



A flora ilhada por florestas: síntese sobre a diversidade, ecologia e conservação dos *inselbergs* na Mata Atlântica

The flora islanded by forests: a synthesis of the diversity, ecology, and conservation of inselbergs in the Atlantic Forest

Luiza F. A. de Paula^{1*}, Talitha Mayumi Francisco², Claudio N. Fraga³, Lara S. J. Deccache⁴, Rafaela C. Forzza^{5,6}, Dayvid R. Couto⁷

¹ Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Minas Gerais,
<https://orcid.org/0000-0002-3818-7363>

² Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), Santa Teresa, Espírito Santo,
<https://orcid.org/0000-0001-8609-7859>

³ Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) / Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro,
<https://orcid.org/0000-0003-1254-4550>

⁴ Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) / Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro,
<https://orcid.org/0000-0001-5701-0224>

⁵ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) / Parque Nacional do Descobrimento, Bahia,
<https://orcid.org/0000-0002-7035-9313>

⁶ Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

⁷ Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) Vitória, Espírito Santo,
<https://orcid.org/0000-0002-9563-8001>

Resumo

Os *inselbergs*, afloramentos graníticos e/ou gnáissicos que emergem abruptamente na paisagem, são comuns na Mata Atlântica e particularmente numerosos e diversos no sudeste do Brasil, estendendo-se também até o sul da Bahia. Pela natureza insular e idade geológica, são frequentemente considerados como “ilhas terrestres antigas” inseridas em uma matriz de habitats contrastantes. Suas condições ambientais extremas, como solos rasos ou ausentes, alta exposição solar, déficit hídrico e fortes variações térmicas, selecionam uma flora altamente especializada, com elevado endemismo e ampla heterogeneidade de microhabitats. As plantas exibem estratégias adaptativas como tolerância à dessecação, suculência, metabolismo especializado e órgãos de reserva. Em múltiplas escalas, observa-se alta diversidade local e forte substituição de espécies entre afloramentos, acompanhadas por marcada estruturação genética e convergência funcional/filogenética, conferindo singularidade evolutiva aos *inselbergs*. Paralelamente, esses afloramentos funcionam como refúgios para espécies da matriz florestal, inclusive epífitas, e provêm serviços ecossistêmicos e culturais (provisão de água, estabilização de encostas, identidade paisagística). Apesar de sua relevância biológica e funcional, os *inselbergs* permanecem sub-representados em Unidades de Conservação e enfrentam ameaças severas, como mineração, expansão urbana, turismo desordenado, incêndios e invasões biológicas. Este trabalho reúne os principais avanços florísticos, taxonômicos e ecológicos desenvolvidos nos *inselbergs* da Mata Atlântica nas últimas duas décadas, identifica lacunas de conhecimento, discute iniciativas e instrumentos de gestão e propõe agendas integradas para conservar a diversidade geomorfológica, florística, genética e funcional desses “arquipélagos de biodiversidade”.

Palavras-Chave: Afloramentos rochosos, Diversidade Florística, Gnaisse, Granito, Serviços Ecossistêmicos, Unidades de Conservação.

Abstract

Inselbergs, granitic and/or gneissic outcrops that rise abruptly from the

*Autor correspondente:
luizafap@gmail.com

Recebido: 15/10/2025
Aceito: 12/12/2025

landscape, are common in the Atlantic Forest and particularly numerous and diverse in southeastern Brazil, extending also into southern Bahia. Owing to their insular nature and ancient geological origin, they are often described as “ancient terrestrial islands” embedded in a contrasting matrix of habitats. Their extreme environmental conditions, such as shallow or absent soils, high solar exposure, water deficit, and strong thermal fluctuations, select for highly specialized floras, characterized by high endemism and a wide heterogeneity of microhabitats. Plants exhibit adaptive strategies such as desiccation tolerance, succulence, specialized metabolism, and storage organs. Across multiple spatial scales, inselbergs display high local diversity and strong species turnover among outcrops, along with marked genetic structure and functional/phylogenetic convergence, conferring unique evolutionary distinctiveness to the inselbergs. They also function as refuges for species from the surrounding forest matrix, including epiphytes, and provide important ecosystem and cultural services (water provision, slope stabilization, and landscape identity). Despite their biological and functional importance, inselbergs remain underrepresented in Protected Areas and face severe threats such as mining, urban expansion, unregulated tourism, fires, and biological invasions. This study compiles the main floristic, taxonomic, and ecological advances developed in the Atlantic Forest inselbergs over the past two decades, identifies key knowledge gaps, discusses management initiatives and instruments, and proposes integrated agendas to conserve the geomorphological, floristic, genetic, and functional diversity of these “archipelagos of biodiversity”.

Keywords: Ecosystem services; Floristic diversity; Gneiss; Granite; Protected areas; Rock outcrops.

INTRODUÇÃO

Os *inselbergs*, do alemão *insel* (ilha) e *berg* (montanha), são afloramentos rochosos isolados, de composição especialmente granítica e/ou gnáissica, que emergem abruptamente da paisagem circundante (Porembski & Barthlott, 2000). Por sua natureza insular, esses ambientes são frequentemente descritos como “ilhas terrestres antigas” (datando de milhões de anos) em meio a uma matriz circundante composta por habitats contrastantes (Vanschoenwinkel et al., 2024).

Na Mata Atlântica, os *inselbergs* constituem ecossistemas singulares, caracterizados por solos rasos ou ausentes, alta exposição solar, déficit hídrico e intensas variações térmicas diárias (Safford & Martinelli,

2000). Essas condições moldam uma flora altamente especializada, composta por espécies endêmicas e adaptações morfofisiológicas notáveis (de Paula et al., 2015; Porembski, 2007). Por sua natureza insular e alta diversidade biológica, os *inselbergs* constituem um modelo natural de estudo da Teoria da Biogeografia de Ilhas (MacArthur & Wilson, 1967), bem como dos processos de especiação e evolução em ambientes com recursos limitados (Vanschoenwinkel et al., 2024).

Além de sua relevância científica, esses afloramentos rochosos transcendem o campo acadêmico e possuem também uma forte dimensão cultural (Martinelli, 2007). Muitos *inselbergs* tornaram-se símbolos visuais das paisagens atlânticas, compondo o patrimônio

natural e cultural da região. O Pão de Açúcar, no Rio de Janeiro, é um exemplo emblemático de reconhecimento mundial, associado não apenas à sua beleza cênica, mas também à identidade cultural da cidade (de Paula et al., 2016a; Meirelles et al., 1999). De forma semelhante, o Monte Pascoal, localizado no Parque Nacional e Histórico do Monte Pascoal, no extremo sul da Bahia, constitui um marco histórico e simbólico do Brasil vinculado aos relatos coloniais e integra atualmente a herança cultural e ambiental reconhecida internacionalmente (de Paula et al., 2016a). Além dos valores cênicos e históricos, os *inselbergs* também se destacam pela presença de espécies ornamentais, como bromélias, orquídeas e cactos, amplamente utilizadas no paisagismo, o que reforça seus vínculos com a sociedade. Esses ícones da paisagem também inspiram práticas de educação ambiental e fomentam a valorização social dos ambientes naturais, fortalecendo a percepção pública de sua importância e, indiretamente, oferecendo subsídios para iniciativas de conservação.

No domínio da Mata Atlântica, o sudeste do Brasil abriga grande número de *inselbergs* com elevada diversidade florística, formando uma continuidade marcante até o sul do estado da Bahia (de Paula et al., 2020; Porembski, 2007) (Figuras 1 e 2). Apesar da expressiva ocorrência desses afloramentos, muitas áreas ainda permanecem pouco exploradas, e o conhecimento disponível sobre sua flora continua limitado. Nas últimas duas décadas, entretanto, esse cenário tem se transformado gradualmente, impulsionado sobretudo por estudos taxonômicos que resultaram na descrição de diversas novas espécies (Tabela 1).

Este trabalho tem como objetivo apresentar um panorama sintetizado do conhecimento da flora dos *inselbergs* na Mata Atlântica, apresentando os avanços taxonômicos, ecológicos e de conservação que ocorreram nas últimas duas décadas, além de identificar lacunas de conhecimento para estudos futuros. Busca-se

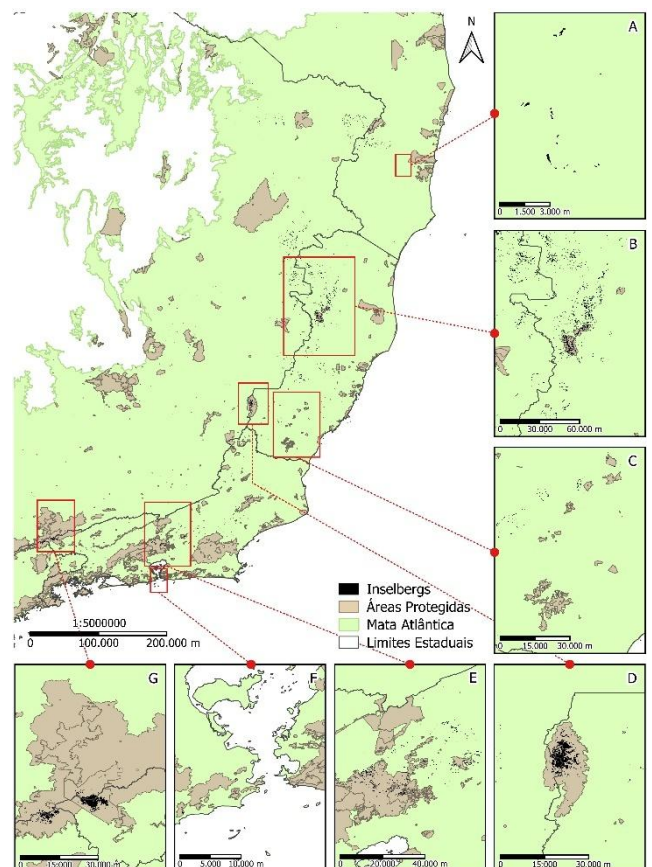


Figura 1. Mapa com *inselbergs* na Mata Atlântica. Destaque é dado à extensão do domínio da Mata Atlântica, à distribuição dos *inselbergs* e das áreas protegidas, com enfoque para alguns aglomerados típicos de *inselbergs*. Fotografias representativas dessas áreas destacadas nos retângulos vermelhos estão apresentadas na Figura 2. A. Região de Itamarajú, Bahia (BA). B. Noroeste do Espírito Santo (ES), especialmente em Pancas, Vila Pavão e Águia Branca. C. Região Serrana do ES, com destaque para Pedra Azul, Forno Grande e Serra das Torres. D. Região do Caparaó, divisa do ES com Minas Gerais (MG). E. Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro (RJ). F. Entrada da Baía de Guanabara, com destaque para os *inselbergs* da cidade do Rio de Janeiro e Niterói, RJ. G. Região do Itatiaia, tríplice divisa entre MG, RJ e São Paulo.

também discutir de forma crítica os principais desafios de conservação, abordando ameaças, serviços ecossistêmicos e estratégias de manejo e proteção. Ao integrar esses diferentes aspectos, pretende-se contribuir para o reconhecimento dos *inselbergs* como refúgios de biodiversidade, mas também como referências culturais e identitárias que conectam ciência, sociedade e conservação.



Figura 2. Aglomerados típicos de *inselbergs* na Mata Atlântica. A. Monte Pescoço, Itamarajú, Bahia (BA). B. Pedra da Colina, Serra do Mutum Preto, com vista para os inselbergs do Monumento Natural dos Pontões Capixabas, Pancas, Espírito Santo (ES). C. Forno Grande, Castelo, ES. D. Pedra Azul, Domingos Martins, ES. E. Facão de Pedra na região do Caparaó, Divino São Lourenço, ES. F. Dedo de Deus, Serra dos Órgãos, Teresópolis, Rio de Janeiro (RJ). G. Pão de Açúcar, com os inselbergs do Alto Mourão e Costão de Itaquatiara ao fundo em Niterói, RJ. H. Parque Nacional do Itatiaia, Itatiaia, com vista para Pico das Agulhas Negras, RJ. Fotos: C.N. Fraga.

Conceituando *inselbergs*

Na revisão mais recente sobre a dinâmica ecológica e evolutiva dos *inselbergs*, Vanschoenwinkel et al. (2024) propõem uma definição ampla, caracterizando-os como formações rochosas isoladas com diferentes litologias, classificação que denominam *inselberg sensu lato*. Os mesmos autores destacam, entretanto, que a concepção *sensu stricto* se restringe àqueles afloramentos de composição granítica e/ou gnáissica, reforçando a definição apresentada na revisão clássica sobre estudos florísticos e ecológicos dos *inselbergs* em regiões tropicais e temperadas (Porembski & Barthlott, 2000). Neste artigo, adotamos a abordagem *sensu*

stricto e focamos exclusivamente em afloramentos graníticos e/ou gnáissicos.

Na literatura, os *inselbergs* da Mata Atlântica têm sido classificados de diferentes maneiras, refletindo a diversidade de suas tipologias, substratos geológicos e feições geomorfológicas, ilustradas na Figura 3. Uma das distinções mais comuns é entre *inselbergs* de terras baixas e de terras altas (Safford & Martinelli, 2000), conforme a posição altitudinal na paisagem. Os *inselbergs* de terras baixas (geralmente abaixo de 1.000 m a.n.m.) ocorrem em planícies costeiras ou interioranas e se destacam como monólitos em forma de cúpula, conhecidos como “pães de açúcar” (Ab’Sáber, 1967; de Paula et al., 2016b, 2020) (Figura 3A). Exemplos emblemáticos incluem o Pão de Açúcar e o Corcovado (RJ). No sudeste do Brasil, mais especificamente nos estados do Espírito Santo (ES), leste de Minas Gerais (MG) e Rio de Janeiro (RJ), e no sul da Bahia (BA), esses *inselbergs* de terras baixas no domínio da Mata Atlântica conformam uma unidade fitogeográfica particular que foi recentemente denominada Terra dos Pães de Açúcar (de Paula et al., 2016b, 2020).

Os *inselbergs* de terras altas (geralmente acima de 1.000 m a.n.m.), por sua vez, encontram-se em ambientes montanhosos, muitas vezes compondo mosaicos com outros afloramentos rochosos (Figura 3D). Nesses contextos, a vegetação se aproxima dos afloramentos dos “campos de altitude” (Safford, 1999; Safford & Martinelli, 2000; Vanschoenwinkel et al., 2024), como ocorre na Serra dos Órgãos (RJ) e na Serra do Caparaó (MG/ES). Essas diferenças altitudinais se refletem também na composição florística e na estrutura da vegetação, como será detalhado nas próximas seções. Há ainda situações de transição altitudinal, em que os afloramentos apresentam características intermediárias entre os *inselbergs* de terras baixas e altas (Figura 3C). Exemplos notáveis são encontrados no Parque Estadual Forno Grande e no Parque Estadual Pedra Azul (ES), onde

afloramentos em formato de “pão de açúcar” ocorrem em altitudes elevadas, combinando atributos típicos de ambos os contextos.

Além dessas categorias, no Brasil é comum o uso do termo “lajedos” para se referir a extensas superfícies rochosas expostas, de baixa elevação em relação ao entorno (Figura 3B), que são comuns tanto na Caatinga como na Mata Atlântica (do Carmo et al., 2023). Outro caso particular fora do Sudeste são os chamados “brejos de altitude” (Andrade-Lima, 1982; Tabarelli & Santos, 2004), onde afloramentos rochosos ocorrem em enclaves úmidos - manchas florestais associadas a fitofisionomias da Mata Atlântica, incrustadas em uma matriz xérica de Caatinga, especialmente nos estados de Pernambuco e Paraíba.

Não existem muitas propostas de classificação fitogeográfica que incluam explicitamente os *inselbergs* (Vanschoenwinkel et al., 2024). No Brasil, a maioria dos trabalhos nessa área trata os afloramentos rochosos como fitofisionomias dos grandes domínios vegetacionais. Na Mata Atlântica, por exemplo, os *inselbergs* são considerados como fitofisionomias ou habitats marginais (Neves et al., 2017; Scarano, 2002).

Em estudo recente, no entanto, Azevedo et al. (2024) avaliaram a identidade das comunidades vegetais no leste do Brasil considerando diferentes contextos litológicos e tipos de ambientes rupestres. Os autores classificaram essas comunidades em seis grupos florísticos (ou litobiomas): (i) campos de altitude, (ii) *inselbergs* da Mata Atlântica, (iii) *inselbergs* da Caatinga, (iv) campos rupestres quartzíticos, (v) campos rupestres ferruginosos e (vi) afloramentos calcários. Esses grupos se segregaram floristicamente de acordo com a

litologia e o clima. No referido estudo, os campos de altitude foram separados dos *inselbergs* da Mata Atlântica. Apesar de estarem principalmente associados a substratos graníticos e/ou gnáissicos, os campos de altitude foram considerados distintos por ocorrerem em maiores altitudes (Safford & Martinelli, 2000) e por apresentarem afinidades florísticas frequentemente comparadas à flora andina (Safford, 1999). Os autores reconheceram, contudo, que vários trabalhos classificam os campos de altitude como *inselbergs* de terras altas (Martinelli, 2007; Safford & Martinelli, 2000), e que seus próprios resultados mostraram similaridade florística entre comunidades de *inselbergs* da Mata Atlântica e campos de altitude. No presente trabalho, conforme mencionado anteriormente, adotamos essa perspectiva e consideramos os afloramentos dos campos de altitude dentro do conceito de *inselbergs* de terras altas.

Nesta revisão, portanto, nosso recorte concentra-se nos afloramentos graníticos e/ou gnáissicos - incluindo *inselbergs* de terras baixas, terras altas, áreas de transição e lajedos presentes no sudeste do Brasil (especialmente nos estados do ES, MG e RJ) e no sul da Bahia, todos inseridos no domínio da Mata Atlântica. Para facilitar a comunicação ao longo do texto, utilizamos o termo Região dos *Inselbergs* Atlânticos (RIA) para nos referirmos a esse conjunto, composto pelas tipologias supracitadas. Ressaltamos que este artigo não busca propor novas categorias fitogeográficas, mas apenas esclarecer o recorte geográfico adotado e os tipos de *inselbergs* incluídos nesta revisão, aspecto fundamental para a interpretação integrada dos padrões florísticos, ecológicos e biogeográficos apresentados nas seções seguintes.

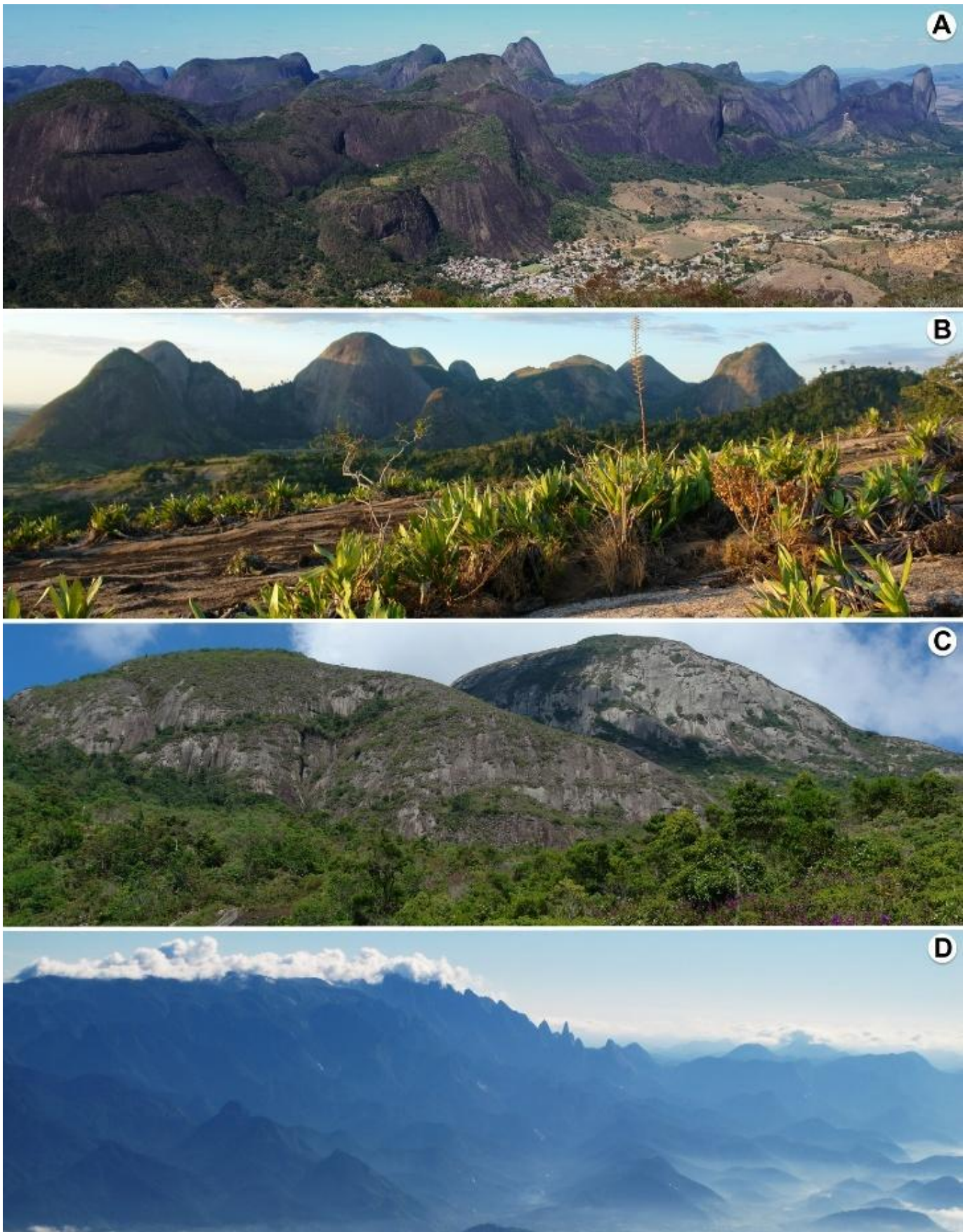


Figura 3. Diferentes tipologias de *inselbergs* na Mata Atlântica. A. Pães de açúcar, Pancas, Espírito Santo (ES). B. Lajedos, arredores da Pedra do Elefante, Nova Venécia, ES. C. Área de transição, Forno Grande, Castelo, ES. D. Campos de Altitude, Serra dos Órgãos, Teresópolis, Rio de Janeiro. Fotos: C.N. Fraga.

Microhabitats e heterogeneidade ambiental

Os *inselbergs* da RIA apresentam um mosaico de microhabitats (Porembski et al., 2000;

Porembski, 2007), incluindo fendas e depressões rochosas (e.g., Couto et al., 2025a; Covre et al., 2025), tapetes de vegetação (e.g., de Paula et al., 2021; Porembski et al., 1998), vegetação úmida e efêmera e poças d'água (e.g., de Paula et al., 2017), além de florestas isoladas de topo (Porembski et al., 2000). Essa heterogeneidade estrutural cria gradientes de disponibilidade hídrica, luminosidade e nutrientes, promovendo elevada diversidade florística e a ocupação de nichos específicos. Enquanto algumas espécies altamente especializadas se restringem às condições extremas das superfícies expostas, como cactos suculentos e bromélias clonais, outras exploram microambientes mais úmidos e sombreados, incluindo espécies aquáticas, carnívoras e anuais, resultando em comunidades estratificadas e altamente especializadas.

Nos últimos anos, avanços expressivos ampliaram o conhecimento sobre a flora dos *inselbergs* da RIA. Entre as descobertas mais recentes está a descrição de um novo hábitat e de uma nova forma de vida para plantas vasculares nesses ambientes: as paredes rochosas verticais, colonizadas por plantas hiperepilíticas, que têm nos *inselbergs* da RIA o seu principal centro de diversidade (Couto et al., 2023b). Essas paredes são dominadas por espécies de bromélias, principalmente dos gêneros *Alcantarea*, *Dyckia*, *Stigmatodon* e *Tillandsia*, que frequentemente recobrem extensas superfícies verticais de difícil acesso. Muitas dessas plantas são microendêmicas (Figura 4) e encontram-se

citadas na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção da flora brasileira (Ministério do Meio Ambiente [MMA], 2022), o que reforça a importância biológica e conservacionista dos *inselbergs*. A descrição de novos táxons nos últimos anos, especialmente de *Stigmatodon* (Tabela 1), gênero mais típico desse microhabitat, evidencia que essas paredes verticais ainda reservam grande potencial de descoberta, ampliando a visão ecológica sobre os *inselbergs* e consolidando-os como uma fronteira promissora para o avanço do conhecimento botânico.

Em muitos *inselbergs*, a água chega a brotar das fissuras da rocha, alimentando um escoamento constante que se espalha pelas encostas e irriga a vegetação da base (Porembski et al., 2000). Esse fluxo favorece o desenvolvimento de uma franja florestal em torno dos *inselbergs*, onde diversas espécies se associam a essas condições mais úmidas (Couto et al., 2025a). Apesar dessa relevância ecológica, a extensão, a composição e a dinâmica dessa franja ainda são pouco conhecidas (Vanschoenwinkel et al., 2024), o que limita a compreensão de seu papel como zona tampão entre os microhabitats rupestres e a matriz florestal circundante. Avançar nesse entendimento é fundamental para orientar ações de conservação e, especialmente, estratégias de restauração que considerem a conectividade funcional entre a franja e os microhabitats dos *inselbergs*.

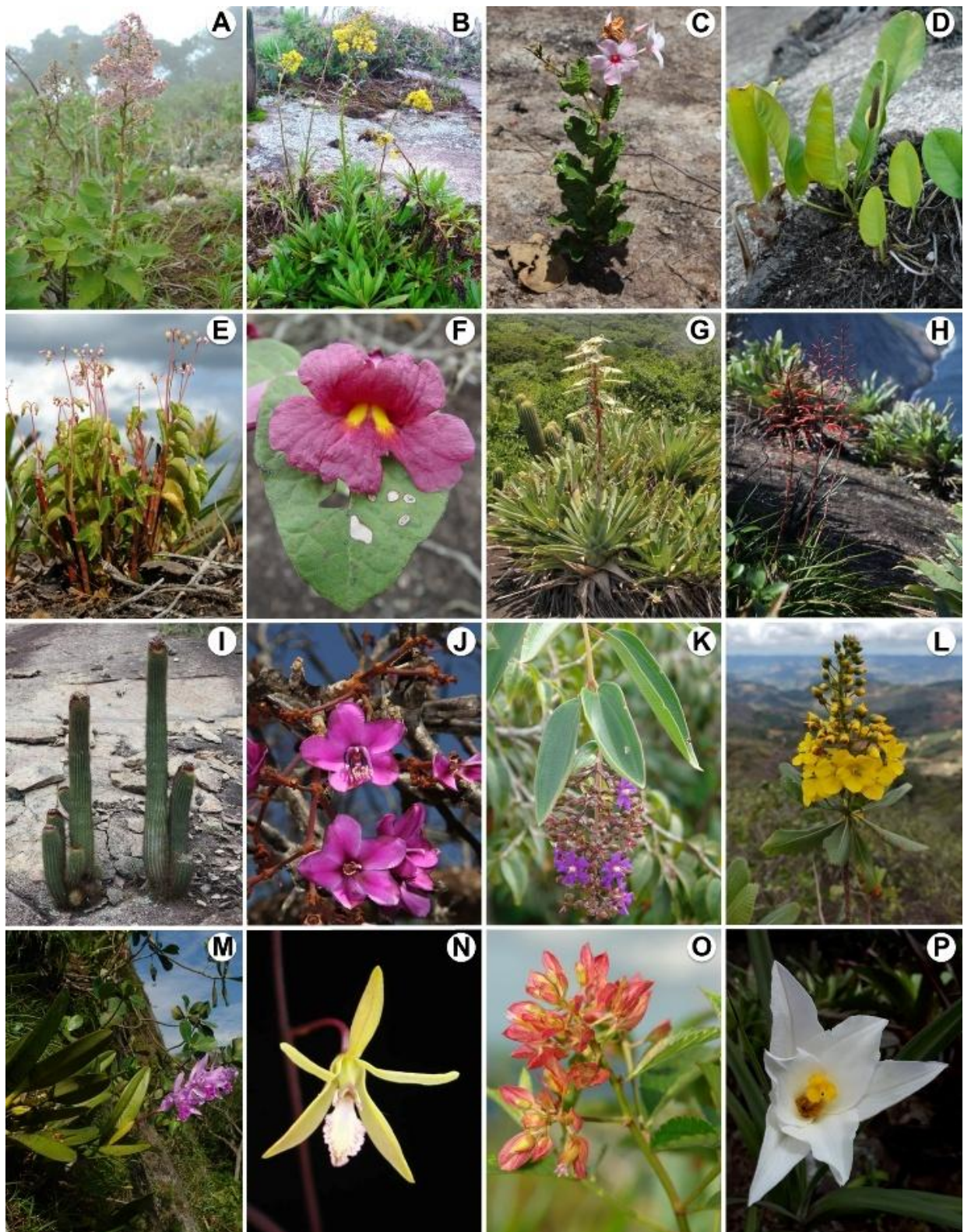


Figura 4. Plantas endêmicas dos *inselbergs* na Mata Atlântica. A. *Cololobus rupestris* (Gardner) H.Rob. (Asteraceae). B. *Senecio graciellae* Cabrera (Asteraceae). C. *Mandevilla bullata* J.F.Morales & L.Kollmann (Apocynaceae). D. *Anthurium gracile* (Rudge) Lindl. (Araceae). E. *Begonia lossiae* L.Kollmann (Begoniaceae). F. *Handroanthus selachidentatus* (A.H.Gentry) S.Grose (Bignoniaceae). G. *Alcantarea glaziouana* (Leme) J.R.Grant (Bromeliaceae). H. *Pitcairnia staminea* G.Lodd. (Bromeliaceae). I. *Coleocephalocereus* cf. *purpureus* (Buining & Brederoo) Ritter (Cactaceae). J. *Merianthera verrucosa* R.Goldenb., Fraga & A.P.Fontana (Melastomataceae). K. *Pleroma penduliflorum* Fraga & P.J.F.Guim. (Melastomataceae). L. *Luxemburgia mysteriosa* Fraga & Feres (Ochnaceae). M. *Cattleya lobata* Lindl. (Orchidaceae). N. *Pseudolaelia citrina* Pabst (Orchidaceae). O. *Oxossia rubrobracteata* (Arbo) L.Rocha (Turneraceae). P. *Vellozia plicata* Mart. (Velloziaceae). Fotos: C.N. Fraga.

Estratégias de sobrevivência das plantas

Uma das estratégias mais marcantes da flora dos *inselbergs* é a tolerância à dessecação (TD), que permite às plantas sobreviverem à perda extrema de água nos tecidos (Bondi et al., 2023, 2024; Porembski & Barthlott, 2000). Os *inselbergs* da RIA figuram entre os principais *hotspots* mundiais de diversidade de plantas TD (Porembski et al., 2021). Nem todas as espécies TD, entretanto, recuperam-se com a mesma rapidez ou sem danos estruturais. As chamadas homeoclorófilas mantêm a clorofila e preservam o aparato fotossintético durante a dessecação, retomando a fotossíntese logo após a reidratação, padrão observado em samambaias, licófitas e eudicotiledôneas (Marks et al., 2021). Em contraste, as peciloclorófilas degradam a clorofila e desmantelam os tilacoides durante a seca, reconstruindo os cloroplastos após a reidratação; trata-se de um processo mais lento e energeticamente custoso, predominante em monocotiledôneas (Marks et al., 2021).

Essas diferenças ecofisiológicas estão intimamente ligadas à ecologia das espécies. As homeoclorófilas apresentam uma amplitude de nicho mais ampla, ocorrendo, portanto, em uma maior variedade de habitats (e.g., de dosséis a afloramentos rochosos) (Bondi et al., 2023, 2024). Por outro lado, as peciloclorófilas prevalecem em ambientes sujeitos a secas prolongadas e imprevisíveis (e.g., tapetes de vegetação), nos quais desmontar e reconstruir o aparato fotossintético representa uma forma eficiente de evitar danos em períodos extensos de desidratação (Bondi et al., 2023, 2024; Porembski et al., 2021). A eficácia dessa estratégia fica evidente na longevidade de algumas espécies de *Vellozia* e *Barbacenia* (Velloziaceae), em que indivíduos TD podem ultrapassar centenas de anos de idade (Alves, 1994; Porembski et al., 2021).

Além da TD, outras adaptações são vantajosas em ambientes caracterizados pela limitação de água e nutrientes. Muitas espécies alocam recursos para a reprodução vegetativa e

para órgãos de armazenamento, sendo comuns bulbos (e.g., *Hippeastrum* spp., Amaryllidaceae) e tubérculos (e.g., *Sinningia* spp., Gesneriaceae) (Biedinger et al., 2000). Da mesma forma, estratégias como suculência, metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) e a presença de velame radicular ajudam a manter o balanço hídrico sob estresse intenso, estando presentes em diversos cactos, bromélias e orquídeas (Biedinger et al., 2000; de Paula et al., 2016b; Taylor & Zappi, 2004). Em contrapartida, a escassez de nutrientes favorece adaptações alternativas, como as plantas carnívoras (e.g., *Drosera*, *Utricularia*), capazes de explorar microhabitats úmidos e sazonais (de Paula et al., 2017; Porembski et al., 2000; Seine et al., 1996).

Outro padrão notável é a evolução convergente de espécies que formam tapetes clonais, capazes de crescer mesmo na ausência de solo (Porembski et al., 1998). Essas plantas produzem seu próprio substrato a partir da serapilheira foliar acumulada, criando locais de estabelecimento para outras espécies, um exemplo de facilitação ecológica (de Paula et al., 2021). Nesse sentido, as bromélias dos *inselbergs* se destacam como verdadeiras engenheiras do ecossistema, ao formarem microambientes que facilitam o estabelecimento de outras espécies vegetais, além de abrigarem invertebrados, anfíbios e outros organismos dependentes da água acumulada em suas rosetas (Lacerda et al., 2009; Lehmann et al., 2022). Tais interações estruturam as comunidades e ampliam a complexidade ecológica desses afloramentos.

Quando analisadas sob o arcabouço Competidor – Tolerante ao Estresse – Ruderal (CSR) de Grime (2001), as plantas dos *inselbergs* se encaixam majoritariamente no eixo entre tolerantes ao estresse (S) e competidoras (C) (Bondi et al., 2023; de Paula et al., 2015). Ainda assim, também ocorrem ruderais (R) de crescimento rápido, geralmente anuais, associadas a ambientes perturbados, com recursos disponíveis por tempo limitado e cuja persistência

depende do banco de sementes. Essa combinação de estratégias ajuda a explicar tanto a diversidade florística quanto a alta especialização da flora desses ambientes, revelando que o arcabouço CSR desloca o antigo paradigma de que os *inselbergs* seriam habitados apenas por espécies extremamente tolerantes ao estresse. Na realidade, esses afloramentos constituem habitats heterogêneos, nos quais coexistem múltiplas estratégias ecológicas e funcionais (Bondi et al., 2023).

Comparações com ilhas oceânicas revelam paralelos interessantes. Assim como elas, os *inselbergs* apresentam traços de síndromes insulares, mas seu menor isolamento reduz a probabilidade de especializações extremas, como o nanismo ou o gigantismo em vertebrados (Vanschoenwinkel et al., 2024). Ainda assim, algumas plantas com dispersão limitada exibem formas gigantes, como as monocotiledôneas arborescentes da família Velloziaceae, presentes no Brasil e na África, certas Cyperaceae da África Ocidental (Porembski, 2007) e as bromélias gigantes do gênero *Alcantarea*, típicas dos *inselbergs* da RIA (Versieux & Wanderley, 2015). Em contraste, muitas espécies restritas aos *inselbergs* são de porte reduzido, com folhas pequenas e ciclos de vida curtos, refletindo pressões para otimizar recursos e reduzir custos fisiológicos em ambientes de oligotrofia e estresse hídrico (Vanschoenwinkel et al., 2024). Embora a matriz permeável torne improváveis especializações extremas, a comparação ressalta o valor dos *inselbergs* como ambientes-modelo para investigar evolução e ecologia em ambientes isolados.

Panorama do conhecimento florístico dos *inselbergs*

A flora dos *inselbergs* da RIA reúne tanto espécies estritamente adaptadas aos ambientes rochosos (especialistas) quanto espécies generalistas, que também ocorrem nos arredores desses afloramentos, incluindo florestas pluviais

e estacionais, áreas de restinga e até ambientes antropizados.

Em 2020, foi apresentada a primeira lista abrangente de plantas vasculares dos *inselbergs* da RIA (de Paula et al., 2020). Embora o foco tenha sido os pães de açúcar (altitudes < 1000 m) da Terra dos Pães de Açúcar (*sensu* de Paula et al., 2016b, 2020), essa região representa um dos núcleos principais desse ecossistema na Mata Atlântica, onde se observa grande riqueza florística (Azevedo et al., 2024; Porembski, 2007; Safford & Martinelli, 2000). O levantamento registrou cerca de 550 espécies de plantas vasculares, distribuídas em 58 famílias e 192 gêneros. As famílias mais representativas foram Bromeliaceae (19% das espécies), Orchidaceae (11%), Asteraceae (5,5%) e Melastomataceae (4,5%). Entre os gêneros mais ricos destacaram-se *Alcantarea* (22 spp.), *Orthophytum* (20 spp.), *Begonia* (19 spp.), *Pitcairnia* (13 spp.), *Pleroma* (13 spp.), *Stigmatodon* (13 spp.), *Tillandsia* (13 spp.) e *Pseudolaelia* (10 spp.).

Ao longo das últimas duas décadas, pesquisadores têm avançado na documentação da flora dos pães de açúcar por meio de expedições de campo e de estudos florísticos (*e.g.*, Arantes et al., 2024; Costa et al., 2020; Couto et al., 2016, 2017; Covre et al., 2021; de Paula et al., 2017; Esgario et al., 2009; Pena & Alves-Araújo, 2017), ecológicos (*e.g.*, Azevedo et al., 2024; Couto et al., 2025a; de Paula et al., 2015, 2019a, 2019b, 2021; Francisco et al., 2018, 2025; Meirelles et al., 1999; Pinto-Junior et al., 2020a, 2020b, 2023, 2024) e genéticos (*e.g.*, Barbará et al., 2007; Hmeljevski et al., 2015, 2017; Manhães et al., 2025; Nazareno et al., 2020; Palma-Silva et al., 2011). Além disso, revisões taxonômicas de grupos de plantas típicos desse ecossistema foram conduzidas, como *Barbacenia* (Velloziaceae, Mello-Silva & Cabral, 2022), *Merianthera* (Melastomataceae, Goldenberg et al., 2012), *Pseudolaelia* (Orchidaceae, Menini Neto et al., 2013) e gêneros de Bromeliaceae, tais como *Stigmatodon* (antes pertencente a *Vriesea*, Couto

et al., 2022), *Dyckia* (antes pertencente a *Encholirium*, Gomes-da-Silva et al., 2019), e de espécies do “Complexo Criptantoide” (Leme et al., 2022a), resultando em mudanças

nomenclaturais importantes. Além disso, pelo menos mais de vinte novos táxons de plantas foram descritos depois do inventário florístico apresentado em de Paula et al. (2020) (Tabela 1).

Tabela 1. Exemplos de espécies de plantas descritas nas últimas duas décadas para *inselbergs* na Mata Atlântica, organizadas por família e por ordem cronológica de descrição.

Família	Espécie/Autor	Referência
Apocynaceae	<i>Mandevilla fistulosa</i> M.F. Sales, Kinoshita-Gouvêa & A. Simões	Sales et al. 2006
	<i>Mandevilla grazielae</i> M.F. Sales, Kinoshita-Gouvêa & A. Simões	Sales et al. 2006
	<i>Mandevilla harleyi</i> M.F. Sales, Kinoshita-Gouvêa & A. Simões	Sales et al. 2006
	<i>Mandevilla ibitubana</i> J.F. Morales & L. Kollmann	Morales & Kollmann 2019
	<i>Mandevilla declinata</i> J.F. Morales, A.P. Fontana, L. Kollmann & Fraga	Morales et al. 2022
	<i>Mandevilla fornograndensis</i> J.F. Morales, A.P. Fontana, L. Kollmann & Fraga	Morales et al. 2022
	<i>Mandevilla misteriosa</i> J.F. Morales, A.P. Fontana, L. Kollmann & Fraga	Morales et al. 2022
	<i>Mandevilla obovata</i> J.F. Morales, A.P. Fontana, L. Kollmann & Fraga	Morales et al. 2022
Araceae	<i>Philodendron bernardopazii</i> E.G. Gonç.	Gonçalves 2011
	<i>Philodendron ricardoii</i> E.G. Gonç.	Gonçalves 2011
	<i>Anthurium mucuri</i> E.G. Gonç. & L.F.A. de Paula	Gonçalves & de Paula 2016
	<i>Anthurium marcusianum</i> Theófilo, L. Kollmann & Sakur.	Valadares et al. 2019
	<i>Anthurium capixaba</i> Theófilo, D.R. Couto & Manhães	Valadares et al. 2024
Asteraceae	<i>Cololobus argenteus</i> M. Monge & Semir	Monge et al. 2018
	<i>Lessingianthus squamosus</i> M. Monge & Semir	Monge et al. 2018
	<i>Lepidaploa congesta</i> M. Monge & Semir	Monge et al. 2019
	<i>Cololobus ruschianus</i> M. Monge, Fraga & A.P. Fontana	Monge et al. 2021
	<i>Wunderlichia capixaba</i> A.M. Teles & D.R. Couto	Teles et al. 2024
Begoniaceae	<i>Begonia goldingiana</i> L. Kollmann & A.P. Fontana	Kollmann & Fontana 2010
Bromeliaceae	<i>Pitcairnia azouryi</i> Martinelli & Forzza	Martinelli & Forzza 2006
	<i>Alcantarea patriae</i> Versieux & Wand.	Versieux & Wanderley 2007
	<i>Pitcairnia barbatostigma</i> Leme & A.P. Fontana	Leme et al. 2010a
	<i>Pitcairnia diversifolia</i> Leme & A.P. Fontana	Leme et al. 2010a
	<i>Pitcairnia glauca</i> Leme & A.P. Fontana	Leme et al. 2010a
	<i>Dyckia espiritosantensis</i> Leme & A.P. Fontana	Leme et al. 2010b
	<i>Orthophytum teofilo-otonense</i> Leme & L. Kollmann	Leme et al. 2010b
	<i>Pitcairnia capixaba</i> Fraga & Leme	Leme et al. 2010b
	<i>Tillandsia castelensis</i> Leme & W. Till	Leme et al. 2010b
	<i>Vriesea fontanae</i> Fraga & Leme	Leme et al. 2010b
	<i>Alcantarea lanceopetala</i> Leme	Leme et al. 2014
	<i>Stigmatodon attenuatoides</i> D.R. Couto, Manhães & A.F. Costa	Couto et al. 2020a
	<i>Stigmatodon francae</i> D.R. Couto, Manhães & A.F. Costa	Couto et al. 2020b
	<i>Alcantarea alegrensii</i> D.R. Couto & Leme	Couto et al. 2021a
	<i>Tillandsia mantiqueirae</i> Paixão-Souza, N.G. Silva & R.J.V. Alves	Paixão-Souza et al. 2021
	<i>Stigmatodon ilhanus</i> Leme & D.R. Couto	Leme et al. 2022b
	<i>Stigmatodon itamarajuensis</i> Leme, D.R. Couto & L. Kollmann	Leme et al. 2022b
	<i>Stigmatodon viridibracteatus</i> D.R. Couto, Fraga & Leme	Leme et al. 2022b
	<i>Stigmatodon lemeanus</i> D.R. Couto, A.P. Fontana & Fraga	Couto et al. 2023a
	<i>Stigmatodon medeirosii</i> D.R. Couto & Gonella	Couto & Gonella 2024
<i>Stigmatodon minimus</i> D.R. Couto & Leme	Couto et al. 2025b	
<i>Orthophytum afonsoclaudense</i> Leme, D.R. Couto & Fraga	Leme et al. 2025	
<i>Tillandsia montezumensis</i> Leme & W. Till	Leme et al. 2025	
<i>Stigmatodon vinosus</i> Manhães, D.R. Couto & Leme	Manhães et al. 2025	
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera cataractae</i> R.J. Trad	Trad et al. 2020
Dilleniaceae	<i>Davilla hirsuticarpa</i> Fraga & Aymard	Fraga et al. 2017
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea medusae</i> F. Fraga, R. Couto & J.M.A. Braga	Fraga et al. 2019a
Gentianaceae	<i>Prepusa dibotrya</i> Fraga, A.P. Fontana & L. Kollmann	Fraga et al. 2014
Gesneriaceae	<i>Sinningia flammea</i> Chautems & Rossini	Chautems et al. 2019
	<i>Sinningia hoehnei</i> Chautems, A.P. Fontana & Rossini	Chautems et al. 2019
	<i>Sinningia stapelioides</i> Chautems & M. Peixoto	Chautems et al. 2019
Lamiaceae	<i>Vitex pomerana</i> Fraga, Antar, J. Freitas & Lírio	Antar et al. 2022
Malpighiaceae	<i>Stigmaphyllon mikanifolium</i> R.F. Almeida & Amorim	Almeida & Amorim 2015

	<i>Heteropterys eucalyptifolia</i> Amorim	Amorim & Marinho 2020
Melastomataceae	<i>Merianthera bullata</i> R. Goldenb., Fraga & A.P. Fontana <i>Merianthera parvifolia</i> R. Goldenb., Fraga & A.P. Fontana <i>Merianthera verrucosa</i> R. Goldenb., Fraga & A.P. Fontana <i>Pleroma marinana</i> P.J.F. Guim. & Fraga <i>Pleroma penduliflora</i> Fraga & P.J.F. Guim. <i>Pleroma fragae</i> L. Kollmann & R. Goldenb. <i>Pleroma leopoldinensis</i> L. Kollmann & R. Goldenb. <i>Pleroma cucullatum</i> F.S. Mey., Fraga & R. Goldenb. <i>Pleroma fontanae</i> F.S. Mey., L. Kollmann & R. Goldenb. <i>Pleroma fornograndense</i> F.S. Mey., R. Goldenb. & L. Kollmann <i>Pleroma venetiense</i> F.S. Mey., L. Kollmann & R. Goldenb. <i>Huberia misteriosa</i> Bochorny & R. Goldenb. <i>Microlicia caparaensis</i> Versiane, R. Goldenb. & R. Romero <i>Microlicia capixaba</i> Versiane, Fontelas & R. Romero <i>Microlicia misteriosa</i> Versiane, R. Goldenb. & R. Romero <i>Merianthera calypttrata</i> R. Goldenb., Bochorny & Fraga	Goldenberg et al. 2012 Goldenberg et al. 2012 Goldenberg et al. 2012 Fraga & Guimarães 2014 Fraga & Guimarães 2014 Goldenberg & Kollmann 2016 Goldenberg & Kollmann 2016 Meyer et al. 2018 Meyer et al. 2018 Meyer et al. 2018 Meyer et al. 2018 Bochorny & Goldenberg 2019 Versiane et al. 2022 Versiane et al. 2022 Versiane et al. 2022 Goldenberg et al. 2023
Myrtaceae	<i>Eugenia sobraliana</i> Giaretta & Fraga <i>Eugenia saxatilis</i> Sobral & Büniger	Giaretta & Fraga 2014 Sobral et al. 2021
Ochnaceae	<i>Luxemburgia misteriosa</i> Fraga & Feres	Fraga & Feres 2007
Orchidaceae	<i>Campylocentrum labiakii</i> E. Pessoa & M. Alves	Pessoa & Alves 2016
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus novofriburgensis</i> J.C.R. Mendes, J.M.A. Braga & Fraga <i>Phyllanthus pedrosae</i> J.C.R. Mendes, J.M.A. Braga & Fraga	Mendes et al. 2024 Mendes et al. 2024
Poaceae	<i>Axonopus graniticola</i> P.L. Viana	Viana & de Paula 2013
Rubiaceae	<i>Bradea borrierioides</i> J.A. Oliveira & Sobrado	Oliveira & Sobrado 2016
Solanaceae	<i>Solanum kollastrum</i> Gouvêa & Giacomini	Gouvêa et al. 2018
Velloziaceae	<i>Vellozia inselbergae</i> Mello-Silva ex Andr. Cabral	Cabral et al. 2021

Nos campos de altitude, por sua vez, as áreas rochosas também costumam abrigar uma flora bastante distinta do seu entorno (Martinelli, 1989). No entanto, um estudo clássico realizado no platô do Itatiaia (RJ) revelou que a flora associada às rochas é, em grande parte, semelhante à dos campos, com apenas cerca de 5% das espécies sendo estritamente rupícolas (Ribeiro et al., 2007). De modo geral, os levantamentos florísticos realizados nesses ambientes mostram um padrão consistente de dominância da família Asteraceae, que aparece como a mais diversificada (Campos et al., 2018; Ribeiro et al., 2007; Safford, 1999).

Mais recentemente, Kessous & Freitas (2023) publicaram uma lista abrangente das angiospermas dos campos de altitude, reunindo 1.087 táxons, distribuídos em 347 gêneros e 89 famílias. As famílias mais ricas foram Asteraceae (21% dos táxons), seguida de Poaceae (10%), Fabaceae (5%) e Orchidaceae (4,9%). Entre os gêneros mais representativos, destaca-se *Baccharis*, com 77 espécies — número bem

superior ao dos demais gêneros, como *Sisyrrinchium* e *Mimosa* (19 espécies cada), *Eryngium*, *Rhynchospora* e *Xyris* (18 espécies cada), *Senecio* (17), *Gaylussacia* (16), *Habenaria* (15), *Paepalanthus* (14), *Chascolytrum*, *Leandra*, *Mikania*, *Myrcia* e *Polygala* (12 cada), além de *Chusquea*, com 11 espécies.

Enquanto os campos de altitude abrigam floras influenciadas pelo clima frio e úmido das montanhas, muitas vezes levando à formação de campos gramíneos, *inselbergs* de outras tipologias e em altitudes menores, como os pães de açúcar, destacam-se por sua vegetação adaptada às altas temperaturas, à escassez de solo e água, evidenciando diferenças marcantes entre esses dois ambientes (Azevedo et al., 2024). Apesar dessas diferenças ecológicas, ambos os sistemas compartilham um caráter insular, composição geológica semelhante e uma elevada proporção de espécies endêmicas. Entretanto, ainda são escassos os estudos comparativos entre as diferentes tipologias de *inselbergs*. Investigações integrando abordagens florísticas,

funcionais e filogenéticas são fundamentais para compreender melhor os distintos filtros ambientais que operam em cada contexto - sejam eles térmicos, hídricos e/ou edáficos - entender mais detalhadamente os padrões de diversidade entre eles e identificar quais fatores são determinantes na estruturação e evolução das floras associadas a cada tipo de *inselberg*. Essa perspectiva comparativa é essencial para revelar os mecanismos ecológicos e evolutivos subjacentes às convergências e divergências florísticas observadas entre esses ecossistemas insulares terrestres.

Padrões de diversidade

Estudos locais e regionais revelam uma riqueza florística notavelmente elevada nos *inselbergs* da RIA (Azevedo et al., 2024; Caiafa & Silva, 2005; Couto et al., 2017, 2021b; de Paula et al., 2019b, 2021; Meirelles et al., 1999; Pena & Alves-Araújo, 2017; Pinto-Junior et al., 2020b; Ribeiro et al., 2007; Safford, 1999). Os padrões de diversidade manifestam-se em múltiplas escalas espaciais, moldados pela interação de fatores abióticos, históricos e ecológicos, refletindo a complexidade singular desses afloramentos rochosos.

No nível local (alfa), como dito anteriormente, a riqueza de espécies decorre da heterogeneidade microambiental, que abriga microhabitats contrastantes (Porembski, 2007) e permite a coexistência de espécies com diferentes estratégias ecológicas. Já a diversidade entre afloramentos (beta) é marcada por forte heterogeneidade florística, com espécies muitas vezes restritas a poucos *inselbergs* (Couto et al., 2017; de Paula et al., 2016b, 2019b; Pinto-Junior et al., 2020b, 2023). A decomposição da beta-diversidade em substituição (*turnover*) e aninhamento (*nestedness*) de espécies demonstrou que a substituição de espécies é o processo predominante na diferenciação florística nos *inselbergs* da RIA (de Paula et al., 2021; Pinto-Junior et al., 2023). Além disso, a

comparação entre comunidades vegetais de *inselbergs* da RIA mostrou que, embora apresentem diferenças taxonômicas marcantes (alta beta-diversidade), há convergência em suas composições funcional e filogenética (de Paula et al., 2019b). De maneira consistente com esses padrões, estudos de genética de populações também apontam forte estruturação genética entre populações de uma mesma espécie em *inselbergs* distintos, corroborando a elevada diferenciação entre afloramentos e evidenciando o baixo fluxo gênico e os processos de diversificação local que sustentam a alta diversidade beta observada (Barbará et al., 2007; Hmeljevski et al., 2015, 2017; Nazareno et al., 2020; Palma-Silva et al., 2011).

No nível regional (gama), a combinação de elevada diversidade local com intensa substituição de espécies entre afloramentos amplia de forma expressiva a diversidade total da Mata Atlântica (Neves et al., 2017). Resultados recentes mostram ainda que esses padrões não dependem apenas do isolamento estocástico: no caso das espécies formadoras de tapetes, a composição florística ao longo de um gradiente costa-interior foi amplamente explicada por variáveis climáticas, indicando substituição de espécies higrófilas por táxons mais tolerantes à seca (de Paula et al., 2021). Outro estudo realizado em comunidades vegetais de *inselbergs* da RIA indicou que a altitude foi o melhor preditor da composição e da riqueza de espécies (Pinto-Junior et al., 2020a). Mais recentemente, evidências adicionais revelaram a existência de limitação à dispersão no conjunto regional de espécies e um gradiente latitudinal de riqueza e diversidade filogenética de plantas ao longo dos *inselbergs* da RIA e Caatinga, com maior isolamento entre as áreas centrais do Nordeste e do Sudeste (Pinto-Junior et al., 2024). Esses resultados indicam que os *inselbergs* promovem alta rotatividade filogenética, conferindo singularidade evolutiva à flora associada a esses ambientes. Assim, esses afloramentos contribuem

de maneira expressiva para a diversidade regional, evidenciando o papel combinado de fatores determinísticos e históricos na montagem de suas comunidades vegetais.

***Inselbergs* como refúgios**

Além dos avanços recentes no conhecimento da flora dos *inselbergs* da RIA, algumas comunidades vegetais permaneceram por muito tempo fora do foco dos pesquisadores e somente recentemente foram descritas e apresentadas à ciência. É o caso da vegetação lenhosa, formada por árvores e arbustos que se estabelecem nos solos rasos acumulados em depressões nas encostas rochosas desses ambientes (Couto et al., 2025a; Covre et al., 2025).

Diferentemente de outros habitats dos *inselbergs*, como os tapetes de vegetação e as paredes verticais, que abrigam floras altamente especializadas e com elevado grau de endemismo (Figura 4), a vegetação lenhosa reúne apenas algumas espécies estritamente associadas a esses ambientes, como *Pseudobombax petropolitanum* A. Robyns (Malvaceae), *Wunderlichia azulensis* Maguire & G.M. Barroso (Asteraceae) e *Tabebuia reticulata* A.H. Gentry (Bignoniaceae), e a maioria das espécies do gênero *Merianthera* (Melastomataceae) (Couto et al., 2025a). Predominam, entretanto, árvores e arbustos amplamente distribuídos na vegetação florestal do entorno, que encontraram nos *inselbergs* condições propícias para se desenvolver e que, em muitos casos, permanecem protegidas da supressão florestal decorrente da expansão agrícola (Couto et al., 2025a). Essa dinâmica confere aos *inselbergs* um papel adicional e pouco reconhecido: o de atuar como refúgios para espécies típicas da matriz circundante, que encontram nesses afloramentos condições de persistência mesmo após terem se tornado raras no entorno. Assim, em paisagens fragmentadas e com populações extremamente reduzidas, os *inselbergs* assumem um papel ainda mais

relevante, contribuindo para a manutenção e conservação da biodiversidade regional.

Além das espécies arbóreas e arbustivas, a vegetação lenhosa dos *inselbergs* abriga comunidades singulares de epífitas, algumas delas restritas a esses ambientes. Na Mata Atlântica, certas epífitas ocorrem exclusivamente sobre troncos de espécies de *Vellozia*, o que levou Francisco et al. (2023) a classificá-las como “epífitas especialistas de rocha”, uma vez que não são encontradas em nenhum outro ecossistema florestal. Nesse grupo destacam-se as espécies de *Pseudolaelia* (Orchidaceae), que apresentam sua maior diversidade nos ecossistemas rupestres do leste do Brasil, incluindo os *inselbergs* da RIA (Menini Neto et al., 2013). A maioria das espécies do gênero é considerada epífita especialista de rocha, com algumas espécies rupícolas. Entre as bromélias, apenas *Stigmatodon vellozicola* (Leme & J.A.Siqueira) D.R.Couto & A.F.Costa foi registrada como epífita especialista de rocha nos *inselbergs* da RIA, sendo uma das raras espécies conhecidas por apresentar especificidade com seus forófitos.

No entanto, a grande maioria das espécies epífitas registradas nos *inselbergs* da RIA são provenientes das florestas do entorno. Estudos que investigaram as interações entre epífitas e árvores rupícolas nesses ambientes mostraram que os *inselbergs* funcionam como refúgios (Couto et al., 2019, 2022; Francisco et al., 2018, 2023, 2025). Observa-se ainda que a riqueza de epífitas por família nos *inselbergs* acompanha o mesmo padrão registrado para florestas neotropicais, indicando que, mesmo em áreas isoladas e com condições ambientais mais severas, as famílias mais importantes permanecem as mesmas. Entre elas, destacam-se Orchidaceae, Bromeliaceae e Polypodiaceae, que apresentam o maior número de espécies e representam parte considerável da diversidade epifítica nesses ecossistemas (Couto et al., 2016, 2022; Francisco et al., 2018, 2025). Dessa maneira, mesmo em áreas isoladas, os *inselbergs*

contribuem expressivamente para a manutenção da diversidade regional de epífitas, reforçando a importância desses ecossistemas xéricos como refúgios que, na maioria das vezes, representam as únicas chances de sobrevivência de espécies nativas.

Conservação

Serviços ecossistêmicos e culturais

Os *inselbergs* da RIA oferecem um conjunto singular de serviços ecossistêmicos, que podem ser agrupados nas categorias de suporte, provisão, regulação e cultura (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). No eixo de suporte, funcionam como refúgios de biodiversidade e habitats para espécies endêmicas (de Paula et al., 2020; Kessous & Freitas, 2023), muitas vezes com populações extremamente restritas (Barbará et al., 2007; Palma-Silva et al., 2011). Além disso, processos fundamentais como a ciclagem de nutrientes e o armazenamento de carbono nas manchas vegetadas dos *inselbergs* (Couto et al., 2025a) configuram funções ecológicas essenciais, que sustentam a produtividade primária. Esses elementos reforçam que os serviços de suporte mencionados aqui dizem respeito, sobretudo, a funções ecológicas que possibilitam a provisão, regulação e serviços culturais, ainda que não resultem em uso direto por pessoas.

Quanto à provisão, a contribuição dos *inselbergs* para a dinâmica hídrica regional merece destaque. Esses afloramentos podem atuar como fontes estratégicas de água, já que muitas comunidades humanas utilizam suas superfícies para a captação e armazenamento hídrico, sobretudo em *inselbergs* próximos a assentamentos (Vanschoenwinkel et al., 2024). Além disso, o escoamento superficial desses afloramentos influencia de forma desproporcional o suprimento de água e nutrientes e modula o armazenamento e a recarga hídrica das paisagens adjacentes (Vanschoenwinkel et al., 2014).

Outro importante serviço de provisão é o uso ornamental de espécies (e.g., amarilidáceas, begônias, bromélias, cactos, orquídeas, palmeiras e violetas) (Martinelli, 2007), muitas delas com grande valor paisagístico e potencial para cultivo sustentável. Estudos recentes também apontam para usos inovadores: espécies hiperepilíticas descritas em paredes verticais foram sugeridas como promissoras para o paisagismo urbano vertical em megacidades tropicais (Couto et al., 2023b). Além disso, o estudo da genômica de plantas tolerantes à dessecação tem sido discutido como um potencial serviço de provisão de recursos genéticos, com possíveis aplicações futuras no desenvolvimento de variedades agrícolas mais resistentes às mudanças climáticas (Mundree et al., 2002; Vicré et al., 2004), ainda que esse benefício permaneça em grande parte teórico e dependente de avanços científicos adicionais. Já a regulação também se expressa no papel da estrutura rochosa dos *inselbergs* na estabilização do solo e no controle da erosão (Porembski et al., 2016).

No âmbito cultural, os *inselbergs* são fontes de identidade, espiritualidade e inspiração. Paisagens icônicas mencionadas anteriormente, como o Pão de Açúcar (RJ) ou o Monte Pascoal (BA), se tornaram símbolos nacionais, associando-se à memória coletiva e ao turismo (de Paula et al., 2016a). Esses ambientes oferecem ainda oportunidades de educação ambiental e recreação, consolidando-se como espaços de encontro entre sociedade e natureza.

Principais ameaças

Apesar de sua relevância ecológica e cultural, os *inselbergs* da RIA estão expostos a uma ampla gama de pressões antrópicas (Tabela 2). Entre elas, a mineração de granito e gnaisses se destaca como a ameaça mais grave, pois provoca destruição irreversível de habitats e perda imediata de espécies endêmicas. Essa atividade é especialmente preocupante por se sobrepor a *hotspots* de biodiversidade e serviços

ecossistêmicos (Porembski et al., 2016), comprometendo não apenas a flora e fauna locais, mas também funções como a provisão de água

para populações humanas próximas (Vanschoenwinkel et al., 2024).

Tabela 2. Ameaças à vegetação dos *inselbergs* na Mata Atlântica documentadas na literatura.

Ameaça	Exemplos	Referências
Espécies exóticas invasoras	Espécies de gramíneas, por exemplo <i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv., <i>M. repens</i> (Willd.) Zizka e <i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs	Aximoff et al. (2016); Couto et al. (2017); Machado et al. (2020); Moreira et al. (2025)
Expansão urbana	Fragmentação costeira e periurbana	Palma-Silva et al. (2011); Porembski et al. (2016); de Paula et al. (2020)
Turismo desordenado e esportes	Escalada, trilhas, pisoteio	Versieux & Wanderley (2015); Couto et al. (2023b); Couto & Gonella (2024)
Fogo antrópico	Alteração estrutural e invasões	Aximoff et al. (2016); Porembski et al. (2016)
Extração ilegal de plantas ornamentais	Bromélias, cactos e orquídeas	Martinelli (2007); Versieux & Wanderley (2015)
Mineração	Granito, gnaïsse	Martinelli (2007); Porembski et al. (2016); Francisco et al. (2023)

O caso do Espírito Santo é emblemático: os *inselbergs* desse estado sofrem intensamente com a mineração de rochas ornamentais, atividade que movimenta cerca de US\$ 1 bilhão anuais e responde por aproximadamente 76% das exportações brasileiras do setor, concentradas em apenas 0,54% do território nacional, de acordo com Sindicato da Indústria de Rochas Ornamentais, Cal e Calcários do Espírito Santo (Francisco et al., 2023). Como resultado, diversas espécies associadas a *inselbergs* foram incluídas na lista de ameaçadas do estado (Fraga et al., 2019b), evidenciando o grave impacto dessa atividade sobre a biodiversidade regional.

A extração ilegal de plantas ornamentais, como bromélias, cactos e orquídeas, também ameaça populações naturais e compromete processos de regeneração (Martinelli, 2007). Além disso, a degradação da matriz florestal circundante pode reduzir populações de polinizadores e dispersores, afetando indiretamente as plantas especializadas dos *inselbergs* (de Paula et al., 2020; Francisco et al., 2018). A expansão urbana, especialmente em áreas costeiras e periurbanas, como nas cidades do Rio de Janeiro e de Vitória, tem provocado a fragmentação ou até a completa supressão da

vegetação dos afloramentos (de Paula et al., 2020; Porembski et al., 2016). O turismo desordenado e a intensificação de esportes de aventura sem monitoramento, como escalada, trilhas e até uso de veículos *off-road*, resultam em degradação da vegetação, compactação do solo, dispersão de lixo, perturbação da fauna e destruição de manchas de solo raso suscetíveis à erosão e ao vento (Couto et al., 2023b; McMillan & Larson, 2002). O fogo antrópico representa outra pressão importante, alterando a estrutura da vegetação e favorecendo a propagação de espécies exóticas invasoras. Embora ocorra a regeneração de parte da vegetação rupícola, espécies endêmicas e ameaçadas sensíveis à ação do fogo podem não estar se regenerando nesses afloramentos rochosos (Aximoff et al., 2016).

Entre as invasoras, gramíneas africanas como *Melinis minutiflora* P.Beauv. (capim-gordura), *M. repens* (Willd.) Zizka (capim-gafanhoto) e o *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs (capim colônia) se destacam por aumentarem a carga de combustível e por modificarem regimes de fogo nos afloramentos rochosos (Aximoff et al., 2016; Machado et al., 2020), ao mesmo tempo que competem com as espécies nativas (Couto et al.,

2017; de Paula et al., 2015). De forma mais ampla, a recente síntese de Moreira et al. (2025) mostrou que espécies não nativas estão amplamente distribuídas em *inselbergs* da Mata Atlântica e da Caatinga, com um terço delas classificadas como invasoras, revelando que a ameaça é muito mais abrangente do que casos pontuais. Os autores também destacam padrões de associação entre formas de vida invasoras e domínios fitogeográficos, reforçando a urgência de estratégias de manejo e de pesquisas voltadas a compreender como traços funcionais e filogenéticos podem influenciar a dinâmica de invasão nesses ambientes altamente vulneráveis. Além das plantas exóticas, a presença recorrente de animais exóticos como cabras (*Capra hircus* L., 1758), que utilizam as encostas dos afloramentos como áreas de forrageamento, também representa um impacto significativo sobre a vegetação dos *inselbergs* (de Paula et al., 2020), especialmente em áreas sujeitas ao pastoreio extensivo.

Outro desafio refere-se ao planejamento da conectividade: embora essencial em muitas paisagens, sua restauração pode ser prejudicial para comunidades antigas e isoladas como as dos *inselbergs* (Hopper et al., 2016), que na RIA exibem forte estrutura genética e elevada beta-diversidade (Barbará et al., 2007; de Paula et al., 2021; Palma-Silva et al., 2011; Pinto-Junior et al., 2023). Além disso, corredores antrópicos, como trilhas e estradas, favorecem a entrada de propágulos não nativos nos *inselbergs* e permitem que espécies adaptadas a esses ambientes também colonizem áreas perturbadas da matriz, onde podem tornar-se invasoras (Porembski, 2000; Procheş et al., 2005). Avaliar como modos de dispersão, configuração da paisagem e intensidade de distúrbios influenciam essas dinâmicas é fundamental para orientar o manejo da conectividade e reduzir riscos de invasão.

Unidades de conservação e áreas prioritárias

O domínio da Mata Atlântica, embora reconhecido há muito tempo como uma das regiões mais ricas em biodiversidade do planeta (Myers et al., 2000), teve seus limites oficialmente definidos pela Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que também estabelece as diretrizes para a proteção de sua vegetação nativa. A Figura 1 apresenta uma visão geral da RIA, evidenciando o domínio da Mata Atlântica, a distribuição espacial dos *inselbergs* e das áreas protegidas, e destacando as áreas de maior concentração de afloramentos. O mapa sintetiza a relação entre substrato geológico, cobertura vegetal e rede de áreas protegidas, revelando tanto os núcleos de conservação já consolidados quanto as lacunas geográficas que demandam atenção prioritária.

Com uma extensão total de aproximadamente 131 milhões de hectares (ha) (delimitação da Lei nº 11.428), a Mata Atlântica abriga uma expressiva diversidade de formações rochosas expostas, entre as quais se destacam os *inselbergs*. Com base em dados do Projeto MapBiomas (2025) e da litoestratigrafia do Serviço Geológico do Brasil (2021; considerando apenas rochas ígneas), esses afloramentos totalizam cerca de 102 mil ha - o que representa aproximadamente 0,08% da área delimitada pela Lei nº 11.428/2006 - distribuindo-se predominantemente ao longo da RIA (Figura 1). As áreas protegidas, incluindo unidades de conservação (UCs), totalizam cerca de 18,7 milhões de ha no domínio da Mata Atlântica (United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre & International Union for Conservation of Nature [UNEP-WCMC & IUCN], 2025) (Figura 1). Destas, aproximadamente 5,3% abrangem *inselbergs* em seus limites, correspondendo a cerca de 28 mil ha (Figura 1).

Neste estudo, compilamos exemplos de UCs de proteção integral, em âmbito federal e estadual, que incluem *inselbergs* na RIA, apresentados na Tabela 3. Ressalta-se que, mesmo

dentro desse recorte geográfico, a lista não é exaustiva e tem caráter ilustrativo, buscando apenas identificar padrões gerais de distribuição e representatividade. Ao todo, foram registradas 20 UCs, sendo sete sob gestão federal (ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) e 13 sob gestão estadual (órgãos ambientais de cada estado).

Os dados indicam que o estado do RJ concentra o maior número de UCs com *inselbergs* (n = 10), seguido pelo ES (n = 6), MG (n = 3) e sul da BA (n = 2), sendo que o PARNA Caparaó se estende por MG e ES. Quanto à tipologia, os “pães de açúcar” ocorrem em 13 unidades e os “campos de altitude” estão presentes em 10. Três UCs, a saber: Desengano (RJ), Pedra Azul (ES) e Forno Grande (ES), abrigam ambas as formações. O maior número de UCs no RJ reflete tanto fatores históricos quanto geográficos. O estado foi um dos primeiros centros de colonização e urbanização da Mata Atlântica, abrigando importantes remanescentes florestais e paisagens icônicas que impulsionaram políticas de conservação desde o início do século XX. A proximidade de grandes centros urbanos, como a capital fluminense, com monumentos naturais emblemáticos, entre eles o Pão de Açúcar e o Corcovado, provavelmente, favoreceu a criação de parques nacionais e estaduais voltados à proteção de paisagens de alto valor cênico e simbólico.

Tabela 3. Unidades de conservação de proteção integral (Monumento Natural - MONA; Parque Nacional - PARNA), no âmbito federal e estadual, com *inselbergs* na Mata Atlântica. Abreviações: ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (<https://www.gov.br/icmbio/pt-br>); IEF - Instituto Estadual de Florestas (https://www.mg.gov.br/instituicao_unidade/instituto-estadual-de-florestas-ief); Iema- Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (<https://iema.es.gov.br/>). Estados: Bahia/BA; Espírito Santo/ES; Minas Gerais/MG; Rio de Janeiro/RJ.

Estado	Unidade de Conservação	Âmbito de gestão	Tipologia de <i>inselbergs</i> protegidos
RJ	PARNA da Tijuca	ICMBio	Pães de açúcar

RJ	PARNA da Serra dos Órgãos	ICMBio	Campos de altitude
RJ	PARNA do Itatiaia	ICMBio	Campos de altitude
RJ	Parque Estadual do Desengano	Inea	Pães de açúcar e campos de altitude
RJ	Parque Estadual dos Três Picos	Inea	Campos de altitude
RJ	Parque Estadual da Pedra Branca	Inea	Pães de açúcar
RJ	Parque Estadual da Serra da Tiririca	Inea	Pães de açúcar
RJ	Parque Estadual da Pedra Selada	Inea	Pães de açúcar
RJ	MONA Estadual da Serra da Maria Comprida	Inea	Pães de açúcar
RJ	Reserva Biológica Estadual de Araras	Inea	Campos de altitude
MG	Parque Estadual da Serra do Brigadeiro	IEF	Campos de altitude
MG	Parque Estadual da Serra do Papagaio	IEF	Campos de altitude
MG/ES	PARNA do Caparaó	ICMBio	Campos de altitude
ES	Parque Estadual Pedra Azul	Iema	Pães de açúcar e campos de altitude
ES	Parque Estadual Forno Grande	Iema	Pães de açúcar e campos de altitude
ES	MONA Estadual Serra das Torres	Iema	Pães de açúcar
ES	MONA o Frade e a Freira	Iema	Pães de açúcar
ES	MONA dos Pontões Capixabas	ICMBio	Pães de açúcar
BA	PARNA Histórico do Monte Pascoal	ICMBio	Pães de açúcar
BA	PARNA do Alto Cariri	ICMBio	Pães de açúcar

Apesar de sua ampla ocorrência ao longo da Mata Atlântica, os *inselbergs* seguem sub-representados na rede de áreas protegidas. Ainda que alguns afloramentos estejam incluídos em unidades legalmente estabelecidas, permanece incerto em que medida as diferentes tipologias e fitofisionomias associadas a esses ecossistemas estão, de fato, abrangidas pelos limites das UCs. Algumas UCs abrigam os clássicos “pães de açúcar”, como o Monumento Natural (MONA) dos Pontões Capixabas (Arantes et al., 2024); outras protegem campos de altitude, como o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (Kessous & Freitas, 2023), enquanto a presença de lajedos em áreas protegidas permanece pouco documentada. Essa distinção é essencial, pois os *inselbergs*

apresentam tipologias geomorfológicas e fitofisionomias contrastantes, com composição florística e estrutura da vegetação bastante distintas entre si.

Apesar desses avanços, a análise conjunta da Figura 1 e da Tabela 3 evidencia lacunas importantes na cobertura das UCs. A região sul do estado da BA, por exemplo, conta com apenas duas unidades federais que abrigam *inselbergs* - o PARNA Histórico do Monte Pascoal e o PARNA do Alto Cariri - apesar da alta densidade de afloramentos ainda pouco estudados. Situação semelhante é observada no norte do ES e no nordeste de MG, zonas de transição entre os domínios atlântico e semiárido, que abrigam grande quantidade de *inselbergs*, mas ainda carecem de proteção adequada. Esses setores configuram lacunas críticas na rede de áreas protegidas e devem ser priorizados em futuros esforços de conservação e planejamento territorial voltados à flora dos *inselbergs*.

Em escala de paisagem, as estratégias de conservação deveriam buscar conciliar a proteção da biodiversidade com o uso sustentável do território (Kremen & Merenlender, 2018), e, nesse contexto, a criação de novas áreas protegidas permanece entre as medidas mais eficazes para salvaguardar a sociobiodiversidade brasileira, mesmo diante das críticas quanto à sua efetividade e aos desafios de implementação. A ampliação do sistema de UCs, aliada à demarcação e homologação de territórios indígenas, representa um caminho importante para fortalecer a proteção de ecossistemas rupestres e da flora endêmica associada aos *inselbergs*. Atualmente, há iniciativas em curso que caminham nesse sentido, como o processo conduzido pelo ICMBio para a criação do Monumento Natural Serras de Itamaraju, no sul da Bahia, além do Projeto de Lei nº 2266498 em tramitação na Câmara dos Deputados (<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2266498>), que

reforça o reconhecimento da importância ecológica e cultural desses ambientes.

Cabe destacar que este levantamento contempla apenas UCs de proteção integral nos âmbitos federal e estadual. Não foram incluídas as unidades municipais nem as de uso sustentável, como Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), que possivelmente abrangem áreas significativas de *inselbergs*, embora, em muitos casos, apresentem apenas proteção nominal, sem manejo ou fiscalização efetivos. Ainda, mesmo entre as UCs de proteção integral, persistem desafios quanto à efetividade. Unidades como o MONA dos Pontões Capixabas enfrentam limitações de manejo e carência de fiscalização, o que compromete a conservação de sua biota singular (Arantes et al., 2024).

Para que as ações de conservação sejam eficazes, é indispensável aprimorar o conhecimento sobre a distribuição e a representatividade dos *inselbergs* dentro das áreas protegidas. Identificar quais UCs realmente contêm essas formações é uma tarefa complexa: as bases de dados oficiais nem sempre incluem essa informação, e os limites das UCs foram frequentemente definidos sem considerar a localização dos afloramentos. Assim, uma lacuna central para o avanço da conservação é o desenvolvimento de um inventário abrangente de UCs com ocorrência confirmada de *inselbergs*, o que requer mapeamento sistemático e integrado, apoiado por técnicas de sensoriamento remoto e validação de campo (e.g., da Silveira et al., 2022).

Por fim, a elevada diversidade beta e o alto número de espécies endêmicas restritas a poucos *inselbergs* na RIA tornam esses ambientes um desafio singular para a conservação (de Paula et al., 2021; Pinto-Junior et al., 2023), uma vez que proteger apenas alguns afloramentos não garante a manutenção da diversidade regional. Esse cenário é agravado pela forte estruturação genética entre populações de uma mesma espécie em diferentes *inselbergs*, reflexo do baixo fluxo

gênico e dos processos de diversificação local (Hmeljevski et al., 2015, 2017; Nazareno et al., 2020; Palma-Silva et al., 2011). Assim, estratégias de conservação devem reconhecer essa heterogeneidade e assegurar que o conjunto de UCs represente de forma efetiva a diversidade geomorfológica, florística, genética e funcional dos *inselbergs* da Mata Atlântica.

Planos de ação e iniciativas específicas

Até onde se tem conhecimento, apenas a orquídea *Cattleya lobata* Lindl. possui ações de conservação explicitamente direcionadas a uma espécie típica de *inselberg* (Constantino & Fraga, 2005). Paralelamente, planos e iniciativas dedicados a ecossistemas rupestres mais amplos apresentam interfaces relevantes com os *inselbergs*. Por exemplo, o PAN Serra do Espinhaço Meridional (2018-2023), gerido pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora) do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, enfrenta desafios semelhantes nos “campos rupestres” quartzíticos, entre eles alto endemismo, presença de espécies ameaçadas, ocorrência de fogo, invasões biológicas — oferecendo modelos e diretrizes que poderiam ser adaptados à realidade dos *inselbergs* graníticos. No campo do monitoramento ambiental em larga escala, iniciativas como o MapBiomas incorporaram recentemente classes específicas de afloramentos rochosos, permitindo acompanhar alterações na cobertura e identificar pressões sobre esses ambientes em todo o território nacional (Projeto MapBiomas, 2025).

De forma complementar, iniciativas recentes têm explorado modelos inovadores de conservação baseados em espécies-bandeira, como a fragrante *Alstroemeria caryophyllaea* Jacq. (Alstroemeriaceae), associada às florestas do entorno dos *inselbergs* no estado do Rio de Janeiro. Projetos-piloto desenvolvidos em parceria com a ONG The Red List Project (TRLP; <https://www.theredlistproject.org/>) vêm integrando ciência, narrativas de conservação e

colaborações com a indústria da perfumaria, que se inspira nos aromas de espécies ameaçadas e aromáticas desses ambientes (como *A. caryophyllaea*) para criar produtos capazes de financiar ações de conservação (de Paula et al., 2024). Esse modelo propõe uma nova fronteira de interação entre valor cultural e conservação biológica, com potencial para diversificar fontes de financiamento, ampliar o engajamento social e valorizar o patrimônio natural e simbólico dos *inselbergs*.

Apesar desses avanços, persiste uma lacuna estrutural: a ausência de um plano temático específico para *inselbergs* (Martinelli, 2007). Tal plano seria crucial para articular estratégias voltadas a esse mosaico de habitats, que inclui desde paredões verticais até florestas isoladas de topo, abrangendo tanto espécies carismáticas quanto aquelas menos conhecidas, mas igualmente críticas para o funcionamento ecológico. Além disso, é urgente considerar a criação de planos regionais em estados com alta concentração de *inselbergs* (BA, ES, MG e RJ), e integrar esse ecossistema em estratégias nacionais de adaptação às mudanças climáticas. Outra frente promissora é o investimento em ações de manejo e restauração experimental, especialmente para espécies de difícil regeneração natural e que são formadoras de tapetes, como certas bromélias-tanque, orquídeas e palmeiras.

Políticas Públicas

Embora os *inselbergs* estejam incluídos no arcabouço legal da Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006), essa legislação não reconhece explicitamente as especificidades ecológicas desses ecossistemas rupestres. Na prática, sua aplicação garante apenas uma proteção parcial, sem contemplar as vulnerabilidades e dinâmicas próprias das espécies e comunidades associadas aos *inselbergs*. No contexto internacional, a Lista Vermelha de Ecossistemas da UICN (Bland et al., 2017) inclui a Mata Atlântica, mas não distingue

os *inselbergs* como ecossistemas independentes. Essa lacuna reflete uma tendência mais ampla: por serem áreas relativamente pequenas e distintas das paisagens ao redor, os afloramentos rochosos permanecem sub-representados em avaliações globais (Wintle et al., 2019). A Tipologia Global de Ecossistemas da UICN (Keith et al., 2020), por exemplo, costuma incorporá-los à matriz ambiental circundante, subestimando sua singularidade ecoevolutiva. Consequentemente, esses ecossistemas são quase invisíveis em estruturas de monitoramento e planejamento, como o Marco Global da Biodiversidade de Kunming-Montreal (Convention on Biological Diversity [CBD], 2022) e o mapeamento de Áreas-Chave para a Biodiversidade da União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN, 2016). Essa invisibilidade dificulta tanto a captação de recursos quanto a formulação de políticas específicas. Reconhecer os *inselbergs* como ecossistemas distintos dentro da Mata Atlântica não significaria separá-los do domínio fitogeográfico ou da legislação existente, mas sim criar instrumentos complementares de proteção, manejo e restauração voltados a seus desafios ecológicos particulares.

Um avanço importante nesse contexto ocorreu com a publicação da Nota Técnica nº 007/SBF/2008, posteriormente consolidada pela Resolução CONAMA nº 423/2010, que estabeleceu parâmetros para a identificação e análise dos estágios sucessionais dos campos de altitude. Embora esse marco normativo represente um passo significativo no reconhecimento de ecossistemas rupestres dentro do arcabouço legal brasileiro, nada semelhante foi desenvolvido para outras tipologias de *inselbergs*, como os “pães de açúcar” litorâneos e interiores ou os lajedos de baixa elevação, que permanecem invisíveis do ponto de vista jurídico. Essa lacuna evidencia a assimetria de atenção entre diferentes formações e reforça a necessidade de novas diretrizes específicas capazes de contemplar a diversidade

geomorfológica e fitofisionômica dos *inselbergs* da Mata Atlântica, alinhando a política ambiental à sua real importância ecológica e social.

Além disso, é urgente a criação de um protocolo que oriente o licenciamento ambiental para a exploração de *inselbergs* pela indústria de rochas ornamentais. Tal instrumento deve funcionar como ferramenta de conservação e restauração, exigindo caracterizações florísticas e estruturais da vegetação rupícola antes da supressão, de modo a subsidiar planos de resgate e reintrodução de espécies, bem como estratégias de restauração ecológica baseadas em plantas nativas desses ambientes, veja Couto et al. (2025a). Essa abordagem preventiva e técnica é essencial para minimizar os impactos da mineração, uma das principais ameaças à integridade ecológica dos *inselbergs* (Porembski et al., 2016; Vanschoenwinkel et al., 2024).

A Lista Vermelha da Flora Brasileira, coordenada pelo CNCFlora, constitui outro instrumento central de política pública e conservação, uma vez que espécies estritamente associadas a *inselbergs* de diferentes tipologias já foram avaliadas e reconhecidas como ameaçadas. No entanto, o inventário florístico mais recente dos “pães de açúcar” da Mata Atlântica (de Paula et al., 2020) revelou que o estado de conservação da maioria das espécies ainda era desconhecido na lista oficial brasileira de espécies ameaçadas vigente à época (MMA, 2014): 77% das angiospermas e 88% das samambaias e licófitas não possuíam avaliação formal. Esses dados reforçam a necessidade de intensificar as avaliações pelo CNCFlora e pela UICN, uma vez que as listas vermelhas continuam sendo ferramentas-chave para integrar ciência, políticas públicas e priorização de esforços de conservação (Nic Lughadha et al., 2020).

CONCLUSÕES

Os *inselbergs* da Mata Atlântica abrigam uma flora notavelmente rica e singular, marcada por elevados índices de endemismo e estratégias

adaptativas variadas. Essa diversidade resulta diretamente da heterogeneidade de habitats presentes nesses afloramentos. Além do valor florístico, os *inselbergs* oferecem serviços ecossistêmicos fundamentais, atuando como refúgios de biodiversidade, reguladores microclimáticos, reservatórios hídricos e espaços de identidade cultural e turística. Entretanto, essa relevância contrasta com as múltiplas ameaças que recaem sobre esses ecossistemas, como mineração, expansão urbana, turismo desordenado, incêndios e espécies exóticas invasoras. A situação é agravada pelo fato de que poucas UCs abrangem *inselbergs*, e ainda não existem políticas ou planos de ação específicos para a maior parte de suas tipologias.

O futuro da conservação dos *inselbergs* exige abordagens inovadoras e integradas. É fundamental avançar em mapeamentos e levantamentos florísticos sistemáticos, incorporando não apenas os afloramentos, mas também as franjas de florestas que os circundam, cujas dinâmicas ecológicas ainda são pouco conhecidas. Estudos sobre a extensão dos efeitos de sombra, umidade e acúmulo de nutrientes sobre a matriz florestal circundante podem subsidiar a definição de zonas de amortecimento adequadas. Da mesma forma, a aplicação de tecnologias de sensoriamento remoto, como algoritmos de aprendizado de máquina (e.g., da Silveira et al., 2022) e o uso de drones (e.g., Aristizábal-Botero et al., 2021; Lehmann et al., 2022), representa uma ferramenta promissora para mapear e caracterizar *inselbergs*, seus microhabitats e monitorar áreas remotas e de difícil acesso. Para os *inselbergs* já degradados, são necessários testes práticos de restauração (Couto et al., 2025a), que avaliem não apenas a viabilidade das técnicas empregadas, mas também os tempos de recuperação da vegetação e da fauna associada.

Assim, reconhecer a singularidade dos *inselbergs* e preencher as lacunas de conhecimento existentes são passos decisivos

para alinhar ciência, políticas públicas e sociedade em prol da conservação desses verdadeiros “arquipélagos de biodiversidade” da Mata Atlântica.

AGRADECIMENTO

L.F.A.P., C.N.F., R.C.F. e T.M.F. agradecem ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (446258/2024-5, 314804/2025-0, 441250/2023-8, 422191/2021-3, 408914/2023-8, 303059/2020-6, 313866/2025-2); L.F.A.P. agradece a Fapemig – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (APQ-02049-21); C.N.F. e R.C.F. agradecem a FAPERJ – Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (E-26/201.280/2022, E-26/200.967/2022); C.N.F. agradece ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade - PPBio (processo nº 441250/2023-8); L.S.J.D. agradece a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (88887.948324/2024-00), a International Association for Plant Taxonomy (Research Grant 2024), ao INCT-Herbário Virtual da Flora e dos Fungos (processo nº 03/2024) e ao Systematics Association e Linnean Society (LinnéSys: Systematics Research Fund 2025); DRC agradece ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo e à Fundação Espírito-Santense de Tecnologia (FEST) (Cód. 1049-01).

REFERÊNCIAS

- Ab’Sáber, A. N. (1967). Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. *Revista Orientação*, 3, 45–48.
- Almeida, R. F., & Amorim, A. M. (2015). *Stigmaphyllon mikanifolium* (Malpighiaceae), a new species from Espírito Santo State, Brazil. *Kew Bulletin*, 70, 47. <https://doi.org/10.1007/s12225-015-9601-x>
- Alves, R. J. V. (1994). Morphological age determination and longevity in some *Vellozia*

- populations in Brazil. *Folia Geobotanica*, 29(1), 55–59.
- Amorim, A. M., & Marinho, L. C. (2020). Taxonomic novelties in *Heteropterys* group aptychia (Malpighiaceae) from the Brazilian Atlantic forest. *Edinburgh Journal of Botany*, 77(2), 271–279. <https://doi.org/10.1017/S0960428619000374>
- Andrade-Lima, D. (1982). Present day forest refuges in north-eastern Brazil. In G. T. Prance (Ed.), *Biological diversification in the tropics* (pp. 245–254). Columbia University Press.
- Antar, G. M., de Lirio, E. J., Freitas, J., & Fraga, C. N. (2022). *Vitex pomarana* (Lamiaceae; Viticoideae), a new unifoliolate species from the Brazilian Atlantic Forest. *Kew Bulletin*, 77, 941–952. <https://doi.org/10.1007/s12225-022-10064-x>
- Arantes, F. M., de Paula, L. F. A., & Forzza, R. C. (2024). Checklist of vascular plant species on inselbergs in the Monumento Natural dos Pontões Capixabas, Espírito Santo State, Brazil. *Biodiversity Data Journal*, 12, e105688. <https://doi.org/10.3897/BDJ.12.e105688>
- Aristizábal-Botero, Á., Paez-Perez, D., Realpe, E., & Vanschoenwinkel, B. (2021). Mapping microhabitat structure and connectivity on a tropical inselberg using UAV remote sensing. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 45(3), 427–445. <https://doi.org/10.1177/0309133320964327>
- Aximoff, I., Nunes-Freitas, A. F., & Braga, J. M. A. (2016). Regeneração natural pós-fogo nos campos de altitude no Parque Nacional do Itatiaia, Sudeste do Brasil. *Oecologia Australis*, 20(2), 62–80. <https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2002.05>
- Azevedo, L., Zappi, D. C., de Oliveira, D. M. G., Meyer, L., Nic Lughadha, E., Clegg, R., & Neves, D. M. (2024). On the rocks: Biogeography and floristic identity of rocky ecosystems in eastern South America. *Journal of Systematics and Evolution*, 62(2), 305–320. <https://doi.org/10.1111/jse.13052>
- Barbará, T., Martinelli, G., Fay, M. F., Mayo, S. J., & Lexer, C. (2007). Population differentiation and species cohesion in two closely related plants adapted to neotropical high-altitude “inselbergs”, *Alcantarea imperialis* and *Alcantarea geniculata* (Bromeliaceae). *Molecular Ecology*, 16(10), 1981–1992. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03272.x>
- Biedinger, N., Porembski, S., & Barthlott, W. (2000). Vascular plants on inselbergs: Vegetative and reproductive strategies. In S. Porembski & W. Barthlott (Eds.), *Inselbergs* (Ecological Studies). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59773-2_8
- Bland, L. M., Keith, D. A., Miller, R. M., Murray, N. J., & Rodríguez, J. P. (2017). *Guidelines for the application of IUCN Red List of Ecosystems categories and criteria*. IUCN.
- Bochorny, T., & Goldenberg, R. (2019). A new species of *Huberia* (Melastomataceae) from Espírito Santo, Brazil. *Brittonia*, 71, 408–413. <https://doi.org/10.1007/s12228-019-09568-x>
- Bondi, L., de Paula, L. F. A., Rosado, B. H., & Porembski, S. (2023). Demystifying the convergent ecological specialization of desiccation-tolerant vascular plants for water deficit. *Annals of Botany*, 131(3), 521–531. <https://doi.org/10.1093/aob/mcad005>
- Bondi, L., Prado, B., de Paula, L. F. A., Rosado, B. H., & Porembski, S. (2024). Rethinking the relationship between desiccation-tolerant vascular plants and water deficit. *Plant Ecology & Diversity*, 17(1–2), 1–19. <https://doi.org/10.1080/17550874.2024.2328832>
- Cabral, A., Magri, R. A., & Lopes, J. C. (2021). *Vellozia inselbergae* (Velloziaceae), a new species from the Brazilian Atlantic Forest inselbergs. *Phytotaxa*, 497(2), 138–146. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.497.2.6>
- Caiafa, A. N., & Silva, A. F. (2005). Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, 56(87), 163–173. <https://doi.org/10.1590/2175-78602005568712>
- Campos, P. V., Villa, P. M., Nunes, J. A., Schaefer, C. E. R. G., Porembski, S., & Neri, A.

- V. (2018). Plant diversity and community structure of Brazilian Páramos. *Journal of Mountain Science*, 15(6), 1186–1198. <https://doi.org/10.1007/s11629-017-4674-7>
- Chautems, A., Dutra, V. F., Fontana, A. P., Peixoto, M., Perret, M., & Rossini, J. (2019). Three new species of *Sinningia* (Gesneriaceae) endemic to Espírito Santo, Brazil. *Candollea*, 74, 33–42. <https://doi.org/10.15553/c2019v741a5>
- Constantino, P. A. L., & Fraga, C. N. (2005). Conservation strategy for *Laelia lobata* (Lindl.) H. J. Veitch: The most endangered orchid of Rio de Janeiro. *Selbyana*, 26(1–2), 85–88.
- Convention on Biological Diversity. (2022). *Kunming-Montreal global biodiversity framework*. <https://www.cbd.int/article/cop15-final-text-kunming-montreal-gbf-221222>
- Costa, F. S. N., Moreira, F. F., & Sylvestre, L. S. (2020). Samambaias e licófitas em um afloramento rochoso costeiro no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Hoehnea*, 47, e252020. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-25/2020>
- Couto, D. R., & Gonella, P. M. (2024). *Stigmatodon medeirosii*, a new hyperepilithic bromeliad (Tillandsioideae) from granitic inselbergs of Minas Gerais, Brazil. *Phytotaxa*, 637(3), 242–250. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.637.3.2>
- Couto, D. R., Dan, M. L., Aguiar, W. M., Braga, J. M., & Nascimento, M. T. (2021b). Floristic composition, structure and species–area relationships on a neotropical inselberg in southeastern Brazil. *Rodriguésia*, 72, e00872020. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202172114>
- Couto, D. R., Dias, H. M., Pereira, M. C. A., Fraga, C. N., & Pezzopane, J. E. M. (2016). Vascular epiphytes on *Pseudobombax* (Malvaceae) in rocky outcrops (inselbergs) in Brazilian Atlantic rainforest: Basis for conservation of a threatened ecosystem. *Rodriguésia*, 67(3), 583–601. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201667304>
- Couto, D. R., Fontana, A. P., Costa, A. F., & Fraga, C. N. (2023a). A new epilithic bromeliad (*Stigmatodon*, Tillandsioideae) from Pedra dos Três Pontões, Espírito Santo, Brazil, with an emended combination for the genus. *Plant Ecology and Evolution*, 156(2), 215–224. <https://doi.org/10.5091/plecevo.98904>
- Couto, D. R., Fontana, A. P., Rocha Neto, A. C., Gomes, J. M. L., Calazans, L. S. B., Silva, H. L., Valadares, R. T., Saka, M. N., Siqueira, A. S., Lopes, A. S., Novelli, F. Z., Bergher, I. S., & Fraga, C. N. (2019). Angiospermas monocotiledôneas ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. In C. N. Fraga, M. H. Formigoni, & F. G. Chaves (Eds.), *Fauna e flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo* (pp. 164–191). Instituto Nacional da Mata Atlântica.
- Couto, D. R., Francisco, T. M., de Paula, L. F. A., Ranieri Ribeiro Paula, R. R., & Nascimento, M. T. (2025a). Woody vegetation on tropical inselbergs: Floristic-structural characterization and aboveground carbon storage. *Journal of Mountain Science*, 22(5), 1517–1534. <https://doi.org/10.1007/s11629-024-8961-9>
- Couto, D. R., Francisco, T., Manhães, V., Dias, H. M., & Pereira, C. M. A. (2017). Floristic composition of a Neotropical inselberg from Espírito Santo state, Brazil: An important area for conservation. *Check List*, 13, e2043. <https://doi.org/10.15560/13.1.2043>
- Couto, D. R., Kessous, I. M., Neves, B., Paixão-Souza, B., Faria, C. G., Barfuss, M. H. J., Salgueiro, F., Sá-Haiad, B., & Costa, A. F. (2022). Molecular phylogenetics and trait evolution in *Stigmatodon* (Bromeliaceae, Tillandsioideae), an endemic genus to Brazilian rocky outcrops. *Systematic Botany*, 47(2), 347–362. <https://doi.org/10.1600/036364422X16512564801696>
- Couto, D. R., Manhães, V. C., & Costa, A. F. (2020a). *Stigmatodon attenuatoides* (Tillandsioideae, Bromeliaceae): A new mat-forming species on inselbergs of southeastern Brazil. *Phytotaxa*, 461(1), 143–149. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.461.1.11>
- Couto, D. R., Manhães, V. C., & Costa, A. F. (2020b). *Stigmatodon francae* (Bromeliaceae, Tillandsioideae), a new species from cliff ecosystems on inselbergs in southeastern Brazil.

Novon, 28(4), 275–280.

<https://doi.org/10.3417/2020521>

Couto, D. R., Manhães, V. C., & Leme, E. M. C. (2025b). A diurnal new species of *Stigmatodon* (Bromeliaceae, Tillandsioideae) from vertical rock walls of the Atlantic Forest inselbergs, Espírito Santo state, Brazil. *Phytotaxa*, 720(2), 149–156.

<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.720.2.5>

Couto, D. R., Manhães, V. C., & Leme, E. M. C. (2021a). *Alcantarea alegrensis*: A new endemic species from Espírito Santo State, Brazil, threatened by rock mining. *Journal of the Bromeliad Society*, 71(1), 27–38.

Couto, D. R., Porembski, S., Barthlott, W., & de Paula, L. F. A. (2023b). Hyperepithitics—an overlooked life form of vascular plants on tropical vertical rock walls. *Austral Ecology*, 48(6), 1074–1082.

<https://doi.org/10.1111/aec.13352>

Covre, J. M. C., Couto, D. R., Dias, H. M., & Zorzanelli, J. P. F. (2021). Vascular plants on inselberg landscapes in Espírito Santo state: Bases for the creation of a protected area in southeastern Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 43, e54760.

<https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v43i1.54760>

Covre, J. M. C., Couto, D. R., Francisco, T. M., Nascimento, M. T., & Dias, H. M. (2025). Woody vegetation in Atlantic Forest inselbergs: Floristic similarity, patterns of richness, pollination/dispersal syndromes, and influence of climatic variables. *Biota Neotropica*, 25(3), e20251796. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2025-1796>

da Silveira, V. A., Veloso, G. V., de Paula, H. B., dos Santos, A. R., Schaefer, C. E. G. R., Fernandes-Filho, E. I., & Francelino, M. R. (2022). Modeling and mapping of inselberg habitats for environmental conservation in the Atlantic Forest and Caatinga domains, Brazil. *Environmental Advances*, 8, 100209.

<https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100209>

de Paula, L. F. A., Azevedo, L. O., Mauad, L. P., Cardoso, L. J. T., Braga, J. M. A., Kollmann, L. J. C., Fraga, C. N., Menini Neto, L., Labiak, P.

H., Mello-Silva, R., Porembski, S., & Forzza, R. C. (2020). Sugarloaf land in south-eastern Brazil: A tropical hotspot of lowland inselberg plant diversity. *Biodiversity Data Journal*, 8, e53135. <https://doi.org/10.3897/BDJ.8.e53135>

de Paula, L. F. A., Colmenares-Trejos, S. L., Negreiros, D., Rosado, B. H., Arcoverde de Mattos, E., de Bello, F., & Silveira, F. A. (2019b). High plant taxonomic beta diversity and functional and phylogenetic convergence between two Neotropical inselbergs. *Plant Ecology & Diversity*, 13(1), 61–73.

<https://doi.org/10.1080/17550874.2019.1673846>

de Paula, L. F. A., Forzza, R. C., Azevedo, L. O., Bueno, M. L., Solar, R. R. C., Vanschoenwinkel, B., & Porembski, S. (2021). Climatic control of mat vegetation communities on inselberg archipelagos in south-eastern Brazil. *Biological Journal of the Linnean Society*, 133(2), 604–623. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa196>

de Paula, L. F. A., Forzza, R. C., Neri, A. V., Bueno, M. L., & Porembski, S. (2016b). Sugar Loaf Land in south-eastern Brazil: A centre of diversity for mat-forming bromeliads on inselbergs. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(3), 459–476.

<https://doi.org/10.1111/boj.12383>

de Paula, L. F. A., Kolb, R. M., Porembski, S., Silveira, F. A., & Rossatto, D. R. (2019a). Rocks and leaves: Can anatomical leaf traits reflect environmental heterogeneity in inselberg vegetation? *Flora*, 250, 91–98.

<https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.11.020>

de Paula, L. F. A., Mota, N. F. O., Viana, P. L., & Stehmann, J. R. (2017). Floristic and ecological characterization of habitat types on an inselberg in Minas Gerais, southeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 31(2), 199–211.

<https://doi.org/10.1590/0102-33062016abb0409>

de Paula, L. F. A., Negreiros, D., Azevedo, L. O., Fernandes, R. L., Stehmann, J. R., & Silveira, F. A. O. (2015). Functional ecology as a missing link for conservation of a resource-limited flora in the Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation*, 24, 2239–2253.

<https://doi.org/10.1007/s10531-015-0904-x>

- de Paula, L. F. A., Porembski, S., Azevedo, L. O., Stehmann, J. R., Mauad, L. P., & Forzza, R. C. (2016a). Pães de Açúcar, refúgios de alta biodiversidade na Mata Atlântica. *Ciência Hoje*, 57(339), 22–29.
- de Paula, L. F. A., Smith, R. J., Handley, V., Antonelli, A., & Fiedler, P. L. (2024). Beyond scents: Fragrance industry partnerships for biodiversity conservation. *SciELO Preprints*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.10876>
- do Carmo Barbosa, M. M., Ferreira Pinto Machado, A., Almeida dos Santos, A. K., de Sá-Neto, R. J., & Martins Corrêa, M. (2023). Species richness and similarity of the flora on four lajedos in Boa Nova, Bahia, Brazil. *Journal of Mountain Science*, 20(6), 1526–1539. <https://doi.org/10.1007/s11629-022-7835-2>
- Esgario, C. P., Fontana, A. P., & Silva, A. G. (2009). A flora vascular sobre rocha no Alto Misterioso, uma área prioritária para conservação da Mata Atlântica no Espírito Santo, Sudeste do Brasil. *Natureza On Line*, 7, 80–91.
- Fraga, C. N., & Feres, F. (2007). *Luxemburgia misteriosa* (Ochnaceae), a new species from Atlantic rain forest of Espírito Santo, Brazil. *Harvard Papers in Botany*, 12(2), 405–408. [https://doi.org/10.3100/1043-4534\(2007\)12\[405:LMOANS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3100/1043-4534(2007)12[405:LMOANS]2.0.CO;2)
- Fraga, C. N., Aymard, G., & Stehmann, J. R. (2017). *Davilla hirsuticarpa* (Dilleniaceae), a new species from the Atlantic Forest of Brazil. *Plant Ecology and Evolution*, 150(3), 367–373. <https://doi.org/10.5091/plecevo.2017.1326>
- Fraga, C. N., Fontana, A. P., & Kollmann, L. J. C. (2014). A new species of *Prepusa* (Helieae, Gentianaceae) from the Brazilian Atlantic Forest, with an emended key for the genus. *Phytotaxa*, 163(5), 287–294. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.163.5.4>
- Fraga, C. N., & Guimarães, P. J. F. (2014). Two new species of *Pleroma* (Melastomataceae) from Espírito Santo, Brazil. *Phytotaxa*, 166(1), 77–84. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.166.1.5>
- Fraga, C. N., Peixoto, A. L., Leite, Y. L. R., Santos, N. D., Oliveira, J. R. P. M., Sylvestre, L. S., Schwartsburd, P. B., Tuler, A. C., Freitas, J., Lírio, E. J., Couto, D. R., Dutra, V. F., Waichert, C., Sobrinho, T. G., Hostim-Silva, M., Ferreira, R. B., Bérnils, R. S., Costa, L. P., Chaves, F. G., ... Saiter, F. Z. (2019b). Lista da fauna e flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. In C. N. Fraga, M. H. Formigoni, & F. G. Chaves (Eds.), *Fauna e flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo* (pp. 342–419). Instituto Nacional da Mata Atlântica.
- Fraga, F. R., Couto, R. S., & Braga, J. M. (2019a). *Dioscorea medusae* (Dioscoreaceae), a new species from Espírito Santo, Brazil. *Phytotaxa*, 403(2), 131–136. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.403.2.6>
- Francisco, T. M., Couto, D. R., Evans, D. M., Garbin, M. L., & Ruiz-Miranda, C. R. (2018). Structure and robustness of an epiphyte–phorophyte commensalistic network in a neotropical inselberg. *Austral Ecology*, 43(8), 903–914. <https://doi.org/10.1111/aec.12640>
- Francisco, T. M., Couto, D. R., & Garbin, M. (2025). Network structure and species roles in epiphyte–phorophyte interactions on a Neotropical Inselberg woody vegetation. *Forests*, 16(8), 1300. <https://doi.org/10.3390/f16081300>
- Francisco, T. M., Couto, D. R., Moreira, M. M., Fontana, A. P., & Fraga, C. N. (2023). Inselbergs from Brazilian Atlantic Forest: high biodiversity refuges of vascular epiphytes from Espírito Santo. *Biodiversity and Conservation*, 32, 2561–2584. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02618-7>
- Giaretta, A., & Fraga, C. N. (2014). Two new *Eugenia* species (Myrtaceae) from the Brazilian Atlantic forest. *Phytotaxa*, 163(2), 113–120. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.163.2.5>
- Goldenberg, R., Bochorny, T., Ziemmer, J. K., Amorim, A. M., & Fraga, C. N. (2023). *Merianthera calyptrata* sp. nov. (Melastomataceae, Myrtales), a new candelabriform species from Minas Gerais, Brazil. *European Journal of Taxonomy*, 888, 64–76. <https://doi.org/10.5852/ejt.2023.888.2209>
- Goldenberg, R., Fraga, C. N., Fontana, A. P., Nicolas, A. N., & Michelangeli, F. A. (2012). Taxonomy and phylogeny of *Merianthera*

- (Melastomataceae). *Taxon*, 61(5), 1040–1056.
<https://doi.org/10.1002/tax.615010>
- Goldenberg, R., & Kollmann, L. J. C. (2016). Two new species of *Pleroma* (Melastomataceae) from Espírito Santo, Brazil. *Brittonia*, 68, 37–45.
<https://doi.org/10.1007/s12228-015-9390-4>
- Gomes-da-Silva, J., Santos-Silva, F., & Forzza, R. C. (2019). Does nomenclatural stability justify para/polyphyletic taxa? A phylogenetic classification in the xeric clade *Pitcairnioideae* (Bromeliaceae). *Systematics and Biodiversity*, 17(5), 467–490.
<https://doi.org/10.1080/14772000.2019.1646834>
- Gonçalves, E. G. (2011). *Philodendron bernardopazii* and *P. ricardoii* spp. nov. (Araceae) from Espírito Santo State, Brazil. *Nordic Journal of Botany*, 29(4), 385–390.
<https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2011.01103.x>
- Gonçalves, E. G., & de Paula, L. F. A. (2016). A new species of *Anthurium* (Araceae) from Minas Gerais State, Southeastern Brazil. *Phytotaxa*, 247(4), 281–286.
<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.247.4.6>
- Gouvêa, Y. F., Giacomini, L. L., & Stehmann, J. R. (2018). A sticky and heavily armed new species of *Solanum* (*Solanum* subg. *Leptostemonum*, Solanaceae) from eastern Brazil. *PhytoKeys*, 111, 103–118.
<https://doi.org/10.3897/phytokeys.111.28595>
- Grime, J. P. (2001). *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*. Wiley
- Hmeljevski, K. V., dos Reis, M. S., & Forzza, R. C. (2015). Patterns of gene flow in *Encholirium horridum* L. B. Sm., a monocarpic species of Bromeliaceae from Brazil. *Journal of Heredity*, 106(1), 93–101.
<https://doi.org/10.1093/jhered/esu067>
- Hmeljevski, K. V., Nazareno, A. G., Bueno, M. L., Reis, M. S., & Forzza, R. C. (2017). Do plant populations on distinct inselbergs talk to each other? A case study of genetic connectivity of a bromeliad species in an Ocbil landscape. *Ecology and Evolution*, 7(13), 4704–4716.
<https://doi.org/10.1002/ece3.3038>
- Hopper, S. D., Silveira, F. A. O., & Fiedler, P. (2016). Biodiversity hotspots and Ocbil theory. *Plant and Soil*, 403, 167–216.
<https://doi.org/10.1007/s11104-015-2764-2>
- Keith, D. A., Ferrer-Paris, J. R., Nicholson, E., & Kingsford, R. T. (2020). *The IUCN global ecosystem typology 2.0: Descriptive profiles for biomes and ecosystem functional groups*. IUCN
- Kessous, I. M., & Freitas, L. (2023). Implementing spatial analyses to measure angiosperm biodiversity from the high-altitude grasslands of the Atlantic forest. *Alpine Botany*, 133, 163–178. <https://doi.org/10.1007/s00035-023-00298-1>
- Kollmann, L. J. C., & Fontana, A. P. (2010). *Begonia goldingiana* L. Kollmann & A. P. Fontana (Begoniaceae), a new species from the Atlantic Forest of Southern Bahia, Brazil. *Candollea*, 65(2), 185–188.
<https://doi.org/10.15553/c2010v652a1>
- Kremen, C., & Merenlender, A. M. (2018). Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, 362, eaau6020.
<https://doi.org/10.1126/science.aau6020>
- Lacerda, J. V., Santana, D., de Assis, B., & Feio, R. (2009). Anurans in bromeliads, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, state of Minas Gerais, southeastern Brazil. *Check List*, 5(4), 800–804. <https://doi.org/10.15560/5.4.800>
- Lehmann, J. R. K., Prior, M. D., de Paula, L. F. A., Azevedo, L., Porembski, S., Buttschardt, T. K., & Solar, R. (2022). Using drone imagery to upscale estimates of water capacity in tank bromeliads on steep neotropical inselbergs. *Austral Ecology*, 47(2), 196–202.
<https://doi.org/10.1111/aec.13113>
- Leme, E. M. C., Couto, D. R., Kollmann, L. J. C., & Fraga, C. N. (2022b). Novelty in *Stigmatodon* (Bromeliaceae, Tillandsioideae), a genus endemic to Brazil: Three new species, one new combination, and two new stigma types. *Phytotaxa*, 576(3), 233–249.
<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.576.3.1>
- Leme, E. M. C., Fontana, A. P., & Halbritter, H. (2010a). Three new *Pitcairnia* species (Bromeliaceae) from the inselbergs of Espírito

- Santo, Brazil. *Systematic Botany*, 35(3), 487–496.
<https://doi.org/10.1600/036364410792495971>
- Leme, E. M. C., Fraga, C. N., Kollmann, L. J. C., Brown, G. K., Till, W., Ribeiro, O. B. C., Machado, M. C., Monteiro, F. J. S., & Fontana, A. P. (2010b). Miscellaneous new species in the Brazilian Bromeliaceae. *Rodriguésia*, 61(1), 21–67. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201061104>
- Leme, E. M. C., Souza, E. H., Till, W., Barfuss, M. H. J., Siqueira Filho, J. A., Kollmann, L. J. C., Couto, D. R., Fraga, C. N., Fontana, A. P., Farias-Castro, A. S., & Silva, J. B. F. (2025). Twenty miscellaneous new species and one new nothogenus and nothospecies in Brazilian Bromeliaceae. *Phytotaxa*, 692(1), 1–60. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.692.1.1>
- Leme, E. M. C., Till, W., Kollmann, L. J. C., Moura, R. L., & Ribeiro, O. C. B. (2014). Miscellaneous new species of Brazilian Bromeliaceae – III. *Phytotaxa*, 177(2), 61–100. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.177.2.1>
- Leme, E. M. C., Zizka, G., Souza, E. H., Paule, J., Carvalho, J. D. T., Mariath, J. E. A., Halbritter, H., & Ribeiro, O. B. C. (2022a). New genera and a new species in the “Cryptanthoid Complex” (Bromeliaceae: Bromelioideae) based on the morphology of recently discovered species, seed anatomy, and improvements in molecular phylogeny. *Phytotaxa*, 544(2), 128–170. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.544.2.2>
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- Machado, D. N. S., de Barros, A. A. M., & de Andrade Ribas, L. (2020). Exotic plants in a rocky outcrop area in the municipality of Niterói, Rio de Janeiro state, Brazil. *Journal of Coastal Conservation*, 24(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11852-019-00719-6>
- Manhães, V. C., Couto, D. R., Salgueiro, F., & Costa, A. F. (2025). Morphological and genetic evidence for the *Stigmatodon goniorachis* complex (Tillandsioideae, Bromeliaceae) reveals a new species on inselbergs in the Brazilian Atlantic Forest. *Systematic Botany*, 49(4), 673–694. <https://doi.org/10.1600/036364424X17319705780145>
- Marks, R. A., Farrant, J. M., McLetchie, D. N., & VanBuren, R. (2021). Unexplored dimensions of variability in vegetative desiccation tolerance. *American Journal of Botany*, 108(2), 1–13. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1588>
- Martinelli, G. (1989). *Campos de altitude*. Editora Index.
- Martinelli, G. (2007). Mountain biodiversity in Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 30(4), 587–597. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000400005>
- Martinelli, G., & Forzza, R. C. (2006). *Pitcairnia L’Hér.* (Bromeliaceae): Uma nova espécie, *P. azouryi* Martinelli & Forzza, e observações sobre *P. encholirioides* L. B. Sm. *Revista Brasileira de Botânica*, 29(4), 603–607. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000400010>
- McMillan, M. A., & Larson, D. W. (2002). Effects of rock climbing on the vegetation of the Niagara Escarpment in southern Ontario, Canada. *Conservation Biology*, 16(2), 389–398. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00377.x>
- Meirelles, S. T., Pivello, V. R., & Joly, C. A. (1999). The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection. *Environmental Conservation*, 26(1), 10–20. <https://doi.org/10.1017/S0376892999000041>
- Mello-Silva, R., & Cabral, A. (2022). Taxonomic revision of *Barbacenia* (Velloziaceae) Atlantic Forest inselberg group, with two new species. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 107, 32–63. <https://doi.org/10.3417/2022685>
- Mendes, J. C. R., Fraga, C. N., Braga, J. M. A., & Athiê-Souza, S. M. (2024). *Phyllanthus novofriburgensis* and *P. pedrosae*, two new species of *Phyllanthus* subsect. *Clausseniani* (Phyllanthaceae) from Southeastern Brazil. *European Journal of Taxonomy*, 935, 293–306. <https://doi.org/10.5852/ejt.2024.935.2567>

- Menini Neto, L., van den Berg, C., & Forzza, R. C. (2013). Taxonomic revision of *Pseudolaelia* Porto & Brade (Laeliinae, Orchidaceae). *Acta Botanica Brasílica*, 27(2), 418–435. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000200015>
- Meyer, F. S., Kollmann, L. J. C., Fraga, C. N., & Goldenberg, R. (2018). Four new rupicolous species of *Pleroma* (Melastomataceae) endemic to Brazil. *Phytotaxa*, 348(4), 235–253. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.348.4.1>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. World Resources Institute.
- Ministério do Meio Ambiente. (2014). *Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014: Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção*. http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf
- Ministério do Meio Ambiente. (2022). *Lista nacional oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção*. <http://www.mma.gov.br>
- Monge, M., Fontana, A. P., Fraga, C. N., Kollmann, L. J. C., & Nakajima, J. N. (2021). *Colobus ruschianus* (Vernonieae, Asteraceae), a threatened narrow endemic species from Atlantic Forest inselbergs, Espírito Santo, Brazil. *Systematic Botany*, 46(4), 1114–1120. <https://doi.org/10.1600/036364421X16370109698533>
- Monge, M., Volet, D. P., & Semir, J. (2018). Five new species of Vernonieae (Asteraceae) from Espírito Santo, Brazil. *Rodriguésia*, 69(2), 595–610. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869224>
- Monge, M., Volet, D. P., & Semir, J. (2019). Two new species of Vernonieae (Asteraceae) from Espírito Santo, Southeastern Brazil. *Systematic Botany*, 44(2), 439–445. <https://doi.org/10.1600/036364419X15562052252144>
- Morales, J. F., Fontana, A. P., Kollmann, L. J. C., & Fraga, C. N. (2022). Inselbergs again: Four new species of *Mandevilla* (Apocynaceae) from Brazil. *Systematic Botany*, 47(4), 1080–1093. <https://doi.org/10.1600/036364422x16674053033912>
- Morales, J. F., & Kollmann, L. J. C. (2019). Increasing the known floristic diversity of Brazilian inselbergs: Two new species of *Mandevilla* (Apocynaceae) from Espírito Santo. *Acta Botanica Brasílica*, 34(1), 107–116. <https://doi.org/10.1590/0102-33062019abb0241>
- Moreira, F. G., Carvalho, F. A., & de Paula, L. F. (2025). Non-native plant species on inselbergs of Brazilian tropical forests: Checklist and insights for biodiversity management and conservation. *Neotropical Biology and Conservation*, 20(3), 255–280. <https://doi.org/10.3897/neotropical.20.e156777>
- Mundree, S. G., Baker, B., Mowla, S., Peters, S., Saberi Marais, S., Willigen, C. V., Govender, K., Maredza, A., Muyanga, S., Farrant, J., & Thomson, J. A. (2002). Physiological and molecular insights into drought tolerance. *African Journal of Biotechnology*, 1(2), 28–38. <https://doi.org/10.5897/AJB2002.000-006>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Nazareno, A. G., Neto, L. M., Buzatti, R. S. D. O., van den Berg, C., & Forzza, R. C. (2020). Four raised to one equals one: A genetic approach to the *Pseudolaelia vellozicola* complex does not follow a math rule. *Ecology and Evolution*, 10(11), 4562–4569. <https://doi.org/10.1002/ece3.6148>
- Neves, D. M., Dexter, K. G., Pennington, R. T., Valente, A. S. M., Bueno, M. L., Eisenlohr, P. V., Fontes, M. A. L., Miranda, P. L. S., Moreira, S. N., Rezende, V. L., & Saiter, F. Z. (2017). Dissecting a biodiversity hotspot: The importance of environmentally marginal habitats in the Atlantic Forest domain of South America. *Diversity and Distributions*, 23(8), 898–909. <https://doi.org/10.1111/ddi.12581>
- Nic Lughadha, E., Bachman, S. P., Leão, T. C., Forest, F., Halley, J. M., Moat, J., Acedo, C.,

- Bacon, K. L., Brewer, R. F. A., Gâteblé, G., Gonçalves, S. C., Govaerts, R., Hollingsworth, P. M., Krisai-Greilhuber, I., de Lirio, E. J., Moore, P. G. P., Negrão, R., Onana, J. M., Rajaovelona, L. R., ... Walker, B. E. (2020). Extinction risk and threats to plants and fungi. *Plants, People, Planet*, 2(5), 389–408.
- Oliveira, J. A., & Sobrado, S. V. (2016). *Bradea borrerioides* (Rubiaceae), a new species from Brazilian inselbergs. *Phytotaxa*, 243(1), 83–90. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.243.1.4>
- Paixão-Souza, B., Silva, N. G., Guimarães, A. R., Alves, R. J. V., & Costa, A. F. (2021). *Tillandsia mantiqueirae* (Bromeliaceae), a new species from Minas Gerais State, Brazil. *Phytotaxa*, 525(3), 196–204. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.525.3.2>
- Palma-Silva, C., Wendt, T., Pinheiro, F., Barbará, T., Fay, M. F., Cozzolino, S., & Lexer, C. (2011). Sympatric bromeliad species (*Pitcairnia* spp.) facilitate tests of mechanisms involved in species cohesion and reproductive isolation in Neotropical inselbergs. *Molecular Ecology*, 20(15), 3185–3201. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05143.x>
- Pena, N. T. L., & Alves-Araújo, A. (2017). Angiosperms from rocky outcrops of Pedra do Elefante, Nova Venécia, Espírito Santo, Brazil. *Rodriguésia*, 68(5), 1895–1905. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201768522>
- Pessoa, E., & Alves, M. (2016). Taxonomic revision of *Campylocentrum* (Orchidaceae, Vandaeae, Angraecinae): Species with terete leaves. *Systematic Botany*, 41(3), 700–713. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.362.1.1>
- Pinto-Junior, H. V., de Carvalho Müller, L. A., & Neri, A. V. (2023). Turnover is the dominant process of taxonomic and functional β -diversity on Neotropical inselbergs. *Flora*, 305, 152319.
- Pinto-Junior, H. V., Heringer, G., Diniz, É. S., Müller, L. A. D. C., Villa, P. M., Meira-Neto, J. A. A., & Neri, A. V. (2024). Biogeographic isolation and climate shape the evolutionary heritage of Neotropical inselbergs. *Global Ecology and Biogeography*, 33(8), e13860.
- Pinto-Junior, H. V., Villa, P. M., Menezes, L. F. T., & Pereira, M. C. A. (2020a). Effect of climate and altitude on plant community composition and richness in Brazilian inselbergs. *Journal of Mountain Science*, 17, 1931–1941. <https://doi.org/10.1007/s11629-019-5801-4>
- Pinto-Junior, H. V., Villa, P. M., Pereira, M. C. A., & Menezes, L. F. T. (2020b). The pattern of high plant diversity of Neotropical inselbergs: Highlighting endemic, threatened and unique species. *Acta Botanica Brasilica*, 34(4), 645–661.
- Porembski, S. (2000). The invasibility of tropical granite outcrops (“inselbergs”) by exotic weeds. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 83, 131–137.
- Porembski, S. (2007). Tropical inselbergs: Habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. *Revista Brasileira de Botânica*, 30, 579–586. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000400004>
- Porembski, S., & Barthlott, W. (Eds.). (2000). *Inselbergs: Biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions*. Springer.
- Porembski, S., Becker, U., & Seine, R. (2000). Islands on islands: Habitats on inselbergs. In S. Porembski & W. Barthlott (Eds.), *Inselbergs: Biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions* (Ecological Studies, Vol. 146, pp. 49–67). Springer.
- Porembski, S., Martinelli, G., Ohlemüller, R., & Barthlott, W. (1998). Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. *Diversity and Distributions*, 4(3), 107–119. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1998.00013.x>
- Porembski, S., Rexroth, J., Weising, K., Bondi, L., Mello-Silva, R., Centeno, D. C., Datar, M. N., Watve, A., Thiombano, A., Tindano, E., Rabarimanarivo, M. N., & de Paula, L. F. A. (2021). An overview on desiccation-tolerant mat-forming monocotyledons on tropical inselbergs. *Flora*, 285, 151953. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151953>

- Porembski, S., Silveira, F. A. O., Fiedler, P. L., Watve, A., Rabarimanarivo, M., Kouame, F., & Hopper, S. D. (2016). Worldwide destruction of inselbergs and related rock outcrops threatens a unique ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 25, 2827–2830. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1171-1>
- Procheş, Ş., Cowling, R. M., & du Preez, D. R. (2005). Patterns of geophyte diversity and storage organ size in the winter-rainfall region of southern Africa. *Diversity and Distributions*, 11(1), 101–109. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00132.x>
- Projeto MapBiomas. (2025). *Coleção 9 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil*. <https://brasil.mapbiomas.org/>
- Ribeiro, K. R., Medina, B. M. O., & Scarano, F. R. (2007). Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, 30(4), 623–639. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000400008>
- Safford, H. D. (1999). Brazilian páramos I: An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. *Journal of Biogeography*, 26(4), 693–712. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.00313.x>
- Safford, H. D., & Martinelli, G. (2000). Southeast Brazil. In S. Porembski & W. Barthlott (Eds.), *Inselbergs: Biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions* (pp. 339–389). Springer.
- Sales, M. F., Kinoshita, L. S., & Simões, A. O. (2006). Eight new species of *Mandevilla* Lindley (Apocynaceae, Apocynoideae) from Brazil. *Novon*, 16, 112–128.
- Scarano, F. R. (2002). Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. *Annals of Botany*, 90(4), 517–524. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf189>
- Seine, R., Porembski, S., & Barthlott, W. (1996). A neglected habitat of carnivorous plants: Inselbergs. *Feddes Repertorium*, 106(5–8), 555–562.
- Serviço Geológico do Brasil. (2021). *Litoestratigrafia integrada do Brasil ao milionésimo* [Shapefile]. <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22527>
- Sobral, M., Bünger, M. O., Azevedo, L. O., & de Paula, L. F. (2021). *Eugenia saxatilis* (Myrtaceae), a new species from Minas Gerais, Brazil. *Phytotaxa*, 522(2), 157–160. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.522.2.8>
- Tabarelli, M., & Santos, A. M. M. (2004). Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. In K. C. Porto, J. J. P. Cabral, & M. Tabarelli (Eds.), *Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: História natural, ecologia e conservação* (pp. 17–24). Ministério do Meio Ambiente.
- Taylor, N. P., & Zappi, D. C. (2004). *Cacti of eastern Brazil*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Teles, A. M., Manhães, V. C., & Couto, D. R. (2024). Half a century later, a new species of *Wunderlichia* (Wunderlichieae, Asteraceae) from the Atlantic Forest inselbergs of Espírito Santo, Brazil. *Phytotaxa*, 664(3), 172–180. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.664.3.2>
- Trad, R. J., Bittrich, V., & Amaral, M. C. E. (2020). Hardly a surprise: Six new *Kielmeyera* species (Calophyllaceae) from Brazilian Southeast Atlantic Forest. *Systematic Botany*, 45(1), 102–121. <https://doi.org/10.1600/036364420X15801369352360>
- União Internacional para a Conservação da Natureza. (2016). *A global standard for the identification of key biodiversity areas: Version 1.0*. UICN.
- United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, & International Union for Conservation of Nature. (2025). *Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA) and World Database on Other Effective Area-based Conservation Measures (WD-OECM)* [Data set]. <https://www.protectedplanet.net>

Valadares, R. T., Couto, D. R., Manhães, V. C., Silva, L. A., & Dutra, V. F. (2024). *Anthurium capixaba* (Araceae): A new species with cordate leaves from Brazil. *Phytotaxa*, 664(1), 75–82. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.664.1.7>

Valadares, R. T., Kollmann, L. J. C., & Sakuragui, C. M. (2019). A new species of *Anthurium* (Araceae) with cordate leaves from southeastern Brazil. *Novon*, 27(1), 3–7. <https://doi.org/10.3417/2018270>

Vanschoenwinkel, B., de Paula, L. F. A., Snoeks, J. M., Van der Stocken, T., Buschke, F. T., Porembski, S., & Silveira, F. A. O. (2024). The ecological and evolutionary dynamics of inselbergs. *Biological Reviews*, 100(2), 481–507. <https://doi.org/10.1111/brv.13150>

Versiane, A. F. A., Romero, R., Fontelas, J. C., & Goldenberg, R. (2022). Flora of Espírito Santo: Tribe Microlicieae (Melastomataceae). *Rodriguésia*, 73, e00332021. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202273002>

Versieux, L. M., & Wanderley, M. G. L. (2007). A new species of *Alcantarea* (É. Morren ex Mez) Harms, Bromeliaceae. *Hoehnea*, 34(3), 409–413. <https://doi.org/10.1590/S2236-89062007000300009>

Versieux, L. M., & Wanderley, M. G. L. (2015). *Bromélias-gigantes do Brasil*. Capim Macio & Offset Gráfica e Editora.

Viana, P. L., & de Paula, L. F. A. (2013). *Axonopus graniticola*, a new species of *A. ser. Suffulti* (Poaceae, Panicoideae, Paspaleae) from Minas Gerais, Brazil. *PhytoKeys*, 21, 7–16. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.21.4157>

Vicré, M., Farrant, J. M., & Driouich, A. (2004). Insights into the cellular mechanisms of desiccation tolerance among angiosperm resurrection plant species. *Plant, Cell & Environment*, 27(11), 1329–1340. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2004.01212.x>

Wintle, B. A., Kujala, H., Whitehead, A., Cameron, A., Veloz, S., Kukkala, A., Moilanen, A., Gordon, A., Lentini, P. E., Cadenhead, N. C. R., & Bekessy, S. A. (2019). Global synthesis of conservation studies reveals the importance of

small habitat patches for biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(3), 909–914. <https://doi.org/10.1073/pnas.1813051115>