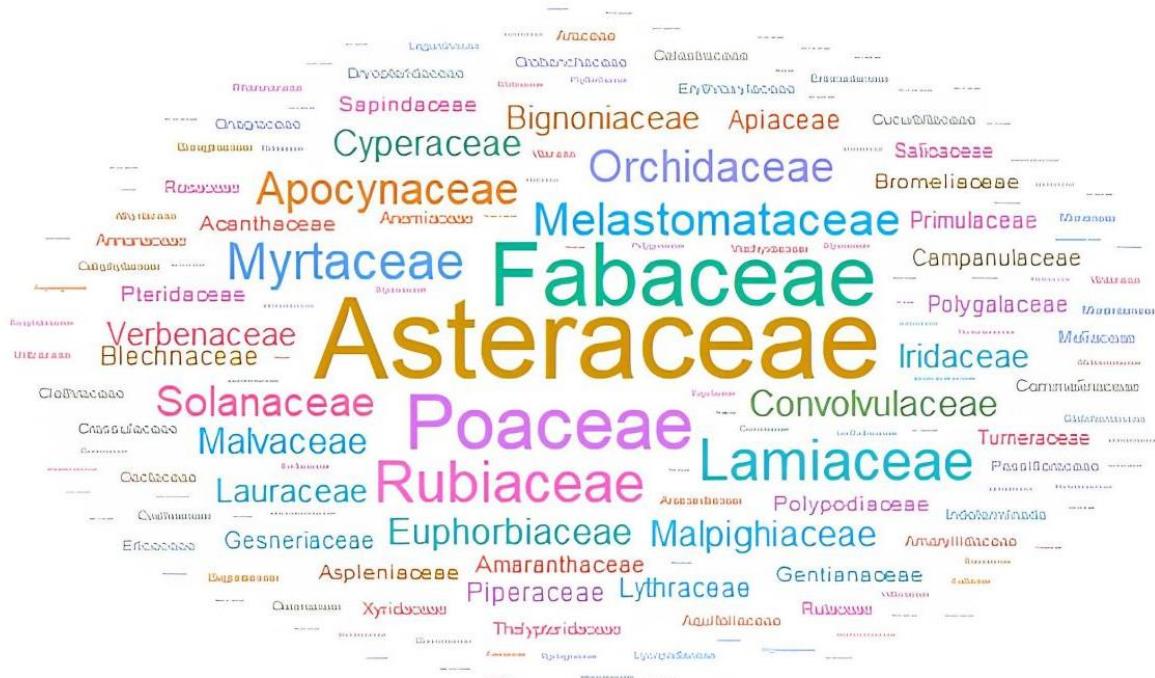


Figura 2. Frequênci a relativa das famílias botânicas registradas no Herbário AFR, em sua coleção de exsicatas, representada por nuvem de palavras proporcional ao número de espécimes. Dados de junho de 2025. Fonte: Autores, 2025.

3.1.2 AFRSpirit

Integrando o acervo AFR, a coleção *Spirit* mantém as amostras florais conservadas em meio líquido, composto por álcool 96°G.L., água destilada e glicerina, seguindo o método proposto pelo Instituto de Botânica de São Paulo de 1989, e assim armazenadas em potes de vidro do tamanho adequado a estrutura floral. Cada frasco é identificado com a etiqueta de tombamento, fornecida pelo sistema JABOT, contendo dados referentes ao espécime coletado. Apesar de conservar as estruturas florais, a solução de álcool glicerinado tem a desvantagem de despigmentar a amostra, todavia para estudos taxonômicos é um método efetivo. Além disso, a técnica de conservação em meio líquido de estruturas florais, permite o registro e a identificação da espécie sem a necessidade de remoção completa do indivíduo do ambiente natural, o que é especialmente útil nos casos em que a coleta do exemplar inteiro não é viável (ex. espécies arbóreas), ou recomendado, sobretudo para espécies raras, endêmicas e ameaçadas. Atualmente a coleção *Spirit* no Herbário AFR conta com mais de 351 espécimes, representados por 37 famílias botânicas, 123 gêneros e 269 espécies. Grande parte dos registros é proveniente das coleções vivas da FJBPC, servindo para determinar as espécies presentes sem danificar irreversivelmente os indivíduos. As famílias com maior representatividade são Orchidaceae, Cactaceae seguindo por Crassulaceae com 207 (59%), 29 (8,2%) e 25 (7,1%) registros respectivamente.

3.1.3 AFRCarpoteca

A carpoteca, é uma coleção científica composta por frutos e sementes, armazenados em meio líquido (frutos carnosos) e secos, possui função com propósitos educacionais, contribuindo para o conhecimento e compreensão acerca da flora de um determinado local (Rodrigues *et al.*, 2002; Matheus, 2020). É um importante material para a pesquisa na taxonomia, florística, estudos referentes a impactos ambientais, orientando estratégias de manejo e conservação, também promove a identificação de organismos potencialmente úteis (Matheus, 2020). Atualmente a coleção, com o acrônimo AFRCarpo, conta com 104 espécimes identificados e tombados, sendo estes pertencentes a 44 famílias botânicas, 82 gêneros e 100 espécies. A coleção AFRCarpo é composta majoritariamente por espécies arbóreas (83%), os demais espécimes que compõem a coleção são referentes a ervas (5,7%), arbustos (4,8%), palmeiras (2,8%), subarbustos (1,9%) e lianas (0,9%).

3.1.4 AFRFungi

A coleção fúngica é composta por exemplares vivos de fungos e líquens, que foram desidratados em estufa a uma temperatura de 65° C, e armazenados em sacos plásticos com presença de sílica para evitar a umidificação. Estes organismos apresentam grande variação morfológica e riqueza de espécies, com cerca de 150 mil espécies descritas, e estimativas que variam de 1.5 a 12 milhões de espécies fúngicas no mundo todo (Bhunjun *et al.*, 2022). Identificada pelo acrônimo AFRFungi, a fungoteca é atualmente composta por 228 espécimes coletados, divididos em 24 famílias, 39 gêneros e 36 espécies fúngicas. Em relação às famílias, Polyporaceae é a mais frequente, com 104 registros, representando cerca de 45,6% de todos os espécimes desta coleção, seguida de Agaricaceae, Schizophoraceae, e Steccherinaceae, com 10 (4,4%), 9 (3,9%) e 9 (3,9%) registros, respectivamente.

3.1.5 AFRMacroalga

As macroalgas são organismos bênticos, os quais, sejam efêmeros ou perenes, vivem quase toda sua vida fixos a um substrato sólido, consolidado ou não. Estes organismos, encontrados em todos os mares do planeta, possuem grande importância ecológica e são atualmente divididos em três grandes grupos, de acordo com os pigmentos que apresentam: algas verdes (Chlorophyta), algas marrons (Ochrophyta), e algas vermelhas (Rhodophyta) (Marinho-Soriano e Carneiro, 2021). Atualmente a coleção de macroalgas abrange 101 espécimes coletados em regiões litorâneas brasileiras, e obtidos por meio de doação realizada pelo Herbário Prof. Jorge Pedro Pereira Carauta - HUNI, da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Os espécimes estão divididos entre 35 famílias, 49 gêneros e 50 espécies. As famílias Rhodomelaceae, Codyaceae, e Halymeniaceae são as mais representativas, com 10 (9,9%), 9 (8,91%), e 9 (8,91%) espécimes, respectivamente.

3.2 Digitalização do Acervo

Desenvolvido pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ), o sistema JABOT representa uma solução tecnológica abrangente para a gestão de coleções botânicas no Brasil. Este sistema foi concebido como uma ferramenta estratégica para organização, armazenamento e disseminação de dados sobre espécimes vegetais, atendendo às necessidades da comunidade científica nacional (Silva *et al.*, 2017). Dentre os componentes do Sistema JABOT, o módulo Jabot-Image destaca-se como uma solução tecnológica especializada para armazenamento, gestão e disseminação de imagens digitais de amostras botânicas e fúngicas, mas principalmente exsicatas. Desenvolvido com padrões internacionais de digitalização, este módulo permite a captura, o processamento e o armazenamento de imagens em altíssima resolução, garantindo a preservação digital de espécimes vegetais com fidelidade científica (Taniguchi, 2024).

O CRIA (Centro de Referência em Informação Ambiental) é uma instituição brasileira responsável por desenvolver e manter banco de dados científicos, como o *speciesLink*, uma rede que integra informações sobre biodiversidade de coleções biológicas e instituições de pesquisa. O *speciesLink* permite o acesso livre a dados primários de espécimes presentes em acervos biológicos, facilitando pesquisas em taxonomia, ecologia e conservação (CRIA, 2025). A plataforma também apoia projetos de ciência cidadã e políticas públicas ambientais, reforçando sua relevância para a comunidade científica (Canhos *et al.*, 2015).

Em 2021 todos as informações da coleção de exsicatas do Herbário AFR foram aderidas ao sistema JABOT, em 2024 as demais coleções presentes no herbário passaram pelo mesmo processo, e no final deste mesmo ano, o Herbário AFR iniciou o processo de fotografar suas exsicatas (Figs. 3A). A digitalização vem aplicando as ferramentas JABOT Image junto ao JABOT Transfer e as imagens registradas até o momento já estão disponíveis nas plataformas JABOT, Reflora e *speciesLink* (Figs. 3B, 3C e 3D). Atualmente, o Herbário AFR apresenta mais de 7900 registros disponibilizados de forma virtual, dos quais 1250 já possuem imagens aderidas às suas informações. Desse modo, o acervo se configura como o principal conjunto de registros botânicos do Planalto de Poços de Caldas e região, o que evidencia sua grande importância para a conservação da flora brasileira.

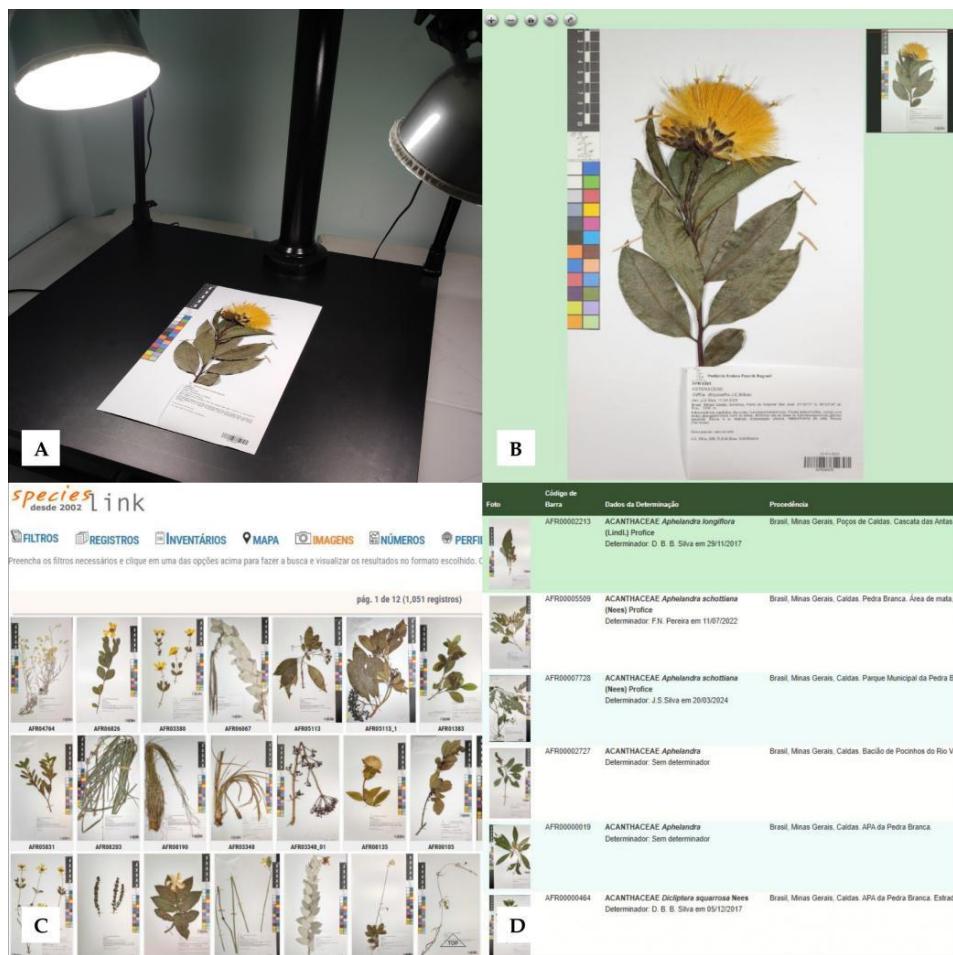


Figura 3. Etapas do processo de digitalização e disponibilização de imagens virtualmente. 3A. Exsicata de *Stiftia chrysanthra* J.C.Mikan sendo fotografada para posterior adesão ao Jabot Image. 3B. Exsicata já digitalizada e disponível no sistema Jabot ([Jabot - Consulta](#)). 3C. Interface da página virtual do *speciesLink* ([speciesLink network](#)) com registros do Herbário AFR em destaque. 3D. Interface da página virtual do Herbário Virtual Reflora ([Consulta Pública do Herbário Virtual](#)) com registros do Herbário AFR em destaque. Fonte: Autores, 2025.

3.3 Lista da Flora Ameaçada do Planalto de Poços de Caldas

As listas de espécies ameaçadas constituem ferramentas imprescindíveis para a conservação da biodiversidade, auxiliando em decisões políticas, orientando investimentos em preservação e fomentando pesquisas ecológicas. No contexto brasileiro, a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção, publicada pela Portaria MMA nº 148/2022 (Brasil, 2022), representa o mais recente marco legal para proteção da flora, seguindo os critérios da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN, 2024) e incorporando avanços metodológicos do Centro Nacional de Conservação da Flora - CNCFlora.

Neste contexto, uma das principais atividades do Herbário AFR é atualizar anualmente a lista da flora ameaçada do Planalto de Poços de Caldas e Serras Adjacentes. Trabalho este que consiste no levantamento de informações, sobre as espécies com ocorrência local, categorizadas pela União Internacional de Conservação da Natureza e o Centro Nacional de Conservação da Flora - CNCFlora, como Criticamente em Perigo (CR), Em Perigo (EN) e Vulnerável (VU). Desse modo, a partir de registros disponíveis em plataformas como o *speciesLink*, JABOT e Reflora, junto aos dados do Herbário AFR, é possível elaborar uma listagem evidenciando as espécies com risco de extinção na região. Além disso, a lista fornece outras informações como o local do registro, habitat, data da coleta, herbário de origem, coletor, forma de vida, endemismo, dentre outras informações. Tais informações servem de base para pesquisas na ecologia e botânica e ações voltadas à conservação dessas espécies.

A lista da Flora Ameaçada exclusiva da área que compõem o Planalto de Poços de Caldas no ano de 2025 conta com 39 espécies sendo 8 Criticamente em Perigo (CR), 14 Em Perigo (EN) e 17 Vulnerável (VU). A lista oficial está disponível no site da FJBPC, podendo ser acessada virtualmente em <https://jardimbotanico.pocosdecaldas.mg.gov.br/biblioteca>.

3.4 Educação Ambiental

Diversos estudos têm destacado a relevância dos herbários na promoção da educação científica e na sensibilização para a conservação da biodiversidade. Trabalhos como os de Carneiro *et al.* (2021), Nunes *et al.* (2019) e Santos (2015) evidenciam que atividades educativas vinculadas a coleções botânicas despertam o interesse de jovens e adultos pela botânica, além de fortalecerem a compreensão sobre a importância da conservação da flora e funga.

Nesse contexto, o Herbário AFR desempenha papel significativo no campo da educação ambiental por meio de ações sistematizadas e acessíveis a diferentes públicos. Dentre suas atividades de extensão, destacam-se as visitas técnicas previamente agendadas com instituições de ensino tanto do ensino básico como do ensino superior. Nessas ocasiões, os visitantes são apresentados ao funcionamento do herbário, às técnicas de conservação do acervo e à importância das coleções biológicas na pesquisa científica e na conservação da biodiversidade. A abordagem visa promover uma experiência imersiva no universo da taxonomia vegetal e da sistemática botânica, articulando teoria e prática de forma acessível e atrativa.

O centro de educação ambiental da FJBPC abriga uma exposição permanente do herbário AFR, onde parte das coleções é apresentada ao público em formatos adaptados à mediação educativa. São exibidas exsicatas emolduradas, flores preservadas em meio líquido (*Coleção Spirit*), frutos e sementes acondicionadas em uma carpoteca interativa (Fig. 4A e 4B). Esses materiais são contextualizados durante as visitas monitoradas, conduzidas pela equipe de educação ambiental da Fundação, que complementa a exposição com informações morfológicas, ecológicas e taxonômicas das espécies.

Entre as atividades práticas oferecidas, destaca-se a oficina de montagem de exsicatas (Fig. 4C e 4D), voltada principalmente para estudantes do ensino médio e superior. Nessa atividade, os participantes têm oportunidade de vivenciar todo o processo de elaboração de uma exsicata, desde as técnicas de coleta e secagem do material botânico até a montagem final e o preenchimento da etiqueta com os dados taxonômicos e ecológicos do espécime.

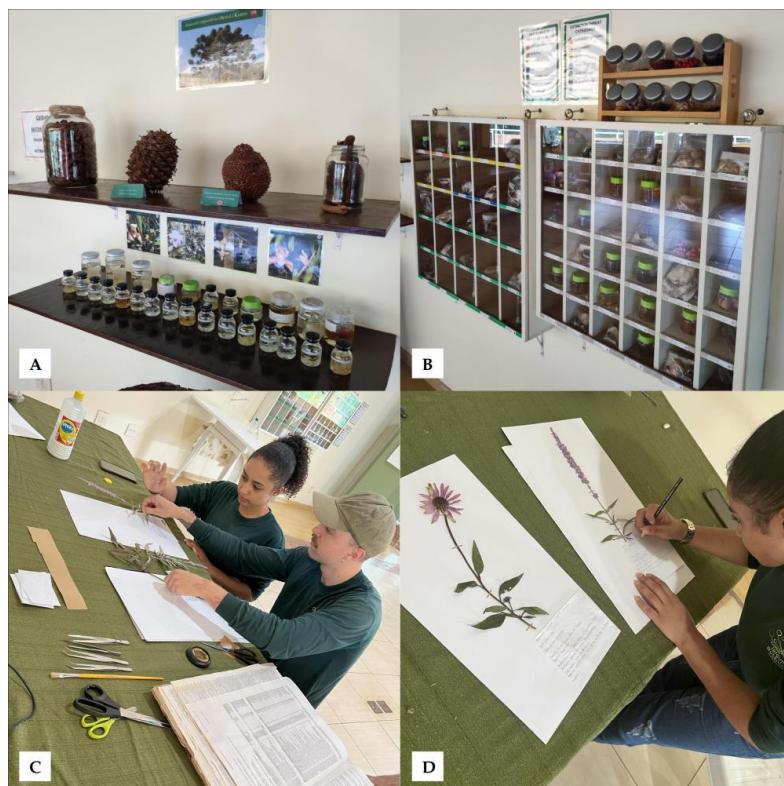


Figura 4. Atividades de educação ambiental vinculadas ao Herbário AFR. 3A e 3B. Parte das coleções expositivas no centro de visitantes da FJBPC, apresentando *Spirits* (flores em meio líquido) e frutos e sementes com classificação de grau de ameaça. 3C. e 3D. Oficina de montagem de exsicatas. Fonte: Autores, 2025.

Além das ações presenciais no espaço da FJBPC, o Herbário AFR realiza atividades externas em instituições de ensino, empresas e eventos científicos e culturais. Nessas ocasiões, a equipe do herbário promove exposições itinerantes, oficinas e palestras sobre taxonomia, diversidade florística, conservação da flora regional e o papel dos herbários como instrumentos de pesquisa e educação. Como desdobramento dessas ações, em 2024 foi produzido e publicado um livro digital gratuito, disponível para download no site institucional da FJBPC, como foco na coleção *Spirit* do herbário AFR. O material tem como principal objetivo ampliar o acesso à informação e à educação ambiental, utilizando como recurso pedagógico as flores conservadas em meio líquido. O livro apresenta uma contextualização sobre a importância científica e educativa dessa técnica de preservação, além de detalhar as principais espécies de orquídeas presentes na coleção. São abordados aspectos como ocorrência geográfica, endemismo, categoria de ameaça, morfologia floral e fenologia das espécies, destacando a representatividade das Orchidaceae no acervo e sua relevância para a conservação da flora do Planalto de Poços de Caldas.

3.5 Limitações do Acervo

Como apresentado anteriormente, as atividades do Herbário AFR possuem foco na região do planalto de Poços de Caldas. Todavia, os espécimes registrados no acervo não têm suas origens distribuídas homogeneamente sobre essa região geográfica. A Figura 5 foi gerada via plataforma *speciesLink* e ilustra claramente a densidade de registros no planalto, os quais estão concentrados próximos às regiões urbanas dos municípios de Poços de Caldas e Caldas. Para a primeira cidade, sugere-se que a aglomeração se dê em função da facilidade de acesso gerada pela proximidade do Herbário AFR e da área urbana, o que reduz o uso de recursos humanos e financeiros. Já para a segunda, além desses mesmos fatores, há o interesse particular no Parque Municipal da Pedra Branca André Regnell, que tem localização relativamente próxima à área urbana de Caldas, apresentando espécies de plantas endêmicas e tipos de vegetação diversos, ameaçados por atividades antrópicas como a agricultura e mineração (Iatchuk *et al.*, 2023).

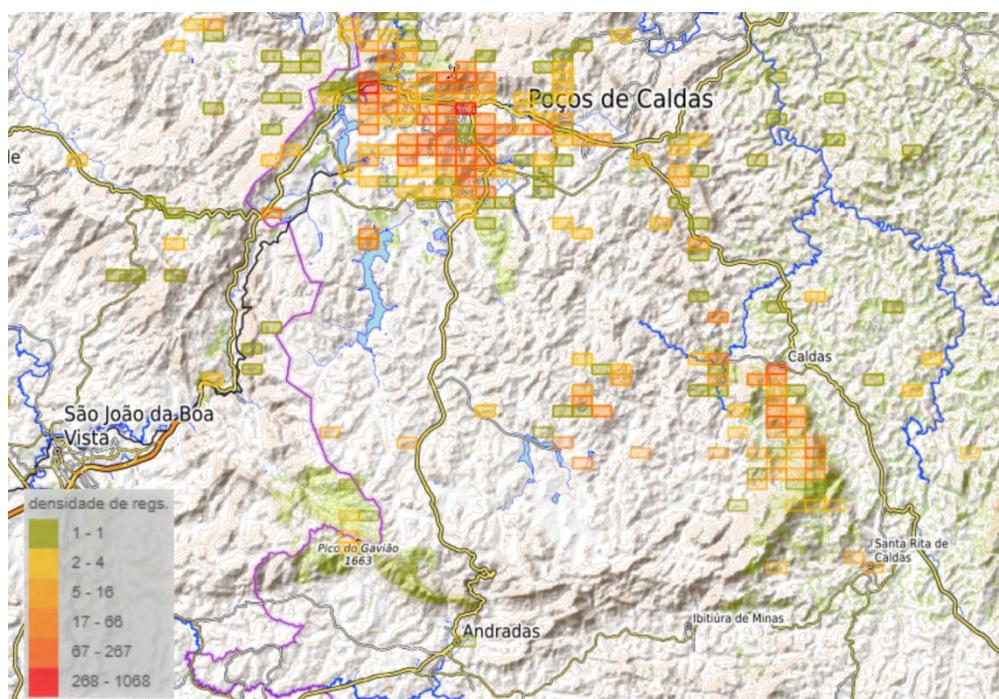


Figura 5. Mapa da densidade de registros do Herbário AFR para a região do Planalto de Poços de Caldas, obtido através da plataforma *SpeciesLink*. Fonte: *SpeciesLink*, 2025.

Outro ponto importante é a distribuição dos registros de coletas realizadas pela equipe da FJBPC ao longo do tempo, havendo uma expressiva variação numérica para cada ano (Figura 6). Sugere-se que isso ocorra em virtude da variação da disponibilidade de recursos humanos e instrumentais para as coletas, além da infraestrutura do acervo, como a viabilização de armários para armazenamento e cartolinhas para montagem de exsicatas. É importante ressaltar que na Figura 6 são apresentadas coletas que precedem a criação oficial do herbário no ano

de 2010. Embora não houvesse uma estrutura formal, é fundamental ressaltar que esses espécimes provavelmente foram armazenados de maneira minimamente adequada antes da institucionalização.

Tanto o viés temporal quanto o geográfico, anteriormente mencionados, relacionam-se em grande medida com a disponibilidade de recursos, muitas vezes escassos, para a coleta e enriquecimento de registros do herbário. Isso é compatível com os achados de Gasper (2020), que afirma que os herbários brasileiros enfrentam desafios como baixos recursos humanos e financeiros, armazenamento inadequado e falta de apoio institucional. Paralelamente, é importante ressaltar que a limitação de recursos em herbários, sobretudo os pequenos como o AFR, não é uma exclusividade brasileira, tendo sido relatada também em países como Peru (Delves *et al.*, 2023) e Estados Unidos da América (Harris e Marsico, 2017).

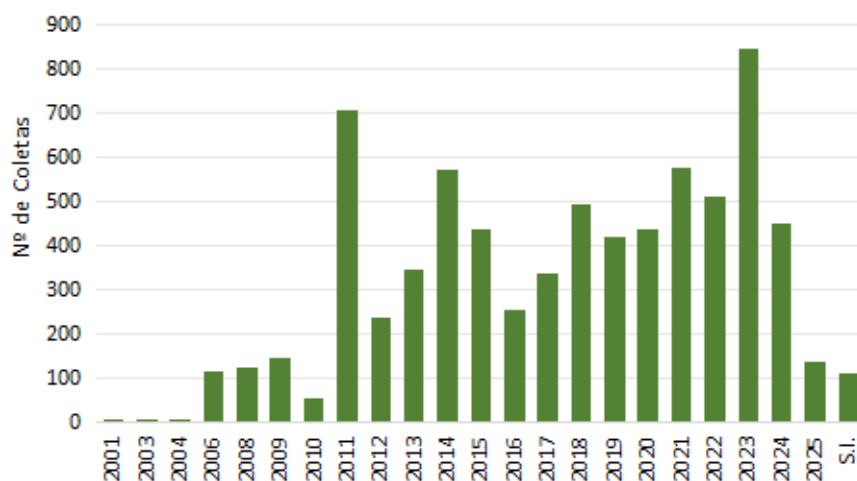


Figura 6. Gráfico da do número de registros oriundos de coletas botânicas realizadas pela equipe da Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas para cada ano. S.I.: Sem Informação. Fonte: Autores, 2025.

Por fim, é perceptível a sub-representação de fungos e macroalgas, provavelmente um resultado da escassez de especialistas nessas áreas. Esse problema é inclusive encontrado em regiões do mundo consideradas desenvolvidas, como é o caso da carência de especialistas sobre fungos na Austrália e América do Norte (Bruns, 2012; Irga; Barker; Torpy, 2018) e macroalgas marinhas em Portugal (Santos *et al.*, 2024).

Todas as limitações mencionadas podem ser reinterpretadas como oportunidades de desenvolvimento institucional, desde que acompanhadas de políticas públicas adequadas. Investimentos são fundamentais para superar as carências de recursos humanos, instrumentais e de infraestrutura. Ao mesmo tempo, a criação de oportunidades atrativas pode mitigar a escassez de profissionais especializados, como os dedicados ao estudo de fungos e macroalgas. Por fim, a expansão da educação ambiental vinculada aos herbários é crucial para a conscientização, pois a valorização dessas coleções biológicas se traduz em maior apoio político e financeiro, retroalimentando o ciclo de desenvolvimento.

4. Conclusões

O Herbário AFR, embora de porte modesto, é uma instituição indispensável para a conservação da biodiversidade do Sul de Minas Gerais. Seu acervo, composto por 7.900 espécimes, incluindo 648 endêmicos e 78 ameaçados de extinção, fornece a base científica para iniciativas como a Lista da Flora Ameaçada do Planalto de Poços de Caldas, além de subsidiar pesquisas em ecologia e taxonomia.

A recente digitalização, com a disponibilização de mais 1.250 imagens no Jabot, *SpeciesLink* e Reflora, ampliou seu impacto, permitindo que esses dados ultrapassem fronteiras geográficas. No entanto, o maior diferencial reside na integração entre ciência e sociedade: as atividades educacionais, como oficinas de exsicatas, transformam conhecimento técnico em ferramentas de conscientização do público, passo fundamental para garantir sustentabilidade política e financeira. Para consolidar esse papel, é essencial superar lacunas em coleções sub-representadas, incluir o herbário em políticas públicas que reconheçam acervos biológicos como infraestrutura prioritária, e expandir projetos de educação ambiental. Assim, o Herbário AFR não apenas vai atuar na preservação

de espécies, mas também cultivará os recursos humanos e institucionais necessários para enfrentar os desafios da conservação no século XXI.

Contribuições dos Autores: Jerônimo Schultz da Silva e Angela Liberali Pinheiro participaram ativamente da concepção e idealização do estudo. A elaboração metodológica foi desenvolvida por Jerônimo Schultz da Silva, Angela Liberali Pinheiro e Rafael de Souza Mendes da Silva. A etapa de validação contou com a participação de todos os autores. As atividades de análise da base de dados, revisão das coleções e tombamento dos espécimes nos sistemas digitais (Jabot e speciesLink) foram realizadas por Jerônimo Schultz da Silva, Flávio Antunes de Souza e Maria Eduarda de Oliveira Mariano. A revisão bibliográfica foi conduzida conjuntamente por todos os autores. A preparação dos dados ficou a cargo de Jerônimo Schultz da Silva. A escrita do artigo foi uma contribuição coletiva de todos os autores. Por fim, a revisão do manuscrito foi realizada por Jerônimo Schultz da Silva, Angela Liberali Pinheiro e Rafael de Souza Mendes da Silva.

Financiamento: Esta pesquisa não recebeu nenhum financiamento externo.

Agradecimentos: Os autores agradecem a todos os curadores, pesquisadores e estagiários que, ao longo da história do Herbário AFR, contribuíram com seu tempo e conhecimento para as atividades de coleta, identificação e conservação do acervo. Sua dedicação foi essencial para a consolidação e o crescimento deste relevante patrimônio científico. Agradecemos, igualmente, à Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas pelo indispensável apoio técnico e institucional prestado, que tem sido fundamental para a continuidade e o sucesso de nossas atividades.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022. Lista Nacional Oficial de Espécies Ameaçadas de Extinção. Diário Oficial da União, Brasília, DF, ed. 108, seção 1, p. 74, 8 jun. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>. Acesso em: 19 Maio 2025.
- BRUNS, Thomas D.. The North American Mycoflora project – the first steps on a long journey. *New Phytologist*, [S.L.], v. 196, n. 4, p. 972-974, 5 nov. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/nph.12027>.
- BHUNJUN, Chitrabhanu S. *et al.* The numbers of fungi: are the most speciose genera truly diverse? *Fungal Diversity*, v. 114, n. 1, p. 387-462, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13225-022-00501-4>
- CAMPOS, E. P.; BOVINI, M. G.; PEIXOTO, A. L.. The flora of south-eastern Mato Grosso State (Brazil): a review of herbarium collections. *Biodiversity Data Journal*, v. 9, p. e72907, 2021. Disponível em: <https://bdj.pensoft.net/article/72907/element/2/7379668/>. Acesso em: 16 Maio 2025.
- CANHOS, D. A. L. *et al.* The Importance of Biodiversity E-infrastructures for Megadiverse Countries. *PLOS Biology*, [S.I.], v. 13, n. 7, p. e1002204, 23 jul. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002204>. Acesso em: 19 Maio 2025.
- CARNEIRO, T. X.; LUCAS, F. C. A.; MORAES JÚNIOR, M. R.; CARVALHO, B. X. O herbário Profª Drª Marlene Freitas da Silva (MFS) da Universidade do Estado do Pará: diálogos entre ciência, universidade e museu. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE MUSEUS UNIVERSITÁRIO. 2021, Pará.
- CHINESE ACADEMY OF SCIENCES. *Index Fungorum*, 2025. Página inicial. Disponível em: <https://www.indexfungorum.org>. Acesso em: 24 maio 2025.
- CRIA (Centro de Referência em Informação Ambiental). *speciesLink*. In: Projetos. 2025. Disponível em: <https://www.cria.org.br/projetos>. Acesso em: 19 Maio 2025.
- DELVES, Jay *et al.* Small and in-country herbaria are vital for accurate plant threat assessments: a case study from peru. *Plants, People, Planet*, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 174-185, 4 set. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/ppp3.10425>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- DIAS, K. N. L.; SILVA, A. N. F.; GUTERRES, A. V. F.; LACERDA, D. M. A.; ALMEIDA JR., E. B. de. A importância dos Herbários na construção de conhecimentos sobre a diversidade vegetal. *Revista Trópica - Ciências agrárias e biológicas*, v. 11, n. 1, 28 Mai 2020. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/view/11161>. Acesso em: 14 Maio 2025.
- FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 25 maio 2025.
- FORZZA, R. C.; *et al.* Coleções biológicas do jardim botânico do rio de janeiro à luz das metas da gspc/cdb: onde estaremos em 2020? *Museologia & Interdisciplinaridade*, Vol.5, nº9, Jan./ Jun. de 2016. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/museologia/article/view/17281/15774>. Acesso em: 14 Maio 2025
- FORZZA, R. C. *et al.* Sistema Jabot: inovação na gestão de coleções botânicas. *Rodriguésia*, v.70, n.1, p.e01732018, 2019.
- GASPER, André Luís de; STEHMANN, João Renato; ROQUE, Nádia; BIGIO, Narciso C.; SARTORI, Ângela Lúcia Bagnatori; GRITZ, Guilherme Salgado. Brazilian herbaria: an overview. *Acta Botanica Brasilica*, [S.L.], v. 34, n. 2, p. 352-359, jun. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062019abb0390>.

15. GUIRY, Michael D.; GUIRY, Gwendoline M. **Algaebase**: Listing the World's Algae. National University of Ireland, Galway. Disponível em: <https://www.algaebase.org/>. Acesso em: 10 Maio 2025.
16. HARRIS, Kari M.; MARSICO, Travis D.. Digitizing specimens in a small herbarium: a viable workflow for collections working with limited resources. **Applications In Plant Sciences**, [S.L.], v. 5, n. 4, p. 1-9, 11 abr. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3732/apps.1600125>. Acesso em: 24 jun. 2025.
17. IATCHUK, Larissa; SOUZA, Melina Mara de; BRANCO, Fresia Soledad Ricardi Torres; SANTOS, Mireile Reis dos. Estudos Paleoambientais Na Área De Proteção Ambiental Da Serra Da Pedra Branca, Planalto De Poços De Caldas, MG: estudos preliminares. **Geosciences = Geociéncias**, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 659-673, 14 fev. 2023. UNESP - Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5016/geociencias.v41i03.16321>. Acesso em: 23 jun. 2025.
18. IRGA, Peter J.; BARKER, Katherine; TORPY, Fraser R.. Conservation mycology in Australia and the potential role of citizen science. **Conservation Biology**, [S.L.], v. 32, n. 5, p. 1031-1037, 20 jun. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/cobi.13121>. Acesso em: 24 jun. 2025.
19. KEW SCIENCE. **Plants of the World Online**. Disponível em: <https://powo.science.kew.org/>. Acesso em: 14 Maio 2025.
20. MATHEUS, L. C. A carpoteca como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem de morfologia de frutos. 2020. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/7db860d4-8a1f-4fe0-b3af-26cc079bb657/content>. Acesso em: 24 jun. 2025.
21. MARÍN-RODULFO, Macarena; RONDINEL-MENDOZA, Katy V.; MARTÍN-GIRELA, Isabel; CAÑADAS, Eva M.; LORITE, Juan. Old meets new: innovative and evolving uses of herbaria over time as revealed by a literature review. **Plants, People, Planet**, [S.L.], v. 6, n. 6, p. 1261-1271, 15 Jul. 2024. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ppp3.10541>.
22. MARINHO-SORIANO, Eliane; CARNEIRO, Marcella A. A. Macroalgas marinhas: biologia, ecologia e importância econômica. In: VIANA, Danielle de Lima; OLIVEIRA, Jorge Eduardo Lins; HAZIN, Fábio Hissa Vieira; SOUZA, Marco Antonio Carvalho. **Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil**. 1. ed. Olinda: Via Design Publicações, 2021. p. 90-119.
23. NUNES, J. A.; ALVES, N. B. Herbário HUEMG como ferramenta para educação e conservação da biodiversidade. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 180-187, 2019. ISSN 2236-2886. Disponível em: <https://revista.icmbio.gov.br/index.php/BioBR>. Acesso em: 16 Maio 2025.
24. PEIXOTO, A. L.; MAIA, L. C. Manual de procedimentos para herbários. Recife: Editora Universitária UFPE, 2013. Disponível em: https://ahim.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/04/manual_procedimientos_herbarios_portuges_2013.pdf. Acesso em: 22 maio 2025.
25. TANIGUCHI, M et al. Manual de Digitalização REFLORA. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/jbrj/pt-br/assuntos/noticias/manual-de-digitalizacao-reflora-versao-3-apresenta-novas-ferramentas-e-recursos-da-plataforma>. Acesso em: 25 Maio 2025.
26. RODRIGUES, S. T. et al. Acervo do Herbário IAN. 03 - carpoteca. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/402964/acervo-do-herbario-ian-03---carpoteca>. Acesso em: Acesso em: 24 jun. 2025.
27. SANTOS, João Canilho; PAES, Paula; ARSÉNIO, Pedro; FIGUEIRA, Rui; COSTA, José Carlos; LOPES, Margarida Dionísio; COTRIM, Helena; ESPÍRITO-SANTO, Dalila. The Marine Macroalgae Collection from Herbarium João de Carvalho e Vasconcellos (LISI)—140 Years of History. **Diversity**, [S.L.], v. 16, n. 8, p. 478, 7 ago. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/d16080478>. Acesso em: 24 jun. 2025.
28. SANTOS, F. S. O herbário IFSR e sua importância científica e educacional. Revista Hipótese, Itapetininga, v. 1, n. 1, p. 15-23, 2015.
29. SÃO PAULO. Instituto de Botânica. Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. São Paulo: Instituto de Botânica, 1989.
30. SILVA, Ariade Nazaré Fontes; ALMEIDA JUNIOR, Eduardo Bezerra; VALLE, Mariana Guelero. Exsicatas como recurso didático: contribuições para o ensino de botânica. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 5, p. 24632-24639, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n5-061>.
31. SILVA, L. A. E., et al. Jabot - Sistema de Gerenciamento de Coleções Botânicas: a experiência de uma década de desenvolvimento e avanços / Jabot - Botanical Collections Management System: the experience of a decade of development and advances. Rodriguésia, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 391-410, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/FLxWWDD84KvXgfsrmWrzC4j/abstract/?lang=pt>. Acesso em: Acesso em: 19 Maio 2025 DOI: 10.1590/2175-7860201768208.
32. IUCN. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 16. 2024. Disponível em: [IUCN Red List of Threatened Species](https://www.iucnredlist.org/) Acesso em: 19 Maio 2025
33. WILLIAMS, Eric Arruda; BOTEZELLI, Luciana; BRAGA, João Paulo de Lima; GODOY, Ederson José de. Vegetação dos campos de altitude no planalto de Poços de Caldas, Minas Gerais. **Regnella Scientia**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 135-142, 1 dez. 2023. GM Editorial. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.61202/2525-4936.v9.n3.2023.135-142>. Acesso em: 16 Maio 2025.

34. WILLIAMS, Eric Arruda; TEODORO, Cleonico Ignácio. Herbário Anders Fredrik Regnell, Minas Gerais (AFR). **UNISANTA Bioscience**, v. 4, n. 6, 2015. Disponível em: <https://ojs.unisanta.br/BIO/article/view/180/180>. Acesso em: 16 Maio 2025.