



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Departamento de Botânica

**Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal**



**VERA LÚCIA FERREIRA**

**FLORA SAXÍCOLA DA FORMAÇÃO CÁRSTICA SETE  
LAGOAS, MINAS GERAIS**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.**

**Área de Concentração Morfologia, Sistemática e Diversidade Vegetal**

**BELO HORIZONTE – MG**

**2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Departamento de Botânica

**Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal**



**VERA LÚCIA FERREIRA**

**FLORA SAXÍCOLA DA FORMAÇÃO CÁRSTICA SETE  
LAGOAS, MINAS GERAIS**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.**

**Área de Concentração Morfologia, Sistemática e Diversidade Vegetal**

**Orientador: Prof. Dr. João Renato Stehmann  
Universidade Federal de Minas Gerais**

**BELO HORIZONTE – MG**

**2020**

043 Ferreira, Vera Lúcia.  
Flora saxícola da formação Cárstica Sete Lagoas, Minas Gerais [manuscrito] /  
Vera Lúcia Ferreira. – 2020.  
99 f. : il. ; 29,5 cm.


Orientador: Prof. Dr. João Renato Stehmann.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de  
Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal.

1. Ecossistema. 2. Cárste. 3. Flora. I. Stehmann, João Renato. II.  
Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III.  
Título.

CDU: 581

**Dissertação defendida pela mestranda Vera Lúcia  
Ferreira e aprovada em 21 de fevereiro de 2020, pela  
banca examinadora constituída pelos professores:**

  
*Dr. João Renato Stehmann (UFMG)*

  
*Dr. Luiza Fonseca Amorim de Paula (pós doc UFMG)*

  
*Dr. Danilo Mesquita Neves (UFMG)*

## **Agradecimentos**

Dedico esse trabalho as todas as flores em forma de pessoas que encontrei durante essa incrível jornada florística e eterna gratidão á todas as corajosas flores que me ajudaram a desbravar os planetas rochosos, aparentemente inóspitos da Gruta da Lapinha e Gruta do Baú.

Para minha sorte, foram muitas flores!

Sozinha eu não teria chegado ate aqui, esse foi meu maior aprendizado, essa dissertação é o resultado de muito esforço e alegria conjunta. Foram muitas risadas, transformações e superação.

Essa dissertação é o resultado da imersão na mais profunda solidão que já senti. Madrugada afora, muitas horas em frente ao computador e um companheiro inseparável: café.

Meu primeiro agradecimento é ao João Renato, orientador e pai da paciência. Agradeço por compartilhar o amor pela botânica, muito conhecimento e vibrar com os tesouros do calcário comigo. Sempre muito paciente com meu lado dramático e choradeira digna de novela mexicana (rs).

Ao prof. Leandro Assis, pelo conhecimento compartilhado, brigas, conselhos, paciência, profundas reflexões e doses importantes de humildade.

Agradeço a Gracielle Teodora e Camila Luciana da UNIFEMM, pelas oportunidades, ajuda, amizade e por sempre acreditarem no meu potencial desde o início, mesmo quando nem eu acreditava que passaria no mestrado. Flores como vocês que fazem toda a diferença.

Agradeço aos professores João Batista (Orchidaceae) e Alexandre Salino (Monilófitas) pela boa vontade e ajuda nas identificações.

Aos amigos queridos, Ariadne Dias, Juliana Francisco De Souza, Gustavo Santos, Nayara Moreira, Bárbara Azevedo, Jenny Paucar, Carol Leroy, Júnior Lacerda e meu querido Romário Tabosa (Em memoria). As primeiras amizades que fiz no laboratório de sistemática vegetal e certamente levarei para a vida.

Thamyris Bragioni (bunita): mais que uma amiga, uma irmã. Obrigada por acreditar no meu potencial, por todas as palavras certas em momentos incertos e sempre me ouvir nos momentos de angústias.

Agradeço a querida Caroline Assunção, companheira de desafios, inspiração acadêmica e sempre me ajudando nas dúvidas.

Ao meu fiel companheiro de campo e querido amigo: Gabriel Santos, sem você eu não teria conseguido. Obrigada por ser uma pessoa incrível, sempre disposto a ir para o campo comigo e no final das contas sobrevivemos!

Mateus Fernandes (migo), obrigada pela ajuda, obrigada por sua alegria, amizade e bondade. Minha primeira amizade no ICB, não tenho palavras para descrever o quanto você foi e é importante.

Ione Serafin, minha irmã perdida, pela amizade, bares, viagens, risadas, alegria, não me deixar “surtar” na reta final do mestrado e paciência com as minhas maluquices.

Fernanda Figueiredo (Fe) e Vinnicius Moreira (Vini), meu trio da sorte e da risada! Meus dias ficaram mais leves depois que conheci vocês, juntos somos “as louc@s da botânica” e sempre seremos!

Ao Rodrigo Magalhães (Rodriguesia) e Tiago Vilas-Boas obrigada pelos campos animados, caronas, risadas e amizade. Obrigada por saber que sempre posso contar com vocês.

Galera do café da sistemática: Ingridy, Renato, Lucas, Yuri, Raquel (red), Patrícia, Ana Paula, Gabriel Penalosa, Dani Bonares, Davy, Mari Augsten, Alexandre Salino, Danilo e Marcela. Boas risadas, conversas e guloseimas.

Dani Melo e Luísa Azevedo, agradeço pela amizade, conselhos, ajuda e principalmente: paixão pela botânica.

Agradeço ao pessoal da Gruta da Lapinha, Cíntia Palhares, Djalma, Jean e a Clotilde (jibóia), fizeram dos meus campos memoráveis.

A mais bela flor do meu jardim minha irmã/mãe, Cíntia Ferreira: obrigada pela compreensão, apoio, chocolates e por sempre estar ao meu lado na alegria e na tristeza.

Eterna gratidão aos maciços da Gruta do Baú e Gruta da Lapinha e as mais belas flores que já vi: Beleza e força que por várias vezes me trouxeram lágrimas aos olhos, estavam escondidinhas, efêmeras e as vezes tão pequeninas que se eu não prestasse atenção, tamanha beleza que me gerou tamanha emoção, teriam passado despercebidas.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da UFMG.

Fecho um ciclo com muita alegria, amor e amizade no coração.

E com a certeza que, com alma e com calma se vai longe!

Ao meu pequeno planeta chamado Baú

Não há o “meu planeta” ou as “minhas plantas”.

Há se há um colonizador.

Mas, se há um visitante, há apenas.

Estamos aqui só de passagem e nada mais.

(Pirilampo)

## RESUMO

A presença de rochas carbonáticas determina um tipo de relevo específico, o Carste. As áreas cársticas são caracterizadas pela formação de cavernas, cânions, paredões rochosos, dolinas e maciços residuais devido a drenagem de sentido vertical e subterrânea sobre rochas solúveis. Em Minas Gerais, a formação cárstica de Sete Lagoas, pertencente ao grupo Bambuí, é uma das mais importantes. Ela engloba uma extensa área inserida no bioma Cerrado, caracterizada pela presença de maciços calcários. A flora associada a ela é pouco conhecida, com destaque para o levantamento realizado por Eugen Warming, mais de 150 anos atrás, quando estudou o Cerrado de Lagoa Santa. Menos conhecida ainda é a flora saxícola, aquela associada aos microhabitats dos maciços calcários, que criam condições ambientais favoráveis ao estabelecimento de plantas, e que estão extremamente ameaçados, especialmente por ações antrópicas diretas (mineração) ou indiretas (espécies invasoras). Neste trabalho, estudamos a riqueza florística saxícola, os microhabitats e as formas de vida existentes nos maciços da Gruta do Baú e da Gruta da Lapinha, inseridos na formação cárstica Sete lagoas. No primeiro capítulo foi realizado o levantamento florístico das áreas de rocha exposta nos maciços. Foram realizadas coletas intensivas, tanto na estação seca quanto na chuvosa, e as amostras foram incuídas no herbário BHCB, do Centro de Coleções taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram identificadas 124 espécies de plantas vasculares, pertencentes a 92 gêneros, distribuídos em 45 famílias. As famílias mais ricas de angiospermas foram Orchidaceae (14 spp), Bromeliaceae (11 spp), Piperaceae (10 spp) enquanto que de monilófitas foram Pteridaceae (5 spp), Aspleniaceae e Polypodiaceae (3 spp cada). A maioria das espécies tem ampla distribuição, ocorrendo nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga (54 spp), seguidas por espécies no Cerrado e da Mata Atlântica (33 spp), enquanto poucas espécies são exclusivas de cada bioma (12 spp Cerrado, 13 spp na Mata Atlântica) e nenhuma espécie é exclusiva no Bioma Caatinga. As espécies invasoras e ruderais representaram 19% ,valor considerado alto. O total de 73% (91) das espécies coletadas nos dois maciços constam na lista das espécies coletadas por Warming (*Florula lagoensis*). As espécies raras *Rodriguezia brachystachys* Rchb.f. & Warm. e *Ruehssia virgultorum* (E.Fourn.) F.Esp.Santo & Rapini foram recoletada após longo período sem registro em Pedro Leopoldo. Cinco espécies encontram-se na Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção. Contudo, a maioria das espécies inventariadas (78%) não foram



avaliada quanto ao risco de extinção, indicando uma lacuna de conhecimento sobre o estado de conservação da flora Cárstica. No capítulo II a listagem das espécies do capítulo I foram utilizadas para caracterizar os microhabitats, as formas de vida e sua interação com as espécies dos maciços. Os microhabitats foram classificados em cinco tipos: ilha de solo, fenda, fissura, rocha exposta e epífita. O microhabitat fenda apresenta o maior número de espécies (54 spp), seguido por ilha de solo (20 spp), e epífita (17 spp). Do total de 124 espécies registradas, 57 são comuns aos dois maciços. A riqueza de espécies foi maior na Gruta do Baú com 95 espécies coletadas e 38 exclusivas. As formas de vida que se destacaram quanto ao espectro biológico foram fanerófitos 26% (33 spp), seguido de hemicriptófitas 20% (25 spp) e caméfitas 19% (24 spp). Apesar da baixa similaridade florística entre os maciços, a similaridade florística entre os microhabitats é alta, indicando a existência de preferência de habitat de um conjunto de espécies. Os resultados nos permitem concluir que na formação cárstica Sete Lagoas cada maciço possui uma flora saxícola peculiar, e que uma boa parcela das espécies possui preferência ambiental, podendo ser associada a um microhabitat do afloramento rochoso. Isso ressalta a importância da preservação de um maior número de maciços da formação Sete Lagoas, se quisermos conservar a biodiversidade em uma escala regional.

**Palavras-chave** Cárste. Florística. Microhabitat. Forma de Vida. Eugenius Warming.

## ABSTRACT

The presence of carbonate rocks determines a specific type of relief, "Karst", from Serbo-Croatian language, means "limestone field". Karst areas are characterized by the formation of caves, canyons, rocky walls, dolines and residual massifs due to vertical and underground drainage over soluble rocks. They are characterized by small areas or different extensions to the surrounding environments. Their microhabitats create favourable environmental conditions for the establishment of plant species. Karst rock outcrops are considered areas of species richness and endemism. However, direct anthropic (e.g. mining) or indirect (e.g. invasive species) actions are constant threats to the diversity of its flora. Eugenius Warming (1841-1924) introduced the world to the peculiar and extraordinary karst flora of the unknown province of Lagoa Santa in Minas Gerais. His work *Florula lagoensis* contributes to the reduction of Linnean (Taxonomic) and Wallacean (Occurrence) deficits due to the high number of collections in the region. The massive Gruta do Baú (municipality of Pedro Leopoldo) and Gruta da Lapinha (Lagoa Santa), part of the Sete Lagoas Formation, comprise terrestrial islands, which belong to the geological formation of the Bambuí group. We hope that the results might help to subsidize actions to manage and conserve the flora of the representative karsts of the Sete Lagoas formation. In the first chapter, the floristic survey of the exposed rock areas located in the massif was carried out. The species data were obtained from the Flora do Brasil 2020 and CNCFlora database. We registered 124 vascular plant species, distributed among 45 families and 92 genera. The richest families were Orchidaceae (14 spp.), Bromeliaceae (11 spp.), and Piperaceae (10 spp.), whereas for the monilophytes were Pteridaceae (five spp.), Aspleniaceae and Polypodiaceae (three spp. each). Most species have a wide distribution, occurring in the Cerrado, Atlantic Forest and Caatinga biomes (54 spp.), followed by species in the Cerrado and Atlantic Forest (33 spp.). In contrast, only a few species are exclusive to a single biome (12 spp. in the Cerrado and 13 spp. in the Atlantic Forest). None of the species is exclusive of the Caatinga Biome. Invasive and ruderal species represented 19%, a significant result. A total of 73% (91) of the species collected in the two massifs are included in the list of species collected by Warming (*Florula lagoensis*). The rare species *Rodriguezia brachystachys* Rchb.f. & Warm. and *Ruehssia virgultorum* (E.Fourn.) F.Esp.Santo & Rapini were collected in Pedro Leopoldo after a long period of time without registration. Five species are on the list of threatened species, that associated with the percentage of species "Not Evaluated" (78%), indicate the

necessity of preventive measures regarding the preservation of the limestone outcrops' vegetation. In the second chapter, the list of species in chapter I was used to characterize the microhabitats, life forms and their correlation of massif species. The microhabitats were classified as: soil island, crevice, fissure, exposed rock, and epiphyte. The microhabitat cleft had the largest number of species (54 spp.), followed by soil island (20 spp.), and epiphyte (17 spp.). In a total of 124 registered species, 57 are considered common to both massifs. Species richness was greater in the Gruta do Baú with 95 species collected and 38 classified as exclusives. Cracks create favourable conditions which facilitate the establishment of the largest number of species. The most common life forms, in terms of the biological spectrum, were phanerophytes 26% (33 spp.), followed by hemicryptophytes 20% (25 spp.), and campesites 19% (24 spp.). Despite the low floristic similarity between the massifs, the floristic similarity among the microhabitats was high. The results demonstrate that each massif is distinct, with a peculiar flora highly influenced by heterogeneity (microhabitats) and organized according to the available resources (niches). The heterogeneous and fragmented landscapes of the Karst studied indicate the essential requirement to preserve large outcrop areas of the Sete Lagoas Formation once they are fundamental to the conservation of biodiversity on a broader scale.

Keywords Karst. Floristic. Microhabitat. Life Form. Eugenius Warming.

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

### Capítulo I

- Figura 1.** Localização das áreas de estudo nos municípios de Lagoa Santa e Pedro Leopoldo, Minas Gerais..... 25
- Figura 2.** Características geomorfológicas dos dois maciços. Maciço da Gruta da Lapinha em Lagoa Santa (a) e Maciço da gruta do Baú em Pedro Leopoldo (b)..... 26
- Figura 3.** Gêneros de plantas vasculares mais ricos em número de espécies saxícolas nos maciços da Gruta do Baú (Pedro Leopoldo) e da Gruta da Lapinha (Lagoa Santa)..... 28
- Figura 4.** Diagrama de Venn mostrando a distribuição das espécies saxícolas dos Maciços do Baú e da Lapinha nos Biomas ocorrentes em Minas Gerais. .... 29
- Figura 5.** Classificação das espécies saxícolas dos Maciços do Baú e da Lapinha quanto ao risco de extinção (Categorias de Ameaça baseadas nos critérios da IUCN, 2016) realizada pelo Centro Nacional para Conservação da Flora. Não Avaliada (NE), Pouco Preocupante (LC), Em risco (RN), Deficiente de dados (DD), Quase ameaçada (NT) e espécies não classificadas, identificadas a nível de gênero (sp). .... 30
- Tabela 1.** Lista das espécies vasculares saxícolas registradas nos maciços da Gruta do Baú e Gruta da Lapinha, Minas Gerais, Brasil. Localidade (L), Gruta do Baú (G.B) e Gruta da Lapinha (G.L). Presente na lista da Florula Lagoensis (W). Domínio Fitogeográfico Mineiro (DFM). Cerrado (CE), Caatinga (CAA) e Mata Atlântica (MA). Área antropizada (AT). Status de conservação (S.C), Não avaliada quanto á ameaça (NE), Quase ameaçada (NT), Pouco preocupante (LC), Deficiente de dados (DD) e Em perigo (EN). Número de registro no Herbário BHCB (V.BHCB). Lista Vermelha das Espécies da Flora Ameaçada de Extinção em Minas Gerais (\*). .... 91
- Tabela 2.** Relação das espécies consideradas pouco registradas em herbários. Registros MG considera as espécies com registros nos herbários no estado de Minas Gerais. Registros Brasil considera as espécies com registro em herbários no território Brasileiro. Relação segundo os herbários virtuais INCT Herbário Virtual e Herbário Virtual Re flora. Espécies cultivadas foram desconsideradas. Espécie com asterisco (\*) representa primeira ocorrência em Minas Gerais. .... 62

## Capítulo II

- Figura 1.** Localização das áreas de estudo nos municípios de Lagoa Santa e Pedro Leopoldo, Minas Gerais (A). Características geomorfológicas dos dois maciços. Maciço da Gruta da Lapinha em Lagoa Santa (B) e Maciço da gruta do Baú em Pedro Leopoldo (C). ..... 53
- Figura 2.** Áreas de rocha expostas registradas nos maciços da gruta do Baú (a) e Gruta da Lapinha (b) em branco. Áreas amostradas em vermelho. Fonte: Google Earth 14/09/2019. .... 54
- Figura 3.** Classificação dos microhabitats de acordo com as irregularidades do relevo cárstico em (A). Microhabitats: Fenda (B), Epífito (C), Rocha Exposta (D), Ilhas de Solo (E) e Fissura (F)... ..... 56
- Figura 4.** Microhabitats dos dois afloramentos (Gruta da Lapinha e Gruta do Baú). Valores absolutos do total de coleta ocorrentes nos mesmos microhabitats nas duas localidades (n=110). e valores de espécies em comum aos dois afloramentos (n=57). . 64
- Figura 5.** Diagrama elíptico irregular de Venn. Exclusividade e compartilhamento de espécies entre os microhabitats na Gruta da Lapinha e Gruta do Baú..... 64
- Figura 6.** Dendrograma de similaridade de Jaccard da composição florística entre os microhabitats com as espécies em comum aos dois afloramentos. Gruta do Baú (1) e Gruta da Lapinha (2). Grau de similaridade de 0-1.(n=57) ..... 66
- Figura 7.** Formas de vida de Raunkiaer. Fanerófito (Fam), Hemicriptófito (Hem), Caméfito (Cam), Epífito (Epi), Geófito (Geo) e Terófito (Ter). Valores absolutos. 67
- Tabela 1.** Lista das espécies saxícolas coletadas nos maciços calcários da Gruta da Lapinha em Lagoa Santa e Gruta do Baú em Pedro Leopoldo, Minas Gerais. Localidade (L), G.B=Gruta do Baú E G.L= Gruta da Lapinha. Forma de vida de Raunkiaer (F.V), Fan=Fanerófito, Cam=Caméfito, Hem=Hemicriptófito, Geo=Geófito Ter=Terófito, Epi=Epífito, Microhabitat (MI), Fe=Fenda, Fi=Fissura, Is=Ilha de solo, Re=Rocha Exposta e Epi=Epífito. Número de registro no Herbário BHCB (V.BHCB). ..... 91
- Tabela 2.** Formas de vida de Raunkiaer e a proporção de ocorrência florística em cada microhabitat de acordo com as duas áreas de estudo (Gruta do Baú e Gruta da Lapinha). Microhabitats: Fenda (Fe), Ilha de Solo (Is), Rocha Exposta (Re), Fissura (Fi) e Epífito (Ep). Total de ocorrência (T). Considera-se a dupla ocorrência as espécies registradas

nas duas áreas (Gruta do Baú e Gruta da Lapinha) o número de registro de microhabitats  
n=183. .... 67

### Capítulo III

Guia Colorido ..... 88

### Anexos

Anexo 1. Lista das espécies vasculares saxícolas registradas nos maciços da Gruta do Baú e Gruta da Lapinha, Minas Gerais, Brasil. Localidade (L), Gruta do Baú (G.B) e Gruta da Lapinha (G.L). Área antropizada (AT). Domínio Fitogeográfico Mineiro (DFM). Cerrado (CE), Caatinga (CAA) e Mata Atlântica (MA). Forma de vida de Raunkiaer (F.V), Fan=Fanerófito, Cam=Caméfito, Hem=Hemicriptófito, Geo=Geófito Ter=Terófito, Epi=Epífito. Microhabitat (MI), Fe=Fenda, Fi=Fissura, Is=Ilha de solo, Re=Rocha Exposta e Epi=Epífito. Status de conservação (S.C), Não avaliada quanto á ameaça (NE), Quase ameaçada (NT), Pouco preocupante (LC), Deficiente de dados (DD) e Em perigo (EN). Presente na lista da Florula Lagoensis (W). Número de registro no Herbário BHCB (V.BHCB). Lista Vermelha das Espécies da Flora Ameaçada de Extinção em Minas Gerais (\*). ....91

Anexo 2. Listagem das espécies e respectivos agrupamentos nos microhabitats. Agrupamento 1: microhabitat Rocha Exposta. Agrupamento 2: microhabitats fenda e ilha de solo. Agrupamento 3: microhabitats epífito e fissura. (n=57)..... 101

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	16
<b>CAPÍTULO I</b> - Flora saxícola da formação Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil .....	18
Resumo .....	17
Abstract.....	18
Introdução.....	19
Metodologia.....	2
Resultados.....	23
Discussão .....	32
Conclusão .....	37
Referências .....	38
<b>CAPÍTULO II</b> - Flora vascular saxícola Cárstica da formação Sete Lagoas, Minas Gerais: caracterização dos microhabitats e espectro biológico.....	49
Resumo .....	50
Abstrac.....	52
Introdução.....	53
Metodologia.....	52
Resultados.....	59
Discussão .....	63
Conclusão .....	69
Referências .....	70
<b>CAPÍTULO III</b> - Guia Ilustrado: Plants of Karst- MINAS GERAIS – BRASIL .....	83
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>88Erro! Indicador não definido.</b>
Referências .....	90
<b>ANEXOS</b> .....	<b>9Erro! Indicador não definido.1</b>
Anexo 1 .....	91
Anexo 2 .....	101

## APRESENTAÇÃO

O relevo Cárstico é moldado por intemperismo geoquímico das rochas carbonáticas sedimentares compostas predominantemente por carbonato de cálcio biogênico produzido por organismos marinhos, indicando que a área esteve submersa em um determinado período geológico.

As rochas carbonáticas são compostas principalmente por calcário e são solúveis á água que em contato com a rocha porosa dissolve a calcita presente no calcário em um processo conhecido como carstificação. Devido a porosidade, a tendência da água em acumular na base da rocha forma cavidades pelo processo de dissolução, produzindo a face mais conhecida do relevo cárstico, as cavernas. A maior concentração de rochas carbonáticas em território brasileiro, corresponde ao grupo Bambuí datado da era do Neoproterozóico (900-600 Ma), ao qual a Formação Sete Lagoas é um dos componentes.

A Formação Sete Lagoas é composta pelos municípios de Pedro Leopoldo e Lagoa Santa. Os dois membros são diferenciados pelo teor de carbonato de cálcio e a associação com outros minerais. Quanto maior o teor de carbonato de cálcio, mais intenso será o processo de dissolução da rocha.

A flora do Cárste é pouco conhecida, os estudos existentes são voltados para a mata seca calcária do entorno dos afloramentos rochosos, focando no extrato arbóreo. As espécies herbáceas e arbustivas, bem como os mecanismos que possibilitam a sua permanência em um ambiente hostil, como a face mais exposta dos afloramentos rochosos, é desconhecida na literatura.

O presente trabalho está dividido em três capítulos. No primeiro capítulo foi realizado o levantamento florístico das espécies em rocha exposta dos maciços. Caracterizamos a vegetação saxícola herbáceo/arbustiva destacamos as espécies ameaçadas e endêmicas. Analisamos o número de espécies em comum com a lista de Eugenius Warming.

No segundo capítulo comparamos a riqueza de espécies entre os dois maciços. Questionamos pontos como a semelhança florística, preferencia por determinado microhabitat e equivalência do espectro das formas de vida entre os maciços.

O terceiro capítulo é constituído de um Guia ilustrado colorido (Color Guide), a ser submetido ao Enviromental & Conservation Programs, The Field Museum, com as



principais espécies registradas nos maciços.

Esperamos contribuir para o conhecimento da flora saxícola dos maciços calcários e que nossos resultados auxiliem para a conservação da diversidade biológica desse peculiar e complexo ecossistema Cárstico, atualmente negligenciado e fortemente ameaçado.

## CAPÍTULO I

### **Flora saxícola da formação Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil**



## RESUMO

A presença de rochas carbonáticas determina um tipo de relevo específico, o “Carste”, caracterizado pela formação de cavernas, cânions, paredões rochosos e maciços. Os maciços de Pedro Leopoldo (Lapa do Baú) e Lagoa Santa (Gruta da Lapinha) formam ilhas terrestres e fazem parte da formação Sete Lagoas, que pertence à formação geológica do grupo Bambuí. Os afloramentos rochosos cársticos são considerados áreas de riqueza e endemismo, mas ações antrópicas diretas (mineração) ou indiretas (espécies invasoras) são constantes ameaças à diversidade da sua flora. Eugenius Warming (1841-1924) quem apresentou ao mundo a peculiar e extraordinária flora cárstica da então desconhecida província de Lagoa Santa em Minas Gerais. Os estudos florísticos nesses locais, representada especialmente por espécies saxícolas, que crescem diretamente na rocha ou em pequenas porções de substrato acumulado, são escassos. Este trabalho objetivou a realização do levantamento florístico das plantas vasculares, a caracterização da vegetação saxícola herbáceo/arbustiva em maciços da formação sete lagoas e o registro as espécies ameaçadas e endêmicas. Esperamos que os resultados ajudem a subsidiar ações de manejo e conservação da flora do carste Lagoa Santa. As coletas ocorreram mensalmente, de agosto de 2018 a novembro de 2019. Foi utilizado o método de caminhamento, com coleta de material fértil. Dados como distribuição geográfica, domínio fitogeográfico, ocorrência em ambientes antropizados e categoria de ameaça foram obtidos no banco de dados da Flora do Brasil 2020 e do CNCFlora. Foram registradas 124 espécies de plantas vasculares, pertencentes a 92 gêneros, distribuídos em 45 famílias. As famílias mais ricas foram Orchidaceae (14 espécies), Bromeliaceae (11 espécies), Piperaceae (Dez espécies) e Asteraceae (Oito espécies) enquanto que de monilófitas foram Pteridaceae (5 espécies), Aspleniaceae e Polypodiaceae (3 espécies cada). A maioria das espécies tem ampla distribuição, ocorrendo nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga (54), seguidas por espécies no Cerrado e da Mata Atlântica (33), enquanto poucas espécies são exclusivas de cada bioma (12 Cerrado, 13 na Mata Atlântica) e nenhuma espécie é exclusiva no Bioma Caatinga. As espécies invasoras e ruderais representaram 19% valor considerado alto, sugerindo a influência de ações antrópicas na dinâmica dos maciços. O total de 73% (91) das espécies coletadas nos dois maciços constam na lista das espécies coletadas por Warming (*Florula lagoensis*). As espécies raras *Rodriguezia brachystachys* Rchb.f. & Warm. e *Ruehssia virgultorum* (E.Fourn.) F.Esp.Santo & Rapini foram recoletada após longo período sem registro em Pedro Leopoldo. Cinco espécies encontram-se na lista de

espécies ameaçadas de extinção: *Dyckia luxor* (L.B.Sm. & Read) Forzza., *Heteropterys argyrophaea* A.Juss., *Hippeastrum reginae* (L.) Herb., *Ficus calyptroceras* (Miq.) Miq., *Sinningia warmingii* (Hiern) Chautems e *Tropaeolum warmingianum* Rohrb. A ocorrência dessas espécies e a porcentagem de espécies “Não avaliadas” (78%) indicam a necessidade de medidas preventivas quanto à preservação da vegetação dos afloramentos de calcário.

**Palavras-chave:** Calcário. Florística. Eugenius Warming.

## ABSTRACT

The presence of carbonate rocks determines a specific type of relief, "Karst", characterized by the formation of caves, canyons, rocky and massive walls. The massifs of Pedro Leopoldo (Lapa do Baú) and Lagoa Santa (Gruta da Lapinha) form terrestrial islands and they are part of the Sete Lagoas formation, which belongs to the geological formation of the Bambuí group. Limestones are considered areas of Species richness and endemism, however direct anthropic (e.g. mining) or indirect (e.g. invasive species) actions are constant threats to the diversity of its flora. Eugenius Warming (1841-1924) introduced the world to the peculiar and extraordinary karst flora of the then unknown province of Lagoa Santa in Minas Gerais. Floristic studies in these places, represented especially by saxicolous (i.e. species that grow directly on the rock or in small portions of accumulated substrate) are scarce. This work aimed to carry out a floristic survey of vascular plants, to characterize the herbaceous / shrub saxicolous vegetation in the Sete Lagoas massifs, and to record endangered and endemic species. We hope that the results help to subsidize the management and conservation of the flora of the Karst Lagoa Santa. The collections took place monthly, from August 2018 to November 2019. The method used was walking, with the collection of fertile material. Data such as geographic distribution, phytogeographic domain, occurrence in anthropized environments and threat category were obtained from the Flora do Brasil 2020 and CNCFlora database. We registered 124 vascular plants species, distributed among 45 families and 92 genera. The richest families were Orchidaceae (14 species), Bromeliaceae (11 species), Piperaceae (ten species), and Asteraceae (eight species) whereas monilophytes were Pteridaceae (five species), Aspleniaceae and Polypodiaceae (three species each). Most species have a wide distribution, occurring in the Cerrado, Atlantic Forest and Caatinga biomes (54 species), followed by species in the Cerrado and the Atlantic Forest (33 species). In contrast, only a few species are exclusive to a single biome (12 spp. in the Cerrado and 13 spp. in the Atlantic Forest). None of the species is exclusive of the Caatinga Biome. Invasive and ruderal species accounted for 19%, a significant result, which suggests the influence of anthropic actions on the dynamics of the massifs. A total of 73% (91) of the species collected in the two massifs are included in the list of species collected by Warming (Florula lagoensis). The rare species *Rodriguezia brachystachys* Rchb.f. & Warm. and *Ruehssia virgultorum* (E.Fourn.) F.Esp.Santo & Rapini were collected in Pedro Leopoldo after a long period of time without registration. Five species are on the list of endangered

species: *Dyckia luxor* (LBSm. & Read) Forzza., *Heteropterys argyrophaea* A.Juss., *Hippeastrum reginae* (L.) Herb., *Ficus calyptroceras* (Miq.) Miq., *Sinningia warmingii* (Hiern) Chautems, and *Tropaeolum warmingianum* Rohrb. The occurrence of these species and the percentage of species classified as “Not Evaluated” (78%) indicate the need for preventive measures regarding the preservation of the vegetation on limestone outcrops.

**Keywords:** Limestone. Floristic. Eugenius Warming.

## INTRODUÇÃO

O relevo cárstico no Brasil está normalmente associado a cavernas e foi registrado por diversos autores ao longo da história, sendo o mais conhecido Peter Lund (1801-1880), pelas cavernas e fósseis descritos ao longo de sua vida (Holten & Steell, 2011). Entretanto, foi Eugen Warming (1841-1924) quem apresentou ao mundo a peculiar e extraordinária flora cárstica da então desconhecida província de Lagoa Santa em Minas Gerais. A botânica clássica dos naturalistas permitiu ao mundo conhecer as peculiaridades da flora Cárstica que atualmente ainda é pouco conhecida. Um século atrás, Warming (1908) já relatava preocupação com as ações antrópicas que alteravam significativamente a paisagem da região.

A presença de rochas carbonáticas determina um tipo de relevo específico, o “Carste”, palavra (karst) de origem servo-croata com significado de "campo de pedras calcárias". As áreas cársticas são caracterizadas pela formação de cavernas, cânions, paredões rochosos, dolinas e maciços residuais devido a drenagem de sentido vertical e subterrânea sobre rochas solúveis (Pilo, 2000). As áreas cársticas cobrem cerca de 20% das áreas continentais e são compostas principalmente por rochas carbonáticas, como calcário e dolomita onde a litologia predominante são as rochas calcárias porosas e solúveis (Ford & Williams, 2007).

A maior concentração de rochas carbonáticas em território brasileiro, corresponde ao grupo Bambuí do Neoproterozóico, ao qual a Formação Sete Lagoas é um dos componentes. Constituída por dois membros, Pedro Leopoldo e Lagoa Santa, são diferenciados pelo teor de carbonato de cálcio e a associação com outros minerais (Vieira *et al.*, 2015). Lagoa Santa é mais propensa à carstificação pelo elevado teor de carbonato de cálcio, característica de calcários mais puros associados a siltitos e calcarenitos ricos em matéria orgânica. Pedro Leopoldo possui baixo teor de carbonato de cálcio com calcários impuros associados dolomitos e margas (Campos, 1994; Fabri & Augustin, 2013).

Os afloramentos rochosos estão amplamente distribuídos pela superfície terrestre e, no Brasil, estão presentes desde a região Amazônica até a região sul. São caracterizados como elevações únicas ou agrupadas que aparecem isoladas na paisagem circundante comuns em regiões tropicais e subtropicais. Esse tipo de formação rochosa influencia a composição da vegetação, criando ilhas terrestres com microhabitats de espécies grupadas em pequenas áreas bem delimitadas pelo substrato rochoso em meio ao mosaico vegetal circundante (Conceição *et al.*, 2007; de Paula *et al.*, 2017). Em termos geotécnicos, a

definição de maciço rochoso é a matriz rochosa sólida e suas descontinuidades que o compartimentalizam. Dentre as várias faces de um afloramento rochoso, o maciço se destaca pelas descontinuidades que o separa em blocos diferindo da paisagem rochosa adjacente (Jaeger *et al.*, 2009).

Os estudos florísticos tem por finalidade identificar a composição florística de um determinado local, e são ferramentas extremamente importantes no conhecimento da biodiversidade vegetal (Giulietti *et al.*, 2005). Os estudos florísticos em afloramentos rochosos têm sido centrados em afloramentos quartzíticos (campo rupestre), hematíticos (canga) e graníticos (inselbergs), raros são os estudos sobre afloramentos cársticos, que ainda permanece como uma lacuna de conhecimento biológico (Meguro *et al.*, 2007).

Apesar da dominâncias do estrato herbáceo-arbustivo em vários tipos fisionômicos, a flora dos afloramentos cársticos tem sido pouco estudada, a maioria dos estudos florísticos nos locais de rocha calcária são referentes ao estrato arbóreo (Brewer *et al.*, 2003; Silva & Scariot, 2004; Jumaat & Zahiruddin, 2005; Munhoz & Felfili, 2006; Pérez-García, *et al.*, 2009; Carvalho & Felfili, 2011; Melo *et al.*, 2013). A grande variedade dos componentes herbáceo-arbustivo em afloramento rochosos está diretamente ligada as características ambientais dessas áreas, desencadeando diferentes padrões de distribuição espacial e heterogeneidade florística das espécies (Caiafa, 2005). Essas plantas, que crescem diretamente ou em pequenas porções de substratos acumulados nas fendas ou fissuras nos paredões rochosos, são chamadas de saxícolas e apresentam estratégias adaptativas que permitem a sobrevivência nesse ambiente de condições extremas, inóspito para a maioria das espécies (Mendez, 2010; Menini Neto *et al.*, 2013). Pouco sabemos sobre a conservação das espécies do Carste, mas é provável que muitas estejam severamente ameaçadas, especialmente pelas atividades como a mineração e espécies invasoras (Cavalcanti *et al.*, 2012). É possível que algumas espécies encontrem-se vulneráveis e não existam registros de ocorrência por falta de estudos de composição florística, fato que salienta a importância dos registros da biodiversidade cárstica para elaboração de estratégias conservacionistas (Carvalho & Felfili, 2011; Zappi *et al.*, 2015). Diante do exposto, este trabalho objetivou a realização do levantamento florístico das plantas vasculares, a caracterização da vegetação saxícola herbáceo/arbustiva em áreas de rocha exposta nos maciços da formação sete lagoas e o registro as espécies ameaçadas e endêmicas. Esperamos que os resultados ajudem a elucidar a flora cástica e subsidiar ações de manejo e conservação da flora do carste Lagoa Santa.



## METODOLOGIA

### Área de Estudo

Foram selecionados para estudo dois maciços da formação Sete Lagoas, situados nos municípios de Pedro Leopoldo e Lagoa Santa, região central de Minas Gerais, distantes cerca de 46 quilômetros da região metropolitana de Belo Horizonte (Figura 1). Eles estão inseridos numa matriz de Cerrado e fazem parte da formação de Sete Lagoas, pertencente ao grupo Bambuí, caracterizados pela presença de rochas carbonáticas (figura 2), composta por calcário (Vieira *et al.*, 2007). Pedro Leopoldo e Lagoa Santa estão na jurisdição da Área de Preservação Ambiental Cárste de Lagoa Santa (Evangelista & Travassos, 2015). O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com verões chuvosos e invernos secos (Álvares *et al.*, 2013). As médias de temperatura e pluviosidade são 21,8 °C e 1342 mm em ambos municípios (Climate-Data, 2019).

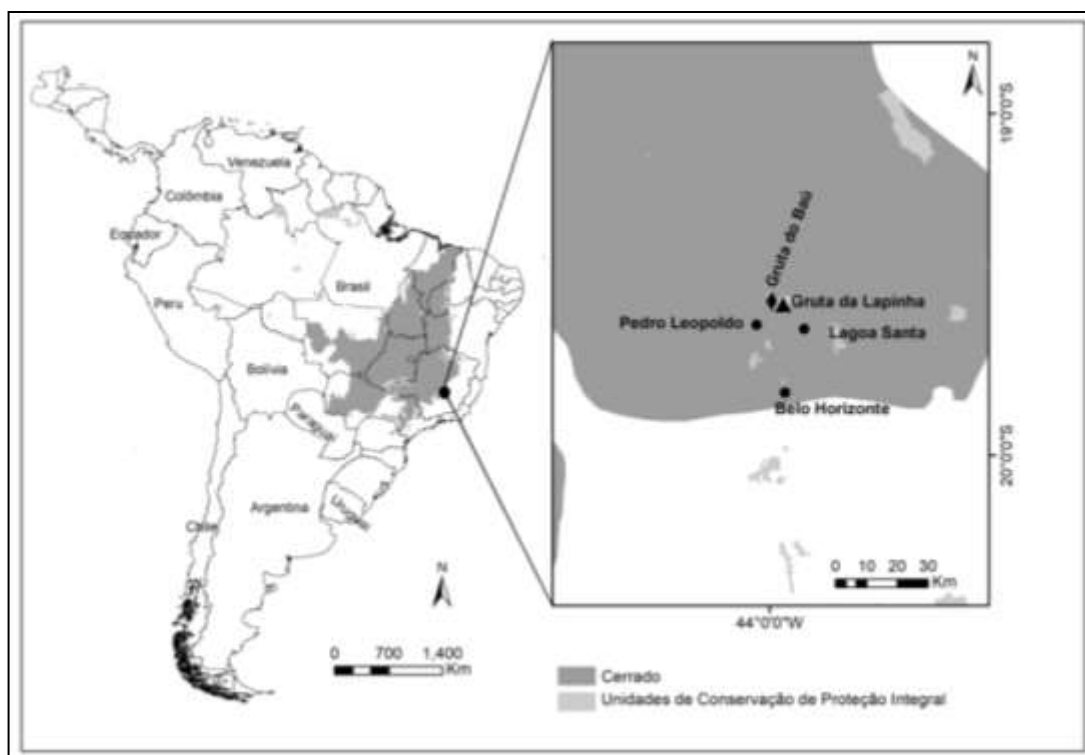


Figura 1 Localização das áreas de estudo nos municípios de Lagoa Santa e Pedro Leopoldo, Minas Gerais.

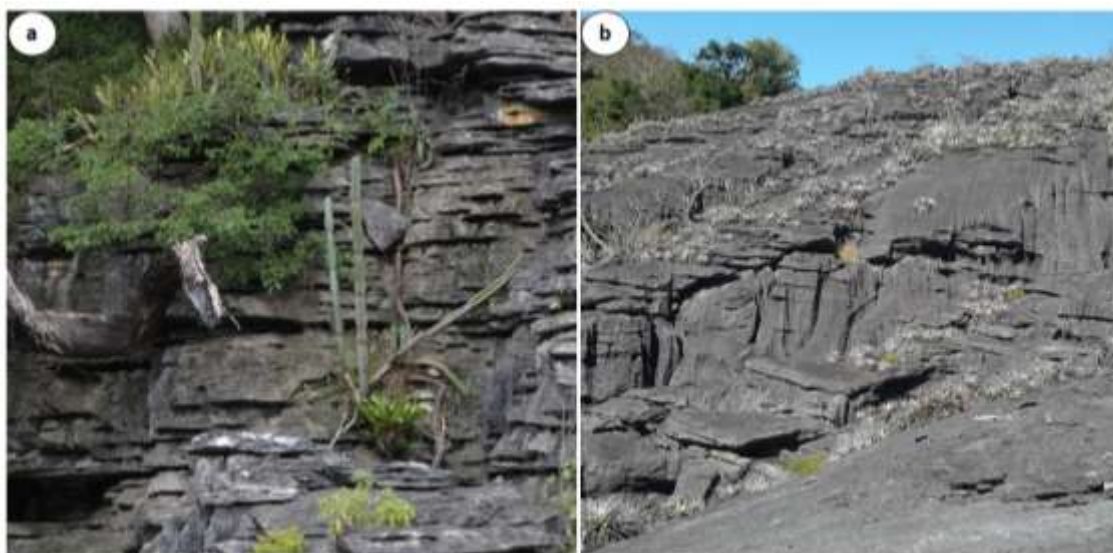


Figura 2 – Características geomorfológicas dos dois maciços. Maciço da Gruta da Lapinha em Lagoa Santa (a) e Maciço da Gruta do Baú em Pedro Leopoldo (b).

### **Levantamento Florístico e caracterização das espécies**

Para a coleta de material fértil foram realizadas visitas mensais nos dois afloramentos pelo período de agosto de 2018 a setembro de 2019 totalizando treze campanhas de campo em cada afloramento, abrangendo as estações seca e chuvosa.

A delimitação de maciço adotada neste trabalho foi proposta por Jaeger *et al.* (2009), onde o bloco delimitado por continuidades forma ilhas terrestres. Devido à irregularidade do relevo e dificuldade de acesso em algumas partes dos maciços, foi utilizado o método de caminhamento (Filgueiras *et al.*, 1994), o que possibilitou cobrir os diversos ambientes como bordas, topos, paredões e interior de claraboias nos maciços totalizando uma área percorrida de aproximadamente 92m<sup>2</sup>, correspondendo a 50% das áreas de rocha exposta dos maciços.

Foram incluídas as espécies que crescem sobre a rocha ou em pequenas porções de substrato acumulado em fendas e fissuras no topo maciço, neste trabalho definidas como saxícolas. Somente as espécies associadas às áreas mais expostas dos maciços foram consideradas e as espécies do entorno da matriz rochosa pertencentes tipicamente à mata seca calcária foram excluídas (adaptado de Cintra, 2007 e Mendez, 2010).

Dados como distribuição geográfica, domínio fitogeográfico, ocorrência em ambientes antropizados, categoria de ameaça e domínios fitogeográficos foram obtidos no banco de dados da Flora do Brasil 2020 (Reflora, 2018) e do CNCFlora (CNCFlora, 2019). Para a análise do domínio Fitogeográfico foram considerados somente os biomas

ocorrentes em Minas Gerais como o Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga.

As espécies consideradas exóticas invasoras são caracterizadas como não nativas e capazes de modificar a composição natural de um ecossistema. e possuem a capacidade de rápido desenvolvimento, proliferação e dispersão (Cronk & Fuller, 1995). Foram consideradas espécies de área antropizada as espécies ruderais ocorrentes em ambientes altamente perturbados pela ação humana, podendo ser nativa ou exótica (Moro *et al.*, 2012). Os dados sobre as espécies invasoras e de ocorrência em áreas antropizadas foram retirados no banco de dados do Herbário Virtual Reflora (Reflora, 2018).

Dados de ocorrência das espécies em Minas Gerais e no Brasil foram obtidos pelos bancos de dados públicos do INCT Herbário Virtual da Flora e dos Fungos disponibilizado na rede SpeciesLink (*speciesLink*, 2019) e Herbário Virtual Reflora (Reflora, 2019). O filtro de estado e localidade foram consideradas espécies com poucos registros em herbários. As duplicatas, números de coletores iguais e espécies de origem cultivadas, foram excluídos.

Para a categoria de ameaça das espécies foram coletados dados na lista do Livro Vermelho da flora do Brasil (Martinelli & Moraes, 2013) e na Lista Vermelha das Espécies da Flora Ameaçada de Extinção em Minas Gerais (Drummond *et al.*, 2008).

Todo material botânico coletado foi herborizado seguindo o protocolo padrão (Fidalgo & Bononi, 1989). As identificações taxonômicas foram realizadas com auxílio de chaves analíticas, consulta a especialistas e comparação com o material depositado no Herbário BHCB. Utilizamos o sistema de classificação de PPG (2016) para monilófitas e APG IV (2016) para o grupo das angiospermas.

A similaridade entre a composição florística entre os dois maciços amostrados (Gruta do Baú e da Gruta da Lapinha) foi calculada pelo índice de similaridade de Jaccard (Anderson *et al.*, 2011).

A relação das espécies coletadas e as espécies constantes da *Florula Lagoensis* foi de acordo com a lista proposta por Eugenius Warming em livro publicado em 1908 (Warming, 1908) e atualizadas em Moreira & Stehmann (2020).

## RESULTADOS

Foram registradas 124 espécies de plantas vasculares herbáceo-arbustivo saxícolas, pertencentes a 92 gêneros, distribuídos em 45 famílias (Anexo 1). As famílias mais ricas de angiospermas, que detém 91% das espécies, foram Orchidaceae (14 espécies),

Bromeliaceae (11 espécies), Piperaceae (Dez espécies) e Asteraceae (Oito espécies). As monilófitas representam 9% (12 espécies) do total de espécies coletadas, tendo como famílias mais ricas Pteridaceae (5 espécies), Aspleniaceae e Polypodiaceae (3 espécies cada). Juntas as 7 famílias de plantas vasculares mais ricas em espécies representam 43% do total coletado. Os gêneros vasculares mais ricos (Figura 3) foram *Peperomia* (dez espécies), *Tillandsia* (seis espécies), *Asplenium*, *Dioscorea*, *Heteropterys* e *Pilea* (três espécies cada), *Adiantum*, *Bilbergia*, *Cattleya*, *Cuphea*, *Commelina*, *Lantana*, *Melinis*, *Pombalia*, *Ruehssia* e *Trichocentrum* (duas espécies cada).

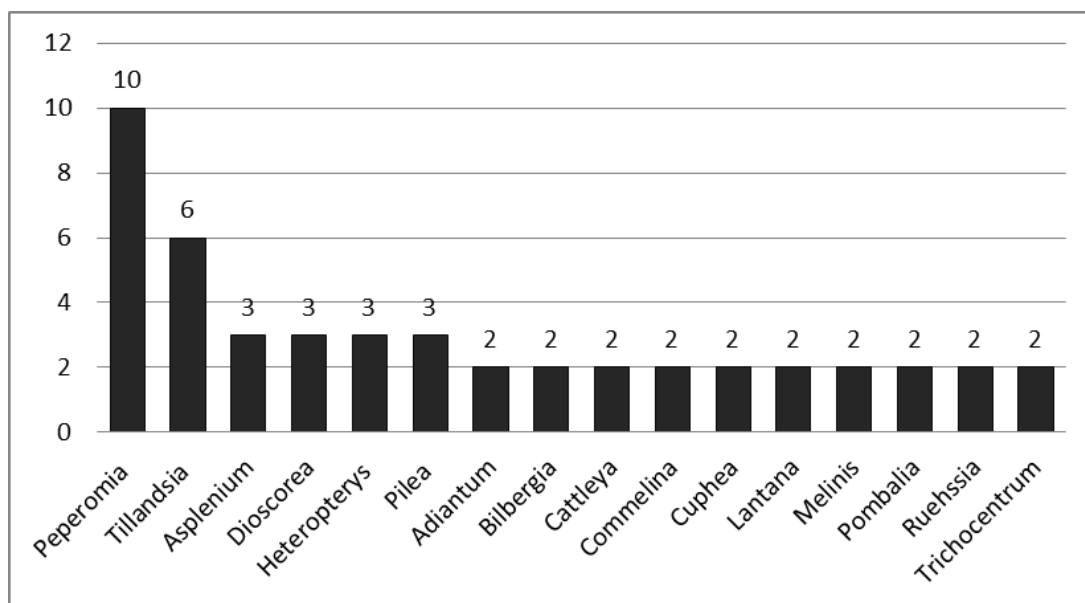


Figura 3 – Gêneros de plantas vasculares mais ricos em número de espécies saxícolas nos maciços da Gruta do Baú (Pedro Leopoldo) e da Gruta da Lapinha (Lagoa Santa).

A maioria das espécies registradas possuem ampla distribuição no estado de Minas Gerais, ocorrendo nos Biomas do Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga (54 espécies), seguidas por espécies do Cerrado e Mata Atlântica (33 espécies) (Figura 4). Das espécies registradas nos dois maciços, 12 são de ocorrência exclusiva do Cerrado. A proporção de espécies ocorrentes em afloramentos rochosos é de 23% (29 espécies). Espécies invasoras correspondem a quatro espécies (*Commelina benghalensis*, *Melinis minutiflora*, *Melinis repens* e *Pilea microphylla*) e espécies relacionadas a áreas sob influência antrópica correspondem a 16% (20) das espécies registradas nos dois afloramentos. Juntas, as espécies invasoras e ruderais representam 19% (24 spp) do total amostrado.

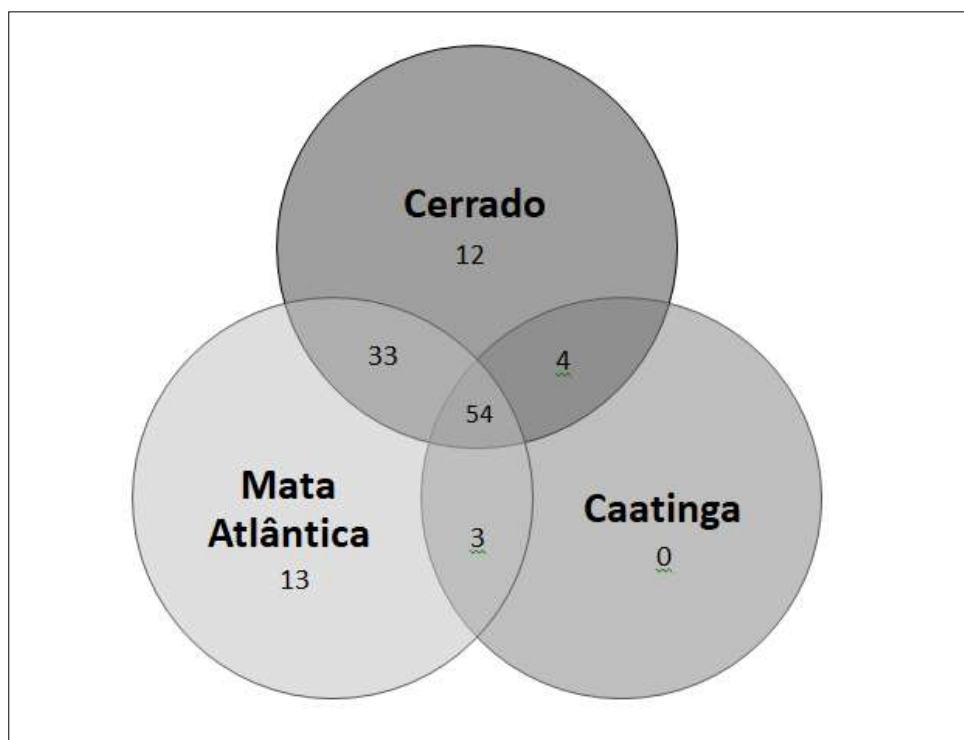


Figura 4 - Diagrama de Venn mostrando a distribuição das espécies saxícolas dos Maciços do Baú e da Lapinha nos Biomas ocorrentes em Minas Gerais.

O total de 73% (91) das espécies coletadas nos dois maciços constam na lista das espécies coletadas por Warming (*Florula lagoensis*). A espécie *Ruehssia virgultorum* (E.Fourn.) F.Esp.Santo & Rapini, registrada na Gruta do Baú era conhecida apenas pelo tipo coletado por Warming em 1865.

De acordo com o CNCFLORA quanto ao status de conservação das espécies, 78% (97) das espécies estão classificadas como “Não Avaliadas” (NE) seguido 13% (16) como de “Pouco Preocupante” (LC) (Figura 5). As espécies *Hippeastrum reginae* (L.) Herb., *Dyckia luxor* (L.B.Sm. & Read) Forzza., e *Tropaeolum warmingianum* Rohrb. são classificadas como “Em Perigo” (EN).

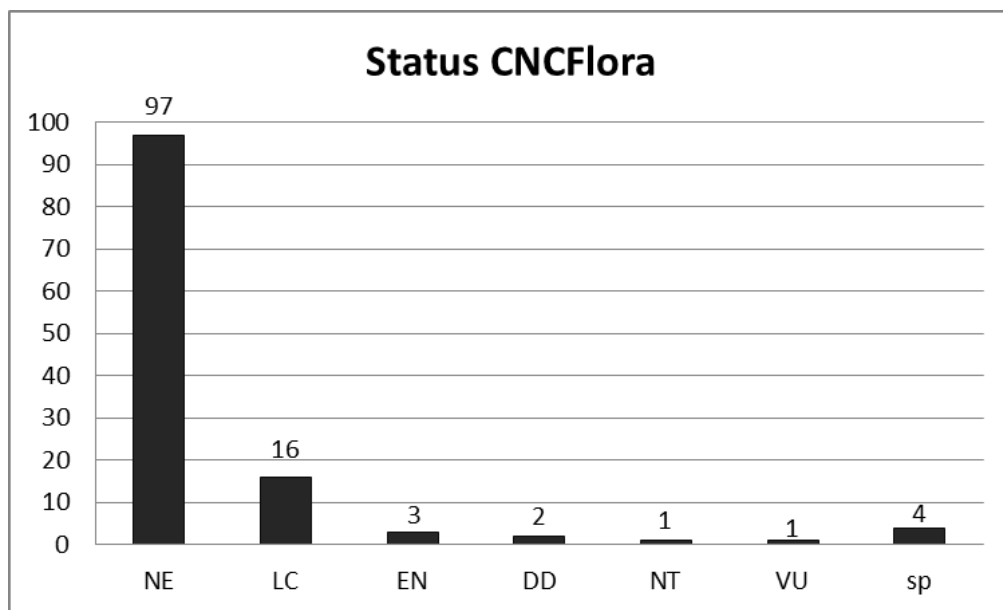


Figura 5 – Classificação das espécies saxícolas dos Maciços do Baú e da Lapinha quanto ao risco de extinção (Categorias de Ameaça baseadas nos critérios da IUCN, 2016) realizada pelo Centro Nacional para Conservação da Flora. Não Avaliada (NE), Pouco Preocupante (LC), Em risco (EN), Deficiente de dados (DD), Vulnerável (VU), Quase ameaçada (NT) e espécies não classificadas, identificadas a nível de gênero (sp).

Cinco espécies constam na Lista vermelha da flora de Minas Gerais. *Dyckia luxor* (L.B.Sm. & Read) Forzza e *Hippeastrum reginae* (L.) Herb. estão classificadas como criticamente em perigo (CR). *Heteropterys argyrophaea* A.Juss., *Ficus calyptroceras* (Miq.) Miq., *Sinningia warmingii* (Hiern) Chautems classificadas como vulneráveis (VU). Espécies pouco registradas correspondem a 5% (6 espécies), sendo representadas por *Cattleya lundii* (Rchb.f. & Warm.) Van den Berg, *Myoxanthus lonchophyllus* (Barb.Rodr.) Luer, *Pabstiella pristeoglossa* (Rchb.f. & Warm.) Luer, *Peperomia lanceolato-peltata* C.DC. , *Rodriguezia brachystachys* Rchb. f. & Warm. e *Ruehssia virgultorum* (E.Fourn.) F.Esp.Santo & Rapini. Destaca-se o primeiro registro de ocorrência da espécie *P. lanceolato-peltata* C.DC para o estado de Minas Gerais (Tabela 2).

Tabela 2 – Relação das espécies consideradas pouco registradas em herbários. Registros MG considera as espécies com registros nos herbários no estado de Minas Gerais. Registros Brasil considera as espécies com registro em herbários no território Brasileiro. Relação segundo os herbários virtuais INCT Herbário Virtual e Herbário Virtual Re flora. Espécies cultivadas foram desconsideradas. Espécie com asterisco (\*) representa primeira ocorrência em Minas Gerais.Registros em Minas Gerais (R.MG) e registros em outros

estados brasileiros (R.O.E.B)

Espécie	R. MG	R.O.E.B
<i>Cattleya lundii</i> (Rchb.f. & Warm.) Van den Berg	2	11
<i>Myoxanthus lonchophyllus</i> (Barb.Rodr.) Luer	4	25
<i>Pabstiella pristeoglossa</i> (Rchb.f. & Warm.) Luer	3	13
* <i>Peperomia lanceolato-peltata</i> C.DC.	0	20
<i>Rodriguezia brachystachys</i> Rchb. f. & Warm.	3	7
<i>Ruehssia virgultorum</i> (E.Fourn.) F.Esp.Santo & Rapini	1	0

Na gruta do Baú foram registradas 38 espécies de ocorrência exclusiva e na gruta da lapinha 29, as espécies que ocorrem em ambas as áreas foi 57. O índice de similaridade florística de Jaccard entre os dois afloramentos foi de 0,45, indicando baixa similaridade florística (menor que 0,5).

## DISCUSSÃO

O inventário realizado nos afloramentos calcários da formação Sete Lagoas desvendou uma rica flora saxícola, com mais de uma centena de espécies de plantas vasculares habitando o maciço rochoso, o que confere às formações com esse tipo de substrato uma alta importância para a conservação da diversidade biológica. Merecem destaque as espécies raras e endêmicas registradas, como *Cattleya lundii* (Rchb.f. & Warm.) Van den Berg, *Dyckia luxor*, *Rodriguezia brachystachys* Rchb. f. & Warm., *Brasiliopuntia brasiliensis* (Willd.) A. Berger., *Cereus jamacaru* subsp. *calcirupicola* (F.Ritter) N.P.Taylor & Zapp. A espécie recoletada na Gruta do Baú *Ruehssia virgultorum* (E.Fourn.) F.Esp.Santo & Rapini possuía apenas o registro do material tipo, coletada por Warming em 1865. Espécies raras e endêmicas representam pequenas populações isoladas nos maciços, a baixa variabilidade genética e a exploração do seu habitat natural as classifica como alta prioridade de conservação (Tansley & Bown, 2000). Ressaltando a importância de coletas ao longo do ano, o elevado número de registros obtido foi provavelmente influenciado pelo grande esforço mostral, que abrangeu expedições regulares, cobrindo todas as estações do ano (Brower *et al.*, 1998). Algumas espécies, como *Hippeastrum reginae* (L.) Herb., *Ruehssia virgultorum* (E.Fourn.) F.Esp.Santo & Rapini ,

*Dyckia luxor* (L.B.Sm. & Read) Forzza., *Cattleya lundii* (Rchb.f. & Warm.) Van den Berg  
*Peperomia warmingii* C.DC., florescem na estação seca, enquanto outras na estação  
chuvosa, como *Billbergia amoena* (Lodd.) Lindl., *Cuphea warmingii* Koehne,  
*Cyrtopodium glutiniferum* Raddi, *Peperomia lanceolato-peltata* C.DC.,  
*Sinningia warmingii* (Hiern) Chautems e *Tropaeolum warmingianum* Rohrb. Segundo  
Kiew (2014), o acompanhando de espécimes e seus ciclos reprodutivos é fundamental para  
possibilitar a coleta de amostras férteis, necessárias para a correta identificação das  
espécies.

Destacaram-se, em termos de riqueza, três famílias, Orchidaceae, Bromeliaceae e  
Piperaceae, comumente citadas em trabalhos florísticos em afloramentos de calcário  
(Meguro *et al.*, 2007; Melo *et al.*, 2013). Nestas famílias o epifitismo é bem marcante,  
favorecendo o estabelecimento e desenvolvimento da maioria das espécies em ambientes  
sob estresse abióticos como luminosidade e escassez hídrica (Nieder *et al.*, 2001; Melo *et al.*,  
2013). A família Orchidaceae, um grupo muito diverso e de ampla ocorrência, é a mais  
citada em estudos florísticos cársticos (Adams *et al.*, 1982; Go & Osman, 2005;  
Porembski, 2007; Porto *et al.*, 2008; Mello *et al.*, 2013; Kumar *et al.*, 2016; Kiew *et al.*,  
2019). Orchidaceae também é frequentemente citada em florísticas de inselbergs  
(Porembski, 2000), ambiente xérico similar aos afloramentos de calcário. Assim como os  
inselbergs, os maciços cársticos criam ilhas terrestres e são consideradas refúgios de flora  
altamente especializada. Essas características adaptativas favorecem o elevado número de  
registros de famílias como Orchidaceae e Bromeliaceae (Meirelles *et al.* 1999 , (Giulietti *et al.*,  
1997; Couto *et al.*, 2017).

Poucos levantamentos completos foram realizados em afloramentos calcários na  
região, que pudessem servir de comparação (Bystriakova *et al.*, 2019). Destacamos aquele  
realizado por Meguro (2007), em área na cidade de Santo Hipólito, Minas Gerais, pertence  
a formação Paraopeba, componente do grupo Bambuí, porém está sob resíduos de rochas  
carbonáticas pertencentes a formação Sete Lagoas. A milhões de anos atrás durante a  
movimentação e fragmentação da formação Sete Lagoas, placas carbonáticas da formação  
desprenderam formando partes residuais que atualmente estão em formações mais distantes  
como a Paraopeba (Dardenne & Walde, 1979; Rodrigues & Travassos, 2013). Ambas as  
áreas, Gruta do Baú, Gruta da Lapinha e os afloramentos de Santo Hipólito compartilham  
espécies como *Dyckia luxor* (L.B.Sm. & Read) Forzza., *Cereus jamacaru* subsp.  
*calcirupicola* (F.Ritter) N.P.Taylor, & Zappi, *Aralia warmingiana* (Marchal) J.Wen,  
*Marsdenia altissima* (Jacq.) Dugand, dentre outras.



*Dyckia luxor* (L.B.Sm. & Read) Forzza. é predominante na gruta do Baú, endêmica de afloramentos de calcário em Minas Gerais e está em risco de extinção pela ação de mineradoras que destroem o seu habitat para exploração do calcário (Forzza, 2015). *D. luxor* é encontrada em abundância nas áreas expostas do maciço, sob alta luminosidade. Isso se deve provavelmente ao sistema de fixação de carbono CAM, uma estratégia adaptativa ao estresse hídrico (Forzza 1998, Scarano *et al.*, 2001; Forzza, 2003). Sem perturbações antrópicas, a população de *D. luxor* pode ser considerada “imortal” graças a estratégia reprodutiva clonal comum em bromélias. A grande população no maciço do Baú, pode na verdade representar poucos indivíduos e muitos clones (Scarano *et al.*, 2001; Benzing, 2008).

A maioria das espécies encontradas nos afloramentos são de ampla distribuição, ocorrendo nas três fitofisionomias do estado de Minas Gerais, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga. Apesar dos maciços das gruta do Baú e Lapinha apresentam características geomorfológicas xéricas, como escassez hídrica e altas temperaturas, nenhuma espécie exclusiva da Caatinga foi registrada. A flora parece estar mais relacionada com a matriz do entorno, o Cerrado e a Mata Atlântica, do que com a flora xérica da Caatinga, que encontra-se muito distante do local do estudo (Melo *et al.*, 2013; Fernandes & Queiroz, 2018). A relação com a Mata Atlântica poderia ser explicada pela migração das espécies via mata seca (tropical dry forests), formação considerada como uma de suas tipologias na classificação oficial da vegetação brasileira (Veloso *et al.*, 1991), embora alguns autores a considerem ecologicamente distintas (Dexter *et al.*, 2018). Em termos biogeográficos, as ilhas de afloramentos atuam como stepping stones (trampolins), permitindo o fluxo de espécies mais generalistas a grandes distâncias, conseguindo estabelecer populações descontínuas sob forte influência dos Biomas do Cerrado e Mata Atlântica (Kimura & Weiss, 1964; Pennington & Pendry, 2000; Gröger & Huber, 2007).

O significativo número de espécies com ocorrência em áreas antropizadas indica a fragilidade dos maciços diante das interferências humanas. Essas espécies, por exemplo *Talinum paniculatum*, *Desmodium affine* e *Porophyllum ruderale*, tem potencial de perturbar a dinâmica natural dos maciços, competem com as espécies endêmicas, são colonizadoras de ampla distribuição e fortes indicadores de ameaça à biodiversidade (Ziller, 2001; Pyšek *et al.*, 2004; Andrade, 2013). A presença da invasora exótica *Melinis repens* inspira preocupações, pois a espécie é extremamente agressiva no processo de colonização, colocando em riscos as espécies endêmicas por competição (Martins *et al.*, 2007; Moro *et al.*, 2012).

Fatores como taxa de precipitação, associado ao processo de carstificação determinam a fisionomia da paisagem florística dos maciços, criando ambientes favoráveis ao estabelecimento de determinadas espécies em pequenas porções de substrato associado a fendas e fissuras. O ambiente descrito é adequado para a relação associativa entre espécies como *Dyckia Luxor*, *Pilea serpyllifolia*, *Pilea microphylla* e *Senegalia tenuifolia* (L.) na época de escassez hídrica, caracterizando a homogeneidade da paisagem no período seco. Em época de chuvas, as condições mais favoráveis ao desenvolvimento vegetal alteram significativamente a composição florística que é mais heterogênea com o surgimento de plantas anuais como *Sinnignia warmingii*, *Cyrtopodium glutinifero*, *Habenaria* sp. e *Lantana canescens*. A coexistência entre espécie é estratégia para sobrevivência em ambientes hostis, algumas espécies, como as citadas acima, são beneficiadas por essa associação (Grime, 1979; Brancalion & Marcos Filho, 2008; Bastos, *et al.*, 2018).

Registros de ocorrência de espécies de *Peperomia* são recorrentes em áreas de afloramentos de calcário e uma parcela significativa de espécies são descritas como rupícolas (Yuncker, 1974; Carvalho-Silva *et al.*, 2013; de Queiroz *et al.*, 2014). O primeiro registro de *Peperomia lanceolato-peltata* C.DC em Minas Gerais, reportado neste trabalho, reforça a importância dos estudos florísticos. *Peperomia lanceolato-peltata* é raramente encontrada na natureza, possui registros confirmados em áreas de afloramento de calcário nos estados do Ceará, Distrito Federal, Goiás e Paraná, neste último estado, a espécie encontra-se na lista de espécies criticamente em perigo (Guimarães & Giordano, 2004; Guimarães *et al.*, 2015). Adaptações, como suculência e mecanismo CAM, presente em algumas espécies, permite habitar ambientes com estresse hídrico e viver como epífitas ou sobre afloramentos rochosos (Yuncker, 1974).

Eugen Warming residiu em Lagoa Santa por cerca de três anos (1863-1866), período no qual que registrou exaustivamente, através de coletas e herborização de espécies vegetais, a flora local. Publicou seu inventário (*Florula Lagoensis*) na obra Lagoa Santa: Contribuição para a Geographia, Phytobiologica (Warming, 1908). Seu trabalho foi de grande contribuição científica para a descrição da diversidade vegetal da região, que incluiu os afloramentos rochosos cársticos. Das 124 espécies coletadas nos dois maciços, 91 espécies (73 %) constam na lista de Warming. Muitas das espécies foram descritas baseadas nas coletadas de Warming e atualmente são tipos nomenclaturais, o que lhes atribui uma enorme importância científica. Espécies como *Ruehssia virgultorum* (E.Fourn.) F.Esp.Santo & Rapini e *Peperomia warmingii* C.DC. eram conhecidas apenas pelo

material tipo e foram pela primeira vez recoletadas. Algumas espécies, contudo, ainda são conhecidas unicamente pelo material tipo e as populações originais, das quais foi obtida a amostra, podem ter sido destruídas devido às pressões antrópicas crescentes na região e/ou eventos estocásticos (Forzza *et al.*, 2012; Mello *et al.*, 2013; Moreira & Stehmann, 2020). Os dois maciços estudados compartilham espécies endêmicas saxícolas, porém cada área possui sua flora particular. A similaridade entre os dois afloramentos estudados pode ser considerado baixa (0,45), por apresentarem valor menor que 0,5 pelo índice de jaccard (Anderson *et al.*, 2011), sugerindo que a composição e o grau de pureza do calcário dos componentes da formação sete lagoa podem estar influenciando a distribuição e ocorrência das espécies. Quanto maior a pureza do calcário a área é mais propensa ao processo de carstificação e a flora precisa estar adaptada a uma condição maior de estresse hídrico. O componente Lagoa Santa é mais propenso a carstificação pelo elevado teor de carbonato de cálcio (94%), pelo calcário mais puro associados a siltitos e calcarenitos, ricos em matéria orgânica. Pedro Leopoldo possui baixo teor de carbonato de cálcio (cerca de 60%) caracterizado pelo calcário impuro associado dolomitos e margas (Auler, 1995; Berbert-Born, 2002; Liu *et al.*, 2019; Kim & Plumstead, 2019). A existência de números afloramentos na região é uma excelente oportunidade para testar a hipótese da ocorrência de filtros ambientais relacionados à natureza da rocha e possíveis alterações no índice de similaridade florística de Jaccard.

As áreas cársticas de Minas Gerais sofrem constantes pressões de mineradoras pela exploração do calcário para produção de cimento e cal (Miranda, 2012). A frágil flora herbáceo-arbustivo saxícola está em constante risco, não somente em regiões brasileiras, como em estudos ao redor do mundo. Os problemas devido a exploração minerária que coloca em risco a flora é cada vez mais relatado em vários estudos por pesquisadores preocupados com o futuro dessa peculiar e rica formação (Felfili, 2007; Salas, 2005; Clements *et al.*, 2006; Kiew *et al.*, 2017.; Dunaiski & Roderjan, 2018). Paralelamente, a classificação e avaliação quanto ao grau de ameaça da flora é preocupante, pois segundo CNC Flora, das 124 espécies registradas no presente levantamento, 97 (78%) estão classificadas como “Não Avaliadas”, fator que indica uma lacuna de conhecimento sobre a flora de ambientes cársticos em particular. Apenas três espécies estão classificadas na categoria de “Em perigo”. Esses dados revelam como o ambiente Cárstico é negligenciado, e a ausência de conhecimento fator que dificulta desenvolvimento de estratégias de preservação da sua flora. A defasagem no conhecimento da biodiversidade Cárstica, principalmente pela falta de registros florísticos, coloca essa rica flora em risco eminente

de extinção, sem ao menos termos conhecimento da ocorrência de determinadas espécies ou a chance de uma tentativa de proteção das mesmas (Forzza *et al.*, 2012). Uma vez que o real potencial de riqueza e endemismo de espécies ainda é desconhecido, a flora Cárstica pode ser erroneamente classificada como locais de baixa riqueza de espécies e endemismo (Hortal *et al.*, 2008; Bystriakova *et al.*, 2019).

Atualmente o conhecimento florístico tem sido a principal ferramenta para conservação e preservação da biodiversidade Cárstica através desses registros (Zappi *et al.*, 2015). Para conhecer a flora de determinada localidade são necessário estudos florísticos, trabalhos em campo para levantamento e registros das espécies, bem como a inserção desse material em herbários e consequentemente em plataformas virtuais onde o acesso é amplamente disseminado em esfera global (Forzza *et al.*, 2012).

No atual cenário do desconhecimento da flora cárstica, os déficits Linneano e Wallaceano são evidentes e dois pontos importantes são observados: primeiro é relacionado com problemas de identificação (Linneano) e o segundo com dados de ocorrência (Wallaceano) (Hortal, 2005). O aumento do esforço de amostragem em afloramentos de calcário contribuem para a redução dos déficits que afetam diretamente na elaboração de estratégias de conservação, como por exemplo classificação dos maciços cársticos como área prioritária de preservação (Lomolino, 2002; Whittaker *et al.*, 2005).

## CONCLUSÃO

Os maciços cársticos possuem uma rica flora vascular herbáceo-arbustivo saxícola. Estes locais estão extremamente vulneráveis pela ação de mineradoras e espécies invasoras. O trabalho pioneiro do naturalista Warming em estudos florísticos no Brasil contribuiu historicamente para conhecimento da flora cárstica, seus passos devem ser seguidos com coletas e observações das espécies em seu ambiente natural de forma colaborativa com as diversas áreas do conhecimento. Os estudos de caracterização da florística em afloramentos cársticos são extremamente importantes para o conhecimento da flora e formulação de estratégias para preservação dos afloramentos da formação Sete Lagoas.

## Agradecimentos

Agradecemos aos especialistas, Alexandre Salino (Polypodiales), Daniela Zappi (Cereus), Fábio da Silva do Espírito-Santo (Apocynaceae), Joao Aguiar Nogueira Batista (Orchidaceae), Julie Henriette Antoinette Dutilh (Amaryllidaceae), Micheline Carvalho-

Silva (Piperaceae), Rafaela Campostrini Forzza (Dykia). Cíntia Palhares (Gruta da Lapinha) pelo apoio logístico e Parque Estadual do Sumidouro, IEF Ao apoio financeiro FAPEMIG.

## REFERÊNCIAS

- Adams, R. M., Sauleda, R. P., & Bennett, B. C. (1982). The Orchidaceae of the Bahama Archipelago--taxonomy, ecology and biogeographic patterns. In *Proceedings of the 10th World Orchid Conference, Durban, South Africa*.
- Alvares, C. A., J. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. M. Gonçalves, & G. Sparovek. (2013). "Köppen's climate classification map for Brazil". *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711–28
- Anderson, M. J., Crist, T. O., Chase, J. M., Vellend, M., Inouye, B. D., Freestone, A. L., & Harrison, S. P. (2011). Navigating the multiple meanings of  $\beta$  diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology letters*, 14:19. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01552.x>
- Andrade, L. A. (2013). *Plantas Invasoras: espécies vegetais exóticas invasoras da Caatinga e ecossistemas associados*. Areia: CCA/UFPB, 100 p.
- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181: 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Auler, A.S. (1995). Lakes as a speleogenetic agent in the Karst of Lagoa Santa, Brazil. *Cave and Karst Science*, 21:105-110.
- Barthlott, W., & Porembski, S. (2000). Vascular plants on inselbergs: systematic overview. In *Inselbergs*. Springer, Berlin, Heidelberg, 146:103-116. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-59773-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-59773-2_7)
- Benzing, D. H. (2008) *Vascular epiphytes: general biology and related biota*. Cambridge University Press, 346 p.
- Berbert-Born, M. (2002). Carste de Lagoa Santa, MG-Berço da paleontologia e da espeleologia brasileira. *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*, 1:415-430.
- Brower, J. E., Zar, J. H., & Von Ende, C. N. (1998). Field and laboratory methods for general ecology.
- Brown, J. H. (1999). Macroecology: progress and prospect. *Oikos*, 87: 3-14. DOI:

10.2307/3546991

Brewer, S.W.; Rejmánek, M.; Webb M.A.H.; Fine, P.V.A. (2003). Relationships of phytogeography and diversity of tropical tree species with limestone topography in southern Belize. *Journal of Biogeography*, 30:1669–1688. DOI:doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00971.x.

Bystriakova, N., De Melo, P. H. A., Moat, J., Lughadha, E. N., & Monro, A. K. (2019). A preliminary evaluation of the Karst flora of Brazil Using collections Data. *Scientific reports*, 9:1-13. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53104-6>

Caiafa, N.A & 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*, 56:163-173.

Campos, A.B. (1994). Relações entre as características faciológicas e estruturais das unidades do Grupo Bambuí e a morfologia cárstica na região de Lagoa Santa-Pedro Leopoldo (Minas Gerais). (*Relatório final de pesquisa - aperfeiçoamento. Programa de Pesquisa “Estudos ambientais e proposta de manejo na região do carste no Planalto de Lagoa Santa, M.G.”*). Belo Horizonte, UFMG/FAPEMIG, 21p.

Carvalho, F. A., & Felfili, J. M. (2011). Use of alpha and beta diversity as a base to select priority areas for conservation: an analysis of the dry forests on limestone outcrops in Paranã Valley, Goiás State, Brazil. *Bioscience Journal*, 27:830-838.

Carvalho-Silva, M., Franklin Guimarães, E., & Sohsten Medeiros, E. (2013). Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Piperaceae. *Boletim De Botânica*, 31:27-40. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v31i1p27-40>

Cavalcanti, L. F., Lima, M. F., Medeiros, R. C. S., & Meguerditchian, I. (2012). Plano de ação nacional para a conservação do patrimônio espeleológico nas áreas cársticas da bacia do rio São Francisco. *Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Instituto Chico Mendes*, 140.

Cintra, D. P. (2007). *Classificação de estágios sucessionais florestais por meio de imagens de alta resolução (Ikonos) no Parque Estadual da Pedra Branca*, RJ. Dissertação de mestrado em Ciências Naturais e Florestais. Instituto de Florestas. Universidade Federal

Rural do Rio de Janeiro. Seropédia, RJ,.87p.

Conceição, A.A., Giuliatti, A.M.A. & Meirelles, S.T. (2007). Ilhas de vegetação em afloramentos de quartzito-arenito no Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Acta Botânica Brasilica*, São Paulo, 21:335-347. DOI: [10.1590/S0102-1033062007000200008](https://doi.org/10.1590/S0102-1033062007000200008).

Cornwell, W.K., Schwilk, D.W., Ackerly, D.D. (2006). Trait-based test for habitat filtering: *Onvex Hull volume. Ecology*, 87:1465-1471. DOI: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1465:ATTFHF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1465:ATTFHF]2.0.CO;2)

Couto, D.R., Francisco, T.M., Manhães, V.C., Machado, H.D. & Pereira, M.C.A. (2017) Floristic composition of a Neotropical inselberg from Espírito Santo state, Brazil: an important area for conservation. *Check List* 13: 2043. DOI: 10.15560/13.1.2043

Dardenne, M. A., & Walde, D. H. G. (1979). A estratigrafia dos Grupos Bambuí e Macaúbas no Brasil central. *1º Simpósio de Geologia de Minas, Sociedade Brasileira de Geologia, Belo Horizonte*, 1:43-54.

de Maçaneiro, J. P., Oliveira, L. Z., Eisenlohr, P. V., & Schorn, L. A. (2020). Paradox Between Species Diversity and Conservation. *Tropical Conservation Science*, 9:1-19. DOI: <https://doi.org/10.1177/1940082916668011>

de Paula, L. F., Mota, N. F., 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*, 31:199-211. DOI:[dx.doi.org/10.1590/0102-33062016abb0409](https://doi.org/10.1590/0102-33062016abb0409). DOI:[dx.doi.org/10.1590/0102-33062016abb0409](https://doi.org/10.1590/0102-33062016abb0409).

de Queiroz, G. A., Guimarães, E. F., & de Barros, A. A. M. (2014). O gênero *Peperomia* Ruiz & Pav. (Piperaceae) na Serra da Tiririca, Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Biológica Catarinense*, 1(2), 5-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.21726/abc.v1i2.90>.

Dexter, K.G., Pennington, R.T., Oliveira-Filho, A.T., Bueno, M.L., Silva de Miranda, P.L., & Neves, D.M.. (2018). Inserting Tropical Dry Forests Into the Discussion on Biome Transitions in the Tropics. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6: 104. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00104>

Dunaiski, A., & Roderjan, C. V. (2018). Composição florística e estrutural de comunidades



arbóreas em floresta ombrófila mista degradada pela mineração de calcário (Rio Branco do Sul, PR, Brasil). *Acta Biológica Paranaense*, 47:85-116

Drummond, G.M., Machado, A.B.M., Martins, C.S., Mendonça, M.P. & Stehmann, J.R. (2008). *Listas vermelhas das espécies de fauna e flora ameaçadas de extinção em Minas Gerais*. 2nd ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 624p.

Evangelista, V. K., & Travassos, L. E. P. (2015). Estratégias para o geoturismo e geoconservação no Parque Estadual do Sumidouro, Minas Gerais. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, Ituiutaba, 6:67-79.

Fabri, F. P., & Augustin, C. H. R. R. (2013). Fatores e processos envolvidos no desenvolvimento de formas cársticas em rochas siliciclásticas em Minas Gerais, Brasil. *Revista Geografias*, 82-96.

Fernandes, M. F., & Queiroz, L. P. D. (2018). Vegetação e flora da Caatinga. *Ciência e Cultura*, 70:51-56. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000400014>

Fidalgo, O., & Bonini, V. L. R. (Eds.). (1989). *Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico*. Secretaria do Meio Ambiente. 62p.

Filgueiras, T.S., Nogueira, P.A., Brochado, A.S., & Guala, G.F. (1994). Caminhamento: um método para levantamentos florísticos qualitativos. In: IBGE. *Cadernos de Geociências*, 12:39-43.

Flora do Brasil, 2020 em construção. *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 21 Out. 2019

CNCFlora. (2019). *Ficus calyptroceras* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 *Centro Nacional de Conservação da Flora*. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Ficus calyptroceras](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Ficus_calyptroceras)>. Acesso em 11 dezembro 2019.

Ford, D.C.; Williams, P.W. 2007. *Karst geomorphology and hidrology*. 2nd Edition, Wiley, West Sussex. 576p.

Forzza, R.C.E., Baumgratz, J.F.A., Bicudo, C.E.M., Canhos, D.A., Carvalho, A.A., Coelho, M.A.N., & Zappi DC. 2012. New Brazilian floristic list highlights conservation

challenges. *BioScience*, 62:39-45. DOI:doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.8

Forzza, R. (1998). *Encholirium*: um gênero ameaçado. *Bromélia*, 5:15-18.

Forzza, R.C., Christiani, A.V., Wanderley, M.G.L., & Buzato, S. (2003). *Encholirium* (Pitcairnioidea, Bromeliaceae): conhecimento atual e sugestões para conservação. *Vidalia*, 1:7-20.

Forzza, R. C., *et al.*, (2012). New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. *BioScience*, 62:39-45. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.8>

Forzza, R. C. & Leme, E. (2015). Three new species of *Encholirium* (Bromeliaceae) from eastern Brazil. *Phytotaxa*, 227: 13-24,. DOI:dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.227.1.2

García, E. A. P., Sevilha, A. C., Meave, J. A., & Scariot, A. (2019). Floristic differentiation in limestone outcrops of southern Mexico and central Brazil: a beta diversity approach. *Botanical Sciences*, 84:45-58.

Giulietti, A.M., Harley, R.M., Queiroz, L.P., Wanderley, M.G.L., & Berg, C.V.D. (2005). Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. *Megadiversidade*, 1: 52-61.

Giulietti, A. M., Pirani, J. R., & Harley, R. M. (1997). "Espinhaço Range region—Eastern Brazil: In Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation. **Information Press, Oxford**, 3:397-404.

Go, R., Yong, W., & Osman, K. (2005). Perlis limestone orchids: diversity and conservation. *Selbyana*, 26:240-245.

Goodland, R. J. (1975). The tropical origin of ecology: Eugen Warming's jubilee. *Oikos*, 240-245. DOI: 10.2307/3543715

Grime, J.P. (1979). *Plant strategies and vegetation processes*. Chichester : John Wiley, 203p.

Gröger, A., & Huber, O. (2007). Rock outcrop habitats in the Venezuelan Guayana lowlands: their main vegetation types and floristic components. *Brazilian Journal of Botany*, 30(4), 599-609. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000400006>

Guimarães, E. F., & Giordano, L. C. D. S. (2004). Piperaceae do Nordeste brasileiro I: estado do Ceará. *Rodriguésia*, 55:21-46. DOI: dx.doi.org/10.1590/2175-78602004558402

Guimarães, E.F., Carvalho-Silva, M., Monteiro, D., Medeiros, E.S., Queiroz, G.A. (2015). Piperaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20293>>.

Holten, B., & Sterll, M. (2011). *Peter Lund e as grutas com ossos em Lagoa Santa*. Belo Horizonte: Editora UFMG. 336p.

Hortal, J., Jiménez-Valverde, A., Gómez, J. F., Lobo, J. M., & Baselga, A. (2008). Historical bias in biodiversity inventories affects the observed environmental niche of the species. *Oikos*, 117:847-858. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2008.16434.x>

Hortal, J., de Bello, F., Diniz-Filho, J. A. F., Lewinsohn, T. M., Lobo, J. M., & Ladle, R. J. (2015). Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. Annual Review of Ecology, *Evolution, and Systematics*, 46:523-549. DOI: [doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400](https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400)

IUCN. 2016. *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria*. Version 12. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee. Download able from <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>

Jaeger, J. C., Neville, G.WC., & Zimmerman, R. (2009). *Fundamentals of rock mechanics*. John Wiley & Sons. 488p.

Jumaat, H.A.A., & Zahiruddin, M. (2005). Floristic Composition and Structural Comparison of Limestone Forests at Three Different Elevations in Bau, Kuching, Sarawak, Malaysia. *Journal of Biological Sciences*, 5:478- 485.

Kiew, R. (2014). Checklist of vascular plants from Batu Caves, Selangor, Malaysia. *Check List*, 10:1420-1429. DOI: <http://dx.doi.org/10.15560/10.6.1420>.

Kiew, R., Ummul-Nazrah, A. R., Ong, P. T., Imin, K., Aliaa-Athirah, A. M., & Rafidah, A. R. (2019). Distribution and conservation implications of limestone plant species in felda chiku limestone flora, Kelantan, Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*, 31:19-36.

Kim, S. W., Li, W., Angel, R., & Plumstead, P. W. (2019). Modification of a limestone

solubility method and potential to correlate with in vivo limestone calcium digestibility. *Poultry Science*, 98:6837-6848. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pez423>

Kimura, M., & Weiss, G. H. (1964). The stepping stone model of population structure and the decrease of genetic correlation with distance. *Genetics*, 49:561.

Kumar, P., Gale, S. W., Schuiteman, A., Bouamanivong, S., & Fischer, G. A. (2016). Identifying orchid hotspots for biodiversity conservation in Laos: the limestone karst vegetation of Vang Vieng District, Vientiane Province. *Journal of Threatened Taxa*, 8:9397-9417. DOI: <https://doi.org/10.11609/jott.2826.8.12.9397-9417>

Liu, H., Jiang, Z., Dai, J., Wu, X., Peng, J., Wang, H., & Quine, T. A. (2019). Rock crevices determine woody and herbaceous plant cover in the karst critical zone. *Science China Earth Sciences*, 1-8. DOI: [doi.org/10.1007/s11430-018-9328-3](https://doi.org/10.1007/s11430-018-9328-3)

Lomolino, M. V. (2002). There are areas too small, and areas too large, to show clear diversity patterns. *RH MacArthur (1972: 191)*. *Journal of Biogeography*, 29:555-557. DOI: [DOI: 10.1046/j.1365-2699.2002.00700.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2002.00700.x)

Marinoni, L., & Peixoto, A. L. (2010). As coleções biológicas como fonte dinâmica e permanente de conhecimento sobre a biodiversidade. *Ciência e Cultura*, 62:54-57.

Martinelli, G. & Moraes, M.A. (2013). *Livro vermelho da Flora do Brasil*. 1. ed. - Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 1102p.

Martins, C.R., Hay, J.D.V., Valls, J.F.M., Leite, L.L. & Henriques, R.P.B. (2007). Levantamento das gramíneas exóticas do Parque Nacional de Brasília, Distrito Federal, Brasil. *Natureza & Conservação*, 5: 23-30.

Meguro, M., Pirani, J. R., Mello-Silva, R. D., & Cordeiro, I. (2007). Composição florística e estrutura das florestas estacionais decíduas sobre calcário a oeste da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 25:147-171.

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*, 26:10-20. DOI: [doi.org/10.1017/S0376892999000041](https://doi.org/10.1017/S0376892999000041)

Melo, P. H. A. D., Lombardi, J. A., Salino, A., & Carvalho, D. A. D. (2013). Composição florística de angiospermas no carste do alto São Francisco, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, 64:29-36. <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602013000100004>

Mendez, E. (2010). La vegetación saxícola y de taludes del flanco oriental del Cordón del Plata (Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.*, Córdoba, 45:119-147. DOI: [hdl.handle.net/11336/76618](http://hdl.handle.net/11336/76618)

Menini, Neto, L., Forzza, R.C. & Berg, C. (2013). Taxonomic revision of *Pseudolaelia* Porto & Brade (Laeliinae, Orchidaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 27:418-435. DOI: 10.1590/S0102-33062013000200015

Miranda, M. P. de S. (2012). Mineração em áreas de ocorrência de patrimônio espeleológico. *Revista MPMG Jurídico*, Belo Horizonte, edição especial, 53-60.

Moreira, N.C & Stehmann, J.R. (2020). Eugen Warming's Florula Lagoensis revisited: old lessons to new challenges. *Plant Ecology and Evolution*, 15:143-151.

Moro, M. F., Souza, V. C., Oliveira-Filho, A. T. D., Queiroz, L. P. D., Fraga, C. N. D., Rodal, M. J. N., & Martins, F. R. (2012). Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia. *Acta Botanica Brasilica*, 26: 991-999.

Munhoz, C. B. R., & Felfili, J. M. (2006). Floristics of the herbaceous and subshrub layer of a moist grassland in the Cerrado biosphere reserve (Alto Paraíso de Goiás), Brazil. *Edinburgh journal of botany*, 63:343-354. DOI: 10.1017/S0960428606000539.

Nieder, J., Prosperí, J., & Michaloud, G. (2001). Epiphytes and their contribution to canopy diversity. In Tropical forest canopies: ecology and management. *Forestry Sciences*, 69:51-63. [Doi.org/10.1007/978-94-017-3606-0\\_5](http://doi.org/10.1007/978-94-017-3606-0_5)

Pennington, R.T., Prado, D. E., & Pendry, C. A. (2000). Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*, 27:261-273. DOI:[doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00397.x](http://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00397.x)

Pérez-García, E. A., Sevilha, A. C., Meave, J. A., & Scariot, A. (2009). Floristic differentiation in limestone outcrops of southern Mexico and central Brazil: a beta

diversity approach. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 84:45-58.

Piló, L. B. (2000). Geomorfologia cárstica. Minas Gerais, *Revista Brasileira de Geomorfologia* 1:88-102. DOI:dx.doi.org/10.20502/rbg.v1i1.73.

Porembski, S., & Barthlott, W. (2000). Granitic and gneissic outcrops (inselbergs) as centers of diversity for desiccation-tolerant vascular plants. *Plant Ecology*, 151:9-28. Doi.org/10.1023/A:1026565817218

Porembski, S. (2007). Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. *Brazilian Journal of Botany*, 30:579-586. DOI: 10.1590/S0100-84042007000400004

Porto, P. A. F., Almeida, A., Pessoa, W. J., Trovão, D., & Felix, L. P. (2008). Composição florística de um inselbergue no Agreste paraibano, município de Esperança, Nordeste do Brasil. *Revista Caatinga*, 21:214-222.

PPG I. 2016. A community derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, 54: 563–603. DOI: <https://doi.org/10.1111/jse.12229>.

Pyšek, P., Richardson, D. M., Rejmánek, M., Webster, G. L., Williamson, M., & Kirschner, J. (2004). Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon*, 53:131-143. DOI: <https://doi.org/10.2307/4135498>

Reflora, V. H. (2018). Herbário Virtual Reflora. *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*.

Rodrigues, B. D. & Travassos, L. E. P. (2013). Identificação e mapeamento das matas secas associadas ao carste carbonático de Santo Hipólito e Monjolos. *Mercator-Revista de Geografia da UFC*, 12:233-256. DOI: 10.4215/RM2013.1229. 0015

Scarano, F. R., Duarte, H. M., Ribeiro, K. T., Rodrigues, P. J. F. P., Barcellos, E. M. B., Franco, A. C., & Lüttge, U. (2001). Four sites with contrasting environmental stress in southeastern Brazil: relations of species, life form diversity, and geographic distribution to ecophysiological parameters. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 136: 345-364. DOI:doi.org/10.1111/j.1095-8339.2001.tb00579.x

Silva, L. Á. D., & Scariot, A. (2004). Comunidade arbórea de uma floresta estacional decídua sobre

aflorescimento calcário na bacia do rio Paraná. *Revista Árvore*, 28:61-67 .DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000100008>

SPECIESLink, L. (2019). *Rede de dados species link*. Available from: . Access in, 10. Nov. 2019.

Stehmann, J. R., & Sobral, M. (2017). Biodiversidade no Brasil. Simões, CM, Schenkel, EP, Mentz, LA, Petrovick, PR Farmacognosia do Produto Natural ao Medicamento. *Artmed*, 1: 11..

Tansley, S. A.; Brown, C. R. (2000). RAPD variation in the rare and endangered *Leucadendron elimense* (Proteaceae): implications for their conservation. *Biological Conservation*, 95: 39-48.DOI:doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00015-X

Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R. & Lima, J. C. A.(1991). *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro.. 124 p.

Vieira, B. C., Salgado, A. A. R., & Santos, L. J. C. (Eds.). (2015). Landscapes and landforms of Brazil. *Springer*.. DOI: 10.1007/978-94-017-8023-0.

Vieira, L. C., Almeida, R. P. D., Trindade, R. I. F. D., Nogueira, A. C., & Janikian, L. (2007). A Formação Sete Lagoas em sua área-tipo: fácies, estratigrafia e sistemas deposicionais. *Revista Brasileira de Geociências*, 37:1-14. DOI:10.25249/0375-7536.200737S4114

Warming, E. (1909). *Lagoa Santa: Contribuição para a Geographia, Phytobiologica*, trad. A. Loefgren.282p.

Whittaker, R. J., Araújo, M. B., Jepson, P., Ladle, R. J., Watson, J. E., & Willis, K. J. (2005). Conservation biogeography: assessment and prospect. *Diversity and distributions*, 11:3-23. DOI:doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00143.x

Yuncker, T. (1974). The Piperaceae of Brazil III. *Peperomia*; taxa of uncertain status. *Hoehnea* 4: 192.

Zappi, D. C., Filardi, F. L. R., Leitman, P., Souza, V. C., Walter, B. M., Pirani, J. R., &

Forzza, R. C. (2015). Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, 66:1085-1113..DOI:dx.doi.org/10.1590/2175-7860201566411

ZILLER, S. R. (2001). Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. *Ciência Hoje*, 30:77-79.



## CAPÍTULO II

### **Flora vascular saxícola Cárstica da formação Sete Lagoas, Minas Gerais: caracterização dos microhabitats e espectro biológico.**



## RESUMO

Os afloramentos rochosos cársticos apresentam condições ambientais rigorosas como variação de temperatura, substrato escasso com baixa capacidade de retenção hídrica moldam os afloramentos rochosos. Caracterizados como pequenas áreas ou extensões diferentes ao ambiente circundante, os microhabitats criam condições ambientais favoráveis ao estabelecimento de plantas. Diversas interações são utilizadas como estratégias pelas espécies vegetais para contornar as adversidades climáticas e edáficas ao qual são expostas. A flora desses locais, representada especialmente por espécies saxícolas que crescem diretamente na rocha ou em pequenas porções de substrato acumulado, é pouco estudada. Os maciços da Gruta do Baú (em Pedro Leopoldo) e Gruta da Lapinha (em Lagoa Santa) formam ilhas terrestres e fazem parte da formação Sete Lagoas, que pertence à formação geológica do grupo Bambuí. O objetivo deste trabalho foi comparar a riqueza entre dois maciços distintos e investigar a distribuição das espécies e das formas de vidas nos microhabitats. As coletas ocorreram mensalmente, de agosto de 2018 a novembro de 2019. Foi utilizado o método de caminhamento, com coleta de material fértil. Para classificar a forma de vida, utilizou-se como base o sistema Raunkiaer. Os microhabitats foram delimitados: ilha de solo, fenda, fissura, rocha exposta e epífito. Foram registradas 124 espécies de plantas vasculares, pertencentes a 92 gêneros, distribuídos em 45 famílias. As famílias mais ricas foram Orchidaceae (14 spp), Bromeliaceae (11 spp), Piperaceae (10 spp), enquanto que de monilófitas foram Pteridaceae (5 spp), Aspleniaceae e Polypodiaceae (3 spp cada). O microhabitat fenda apresenta o maior número de espécies (54 spp), seguido por ilha de solo (20 spp) e, epifítico (17). O espectro das formas de vida teve a seguinte distribuição: fanerófitos (26%), hemicriptófitos (20%), caméfitos (19%), epífitos (17%), terófitos (8%) e geófitos (7%). Cada maciço possui uma flora peculiar fortemente influenciada pela heterogeneidade (microhabitats) e organizada de acordo com os recursos disponíveis (nichos) e distintos floristicamente entre si apesar da proximidade geográfica. Entretanto cada microhabitat existente nos dois maciços possui um conjunto de espécies características e compartilhadas, o que faz terem uma alta similaridade entre si. A necessidade de preservação de grandes áreas como os outros afloramentos da Formação Sete Lagoas é fundamental para conservação da biodiversidade regional.

**Palavras-chave:** Microhabitat. Formação Sete Lagoas. Formas de vida. Florística.

## ABSTRACT

The rock outcrops in karst landscape present rigorous environmental conditions. Temperature variation and scarce substrate with low water retention capacity have shaped these rock outcrops. Karst is characterized by small areas or different extensions to the surrounding environment, where microhabitats create favorable environmental conditions for the establishment of plants. Several interactions are used as strategies by plant species to overcome the climatic and edaphic adversities to which they are exposed. The little-known flora of these places is represented especially by saxicolous species that grow directly on the rock or in small portions of accumulated substrate. The massifs of Gruta do Baú (in Pedro Leopoldo) and Gruta da Lapinha (in Lagoa Santa) form terrestrial islands and are part of the Sete Lagoas formation, which belongs to the geological formation of the Bambuí group. The objective of this work was to compare the richness between two different massifs and investigate the distribution of species and life forms in microhabitats. The collections took place monthly, from August 2018 to November 2019. The method used was walking, with collection of fertile material. We based on the Raunkiaer system to classify the life forms. The microhabitats were defined as: soil island, crack, fissure, exposed rock, and epiphyte. One hundred and twenty-four species of vascular plants were registered, distributed in 92 genera and 45 families. The richest families were Orchidaceae (14 spp.), Bromeliaceae (11 spp.), Piperaceae (10 spp.), whereas monilophytes were Pteridaceae (five spp.), Aspleniaceae and Polypodiaceae (three spp. each). The microhabitat cleft has the largest number of species (54 spp.), followed by soil island (20 spp.), and epiphytic (17 spp.). Cracks create favorable conditions that facilitate the establishment of the largest number of species. The spectrum of life forms had the following distribution: phanerophytes (26%), hemicryptophytes (20%), camepids (19%), epiphytes (17%), terophytes (8%), and geophytes (7%). Each massif has a peculiar flora strongly influenced by heterogeneity (microhabitats) and organized according to available resources (niches) and floristically distinct from each other despite geographical proximity. However, each microhabitat in the two massifs has a set of characteristics and shared species, which makes them highly similar to each other. The need to preserve large areas such as the other outcrops of the Sete Lagoas Formation is fundamental for the conservation of biodiversity on a broader scale.

**Keywords:** Microhabitat. Sete Lagoas Formation. Life forms. Floristic.

## INTRODUÇÃO

Estudos florísticos em formações rochosas neotropicais tem revelado serem essas áreas especiais para conservação (Forzza *et al.*, 2003; Silva, 2016; Pereira *et al.*, 2015; Lopes-Silva *et al.*, 2019; da Silva Machado *et al.*, 2020; Ribas & Moreira, 2020.). Em geral, ao contrário do que aparentam, possuem uma flora expressiva e particular, com endemismos, contribuindo de forma expressiva para a diversidade regional (beta diversidade) (Pérez-García *et al.*, 2009; Carvalho & Felfili, 2011; Lopes-Silva *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2020). Condições ambientais rigorosas como variação de temperatura, substrato escasso com baixa capacidade de retenção hídrica moldam os afloramentos rochosos (Porembski & Barthlott, 2000). Essas adversidades são denominadas filtros ambientais e influenciam diretamente as espécies vegetais que são altamente especializadas para ocupar esse ambiente severo. Diversas interações são utilizadas como estratégias pelas espécies vegetais para contornar as adversidades climáticas e edáficas ao qual são expostas e assim concluir seu ciclo desde o estabelecimento até a maturidade reprodutiva (Cornwell *et al.*, 2006). Sob essas condições hostis e peculiares, ecossistemas únicos são formados, apesar de dificultar o estabelecimento de espécies vegetais, acaba por favorecer o surgimento de espécies endêmicas, raras e, algumas vezes, ainda desconhecidas da literatura (Araújo *et al.*, 2008).

Nos afloramentos rochosos é possível identificar diversos microhabitats, isto é, pequenas áreas ou extensões que apresentem condições diferentes e específicas em relação ao ambiente adjacente (Silva *et al.*, 2016). São fendas, fissuras, depressões, rocha exposta e ilhas de solo, todos com microclima diferenciado entre eles. Essas diferenças são fortes indícios que reforçam que os afloramentos são potencialmente locais de alta biodiversidade vegetal, contribuindo para a variedade das diferentes formas de vida (Porembski *et al.*, 1998). Em cada microhabitats, diversos nichos estão disponíveis, de forma que, partindo da premissa que duas espécies não podem ocupar o mesmo nicho, nos afloramentos a competição entre espécies é constante (Gaffney, 1975).

No Brasil, os afloramentos rochosos possuem diferentes origens e geomorfologias. São marcantes os afloramentos graníticos, com destaque para os pães-de-açúcar (inselbergs), os quartzíticos e hematíticos, característicos da cadeia do espinhaço, os basálticos presentes na borda da serra geral no sul do Brasil, bem como as formações areníticas e carbonáticas (cárste), essas últimas geralmente abrigando cavernas (Piló, 2000; Auler *et al.*, 2005).

A flora das áreas cársticas é muito pouco conhecida no Brasil (Merirelles *et al.*, 1999), principalmente quando comparada com outras formações constituídas por diferentes tipos de rochas, como campos rupestres (Peron, 1989; Viana & Lombardi, 2007; Rapini, 2008; Vasconcelos, 2011; Messias *et al.*, 2012; Neves *et al.*, 2018; Zappi *et al.*, 2019), canga (Viana *et al.*, 2016; Giulietti *et al.*, 2019) e inselbergs (França & Santos, 1997; Porembski *et al.*, 2012; Couto *et al.*, 2017; Lopes-Silva *et al.*, 2019; Morales & Kollmann, 2019). Em contrapartida, estudos da flora que compõe áreas de calcário são bem estudadas em outros países como a China (Daoxian, 2001; Zeng *et al.*, 2014; Ni *et al.*, 2015; Kang *et al.*, 2014; Tong *et al.*, 2018; Geekiyanage *et al.*, 2020; Nie *et al.*, 2019).

Em Minas Gerais, a formação Sete Lagoas é uma dos mais importantes constituintes do Grupo Bambuí. Composta por dois membros, Pedro Leopoldo e Lagoa Santa, as duas localidades possuem vários maciços rochosos (Vieira *et al.*, 2016). O teor de carbonato de cálcio difere os dois componentes da formação, quanto mais alto, mais propensa a rocha se torna a dissolução pela água, processo conhecido como de carstificação. Lagoa Santa é mais propício pelo elevado teor de carbonato de cálcio e calcarenitos ricos em matéria orgânica. Enquanto Pedro Leopoldo possui baixo teor de carbonato de cálcio caracterizando calcários impuros associados dolomitos e outros minerais (Campos, 1994; Berbert-Born, 2002).

O objetivo deste trabalho foi comparar a riqueza entre dois maciços distintos e investigar a distribuição das espécies e das formas de vidas nos microhabitats. Com base no exposto, hipotetizamos que a flora herbácea/ arbustiva em dois maciços calcários da Formação Sete Lagoa apresentem: a) semelhança florística; b) preferência por determinado microhabitat; c) espectro das formas de vida equivalentes nas duas localidades. Tais informações são fundamentais para a conservação da diversidade biológica desse peculiar e complexo ecossistema, mas negligenciado e fortemente ameaçado.

## **METODOLOGIA**

Foram estudadas duas áreas contendo afloramentos calcários, a Gruta da Lapinha em Lagoa Santa e o Morro do Baú, em Pedro Leopoldo, localizados na região central de Minas Gerais, cerca de 46 quilômetros da região metropolitana de Belo Horizonte (Figura 1). A região onde se inserem os locais de amostragem apresentam um mosaico de vegetação típico do Cerrado e feições cársticas e fazem parte da formação de Sete Lagoas,

pertencente ao grupo Bambuí, caracterizados pela presença de rochas carbonáticas (Vieira *et al.*, 2007). Pedro Leopoldo e Lagoa Santa estão na jurisdição da Área de preservação ambiental Cárste de Lagoa Santa (Evangelista & Travassos, 2015). O clima, é tropical, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical classificado como Aw com verões chuvosos e invernos secos (Álvares *et al.*, 2013). As médias de temperatura e pluviosidade são 21.8 °C e 1342 mm em ambos municípios (Climate-Data, 2019).

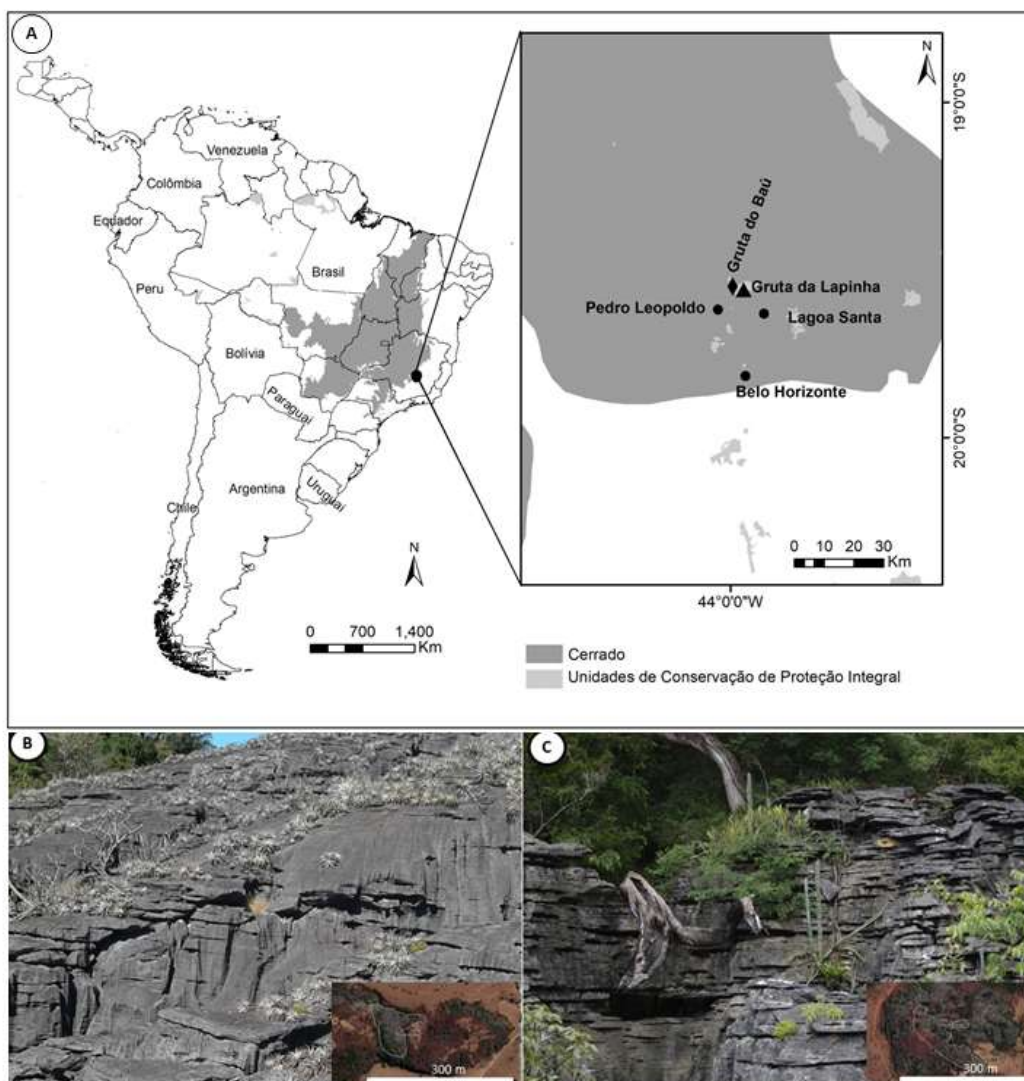


Figura 1- Localização das áreas de estudo nos municípios de Lagoa Santa e Pedro Leopoldo, Minas Gerais (A). Características geomorfológicas dos dois maciços. Maciço da Gruta da Lapinha em Lagoa Santa (B) e Maciço da gruta do Baú em Pedro Leopoldo (C).

### Levantamento Florístico e caracterização das espécies



Para a coleta de material fértil foram realizadas visitas mensais nos dois maciços pelo período de agosto de 2018 a novembro de 2019, abrangendo as estações seca e a chuvosa. A delimitação de maciço adotada neste trabalho foi proposta por Jaeger *et al.*(2009), onde o bloco delimitado por continuidades formam ilhas terrestres. Devido à irregularidade do relevo e à dificuldade de acesso em algumas partes dos maciços, foi utilizado o método de caminhamento (Filgueiras *et al.*, 1994), o que possibilitou cobrir os diversos ambientes como bordas, topos, paredões e interior de claraboias nos maciços totalizando uma área amostrada de aproximadamente 92 m<sup>2</sup>. correspondendo a 50% das áreas expostas presentes nos maciços (Figura 2).



Figura 2 - Áreas de rocha expostas registradas nos maciços da gruta do Baú (a) e Gruta da Lapinha (b) em branco. Áreas amostradas em vermelho. Fonte: Google Earth 14/09/2019.

Todo material botânico coletado foi herborizado seguindo o protocolo padrão (Fidalgo & Bononi, 1989). As identificações taxonômicas foram realizadas com auxílio de chaves analíticas, consulta a especialistas e comparação com o material depositado no Herbário BHCB. Foi utilizado o sistema de classificação de PPG (2016) para monilófitas e APG IV (2016) para o grupo das angiospermas.

Foram incluídas as espécies que crescem sobre a rocha, pedras ou em pequenas porções de substrato acumulado em fendas e fissuras no topo do maciço, neste trabalho definidas como saxícolas (adaptado de Cintra, 2007 e Mendez, 2010). As espécies do entorno da matriz rochosa pertencentes à mata seca calcária foram excluídas. As espécies arbóreas consideradas forófitos dentro da área delimitada foram incluídas por serem classificadas como um dos microhabitats.

### **Classificação e caracterização dos Microhabitats**

A classificação e delimitação dos microhabitats foram definidos de acordo com as características rochosas dos maciços (Fig. 3A). Cinco microhabitats foram delimitados: (i) fenda: cavidades na superfície da rocha, variáveis em tamanho, contendo uma ou mais espécies é limitada pela parede rochosa paralela (Fig 3B); (ii) epífito: espécies vasculares que completam seu ciclo de vida em um suporte determinado Forófito. Este pode estar na posição vertical ou horizontal, fornecendo microhabitat na estratificação ou rugosidade do tronco (Fig. 3C); (iii) Rocha exposta: locais onde a rocha está praticamente intacta e exposta, não havendo sobre ela deposição de solo (Fig. 3D); (iv) Ilhas de Solo: Uma ou mais espécies instaladas na mesma mancha de solo, limitada pela superfície rochosa em toda borda (Fig 3E) e (v) fissura: cavidades limitadas pela rocha paralela na horizontal ou vertical, localizadas em paredões ou rochas inclinadas (Fig 3F). A classificação das espécies epífitas vasculares registradas em forófitos é senso Benzing (1990), onde o indivíduo de hábito epífito desenvolve todo o seu ciclo de vida em um suporte (forófito), sem tocar o solo. Foram considerados os epífitos facultativos, indivíduos registrados em forófitos e nos demais microhabitats. Todos os forófitos que portavam um ou mais espécies epífitas, dentro do perímetro do maciço delimitado para este trabalho foram incluídos. A classificação dos microhabitats foi modificada de Conceição & Pirani (2005), estabelecida para o campo rupestre quartzítico.



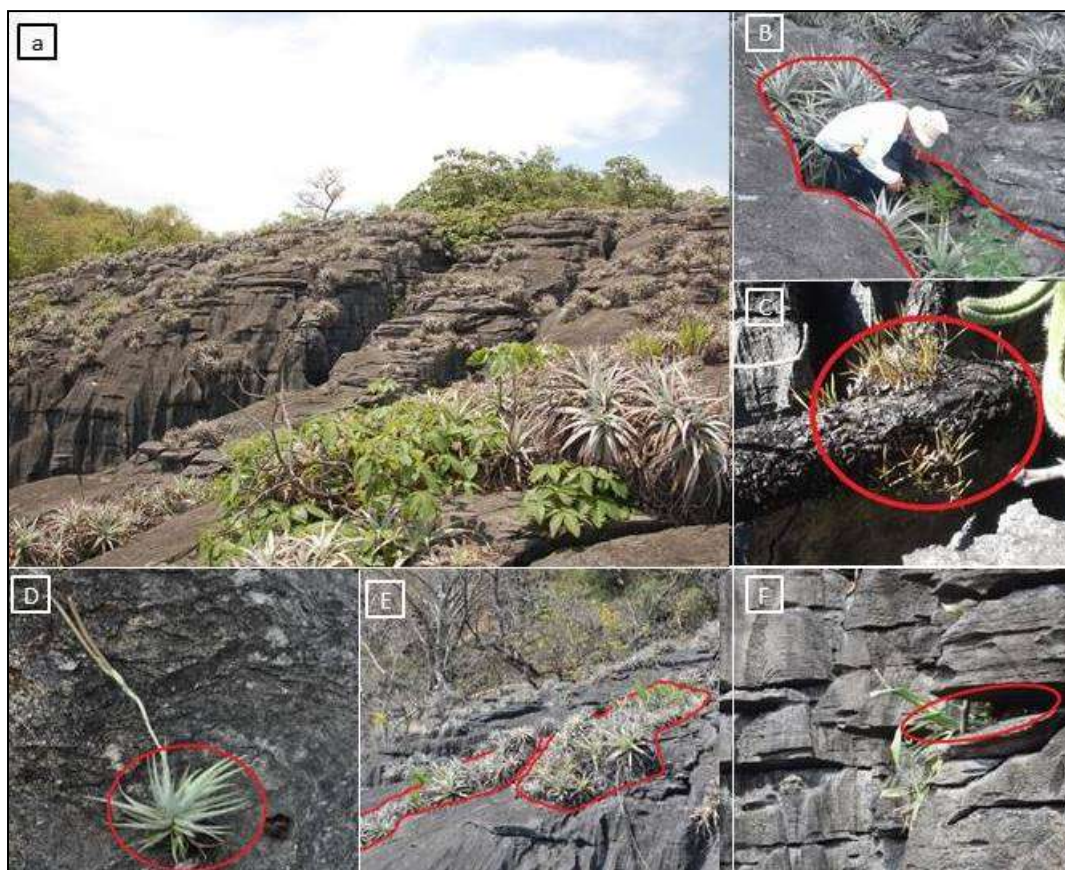


Figura 3 - Classificação dos microhabitats de acordo com as irregularidades do relevo kártico em (A). Microhabitats: Fenda (B), Epífita (C), Rocha Exposta (D), Ilhas de Solo (E) e Fissura (F).

### Classificação das formas de vida

As formas de vida foram classificadas de acordo com o proposto por Raunkiaer (1934), considerando a posição e proteção das gemas de crescimento, incluindo a categoria de epífitas (Senna & Waechter, 1997; Ivanauskas *et.al.*, 2004). Para determinar a forma de vida das espécies, utilizou-se a chave proposta por Martins & Cavararo (2012). As espécies foram agrupadas em seis formas de vidas: (i) Fanerófitas: as gemas vegetativas estão acima de 25 cm de altura, as partes aéreas estão bem expostas à atmosfera. Nesta classe foram incluídos os arbustos; (ii) Terófitas: espécies anuais que completam seu ciclo de vida em uma mesma estação favorável; as sementes produzidas sobrevivem as adversidades estacionais protegidas pelo substrato; (iii) Geófitas: as gemas vegetativas são subterrâneas (abaixo do solo); apresentam estrutura de armazenamento e brotamento (gema, xilopódio, rizoma ou bulbo), onde as gemas enterradas no solo ficam pouco vulneráveis; (iv) Epífita: espécies vasculares que completam seu ciclo de vida em um suporte determinado Forófito;

(v) Hemicriptófitas: as gemas vegetativas estão no nível do solo e são protegidas por escamas, folhas ou bainhas foliares vivas ou mortas; (vi) Caméfitas: as gemas vegetativas estão na parte aérea, acima do solo menos que 25 cm; os ramos secam e caem periodicamente.

### **Análise dos dados**

A similaridade florística entre os dois maciços (Gruta do Baú e Gruta da Lapinha) foi calculada pelo índice de Jaccard (Anderson *et al.*, 2011). O seguinte algoritmo foi utilizado:  $I_j = a / a + b + c$ . Onde, espécies em comum aos dois maciços (a), espécies presentes na Gruta da Lapinha (b) e espécies presentes na Gruta do Baú (c).

A similaridade entre os microhabitats da gruta do Baú e da Gruta da Lapinha foi analisada pela análise de agrupamento (cluster), utilizando os índices de Jaccard que é coeficiente de presença (Mueller-Dombois & Ellenberg, 2002). O índice de Jaccard foi utilizado para representar as diferenças em riqueza de espécies entre os microhabitats das duas localidades.

Para a construção do dendrograma elaborou-se uma matriz binária de presença e ausência, onde somente as espécies compartilhadas, ou seja, presente nas duas localidades foram consideradas, correspondendo a 46% (57 espécies). Utilizou-se o método de ligação hierárquica UPGMA, uma medida de correlação que varia entre 0 e 1 (RODE *et al.*, 2009). Os dados foram tratados por meio do programa R (R Core Team, 2018). No método de suporte dos grupos foram utilizados os pacotes “vegan” e “recluster”.

O teste de qualidade de ajuste qui-quadrado foi utilizado para medir a diferença significativa entre a representatividade das espécies nos diferentes microhabitats. Esta análise determina se os valores observados são estatisticamente diferentes dos valores esperados (Larson & Farber, 2015). Assumiu-se a hipótese nula (H0) de proporções iguais entre a composição florística nos microhabitats das duas localidades (Gruta do Baú e Gruta da Lapinha) e a hipótese alternativa (Ha) de diferença entre a composição. O nível de significância utilizado foi de 0,05. Como justificativa da Hipótese nula (H0) de proporções iguais, argumenta-se o desconhecimento inicial da composição florística entre os microhabitats nos maciços calcários.

Para representar as interações das espécies entre os microhabitats, um diagrama de Venn elíptico irregular foi construído, para essa finalidade utilizou-se o Software Lucid (Maker, 2013; Faulkner, 2018).

## RESULTADOS

Foram registradas 124 espécies vasculares saxícolas, distribuídas em 45 famílias, pertencentes a 92 gêneros (Anexo 1), totalizando 183 indivíduos funcionais que utilizam os microhabitats como recurso. As famílias mais ricas de angiospermas foram Orchidaceae (14 spp), Bromeliaceae (11 spp) e Piperaceae (10 spp). Das monilófitas a família mais rica foi Pteridaceae (5 spp), seguida de Polypodiaceae e Aspleniaceae ( 3 spp cada). Somadas as 6 famílias vasculares mais ricas representam 37% (46) das espécies coletadas. Os gêneros mais ricos foram *Peperomia* (10 spp), *Tilandsia* (6 spp), *Asplenium*, *Dioscorea*, *Heteropterys* e *Pilea* (3 spp cada).

O microhabitat mais abundante foi a fenda com 54 espécies, seguido de Ilha de Solo com 20 espécies e Epífito com 17 espécies (Figura 4). A relação das espécies entre os microhabitats pelo Diagrama de Venn (Figura 5) mostra o microhabitat fenda como o que mais compartilha espécies com outros microhabitats.

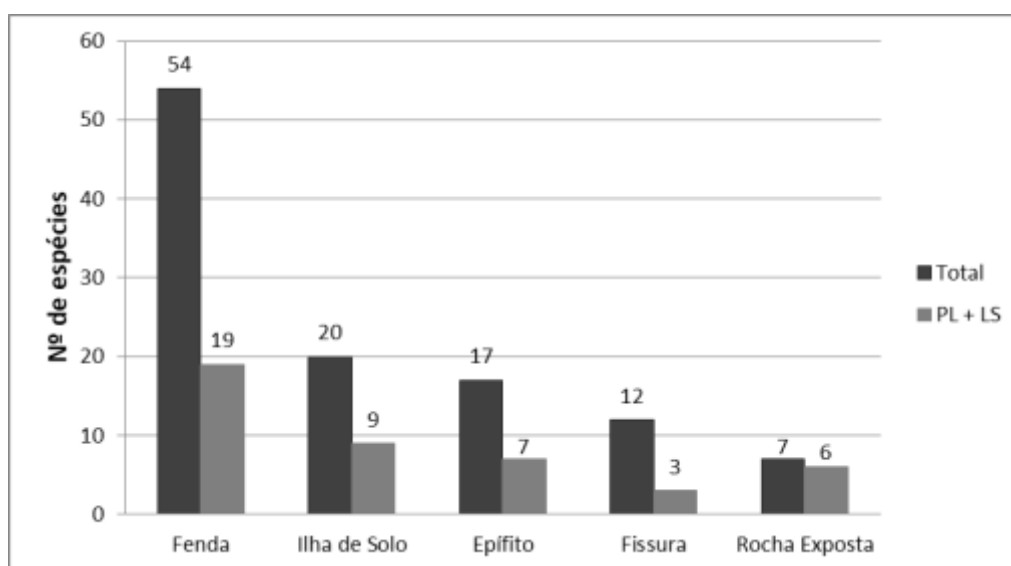


Figura 4 – Microhabitats dos dois afloramentos (Gruta da Lapinha e Gruta do Baú). Valores absolutos do total de coleta ocorrentes nos mesmos microhabitats nas duas localidades (n=114). Valores de espécies em comum aos dois afloramentos (n=57). PL+LS=Gruta do Baú (PL) e Gruta da Lapinha (LS).

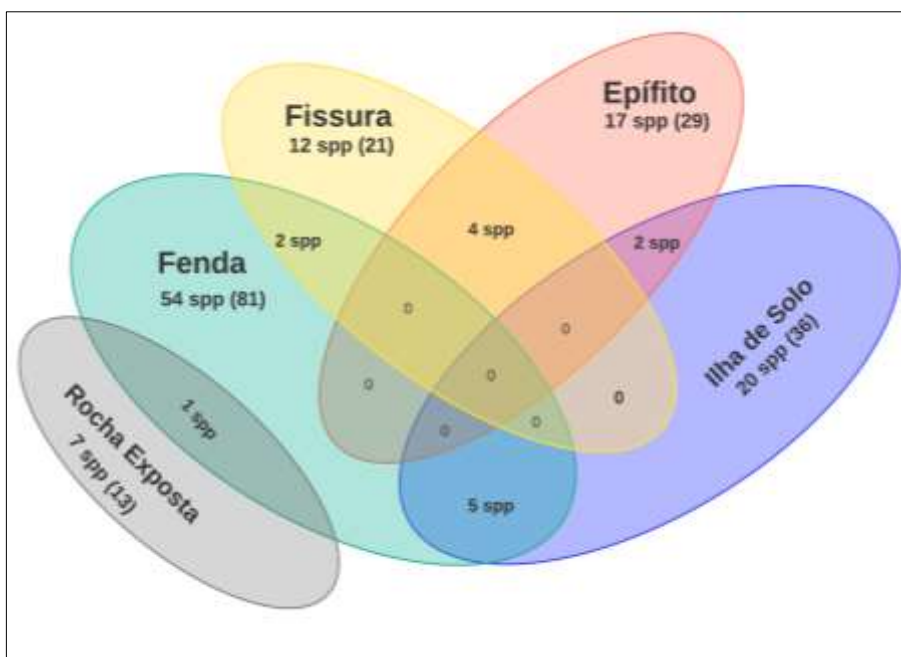


Figura 5 – Diagrama elíptico irregular de Venn. Exclusividade e compartilhamento de espécies entre os microhabitats na Gruta da Lapinha e Gruta do Baú.

Do total de 124 espécies registradas, 57 são comuns aos dois maciços. A riqueza de espécies foi maior na Gruta do Baú com 95 espécies coletadas e 38 exclusivas. Na Gruta da Lapinha a riqueza de espécies foi menor com 86 espécies coletadas e 29 exclusivas. O índice de Jaccard  $I_j=0,45$  demonstra baixa semelhança florística entre os maciços.

A análise de agrupamento dos microhabitats utilizando apenas as espécies em comum aos dois maciços (57 spp) permite reconhecer três grupos florísticos distintos (Figura 6, Anexo 2). No primeiro agrupamento, o microhabitat Rocha exposta apresenta grau máximo de similaridade atingindo 1. As espécies coletadas na gruta do Baú no microhabitat rocha exposta são as mesmas na gruta do Baú. Este microhabitat é o que mais está sob influência dos filtros ambientais atuantes como a alta incidência solar, pouca capacidade de retenção hídrica e apresenta as espécies tolerantes à dessecação.

No segundo agrupamento, as fendas e as ilhas de solo apresentam características similares, variações nas dimensões e exposição solar influenciam a composição da flora. Esses dois microhabitats tendem a acumular substrato e conseqüentemente as espécies que necessitam de ancoragem de raízes e principalmente as formas de vida fanerófitas, terófitas e caméfitas possuem os maiores registros, em relação ao total amostrado.

O terceiro agrupamento é entre as fissuras e epífitas, dois ambientes semelhantes por permitir sombreamento e trânsito entre as epífitas facultativas. As fissuras horizontais

assemelham a pequenas cavernas e os forófitos apresentam conformação morfológica do tronco na horizontal próxima ao solo, as ranhuras no súber e ritidoma do tronco oferece nichos a diferentes espécies, a face abaxial é mais sombreada e local de registro da maior parte das epífitas.

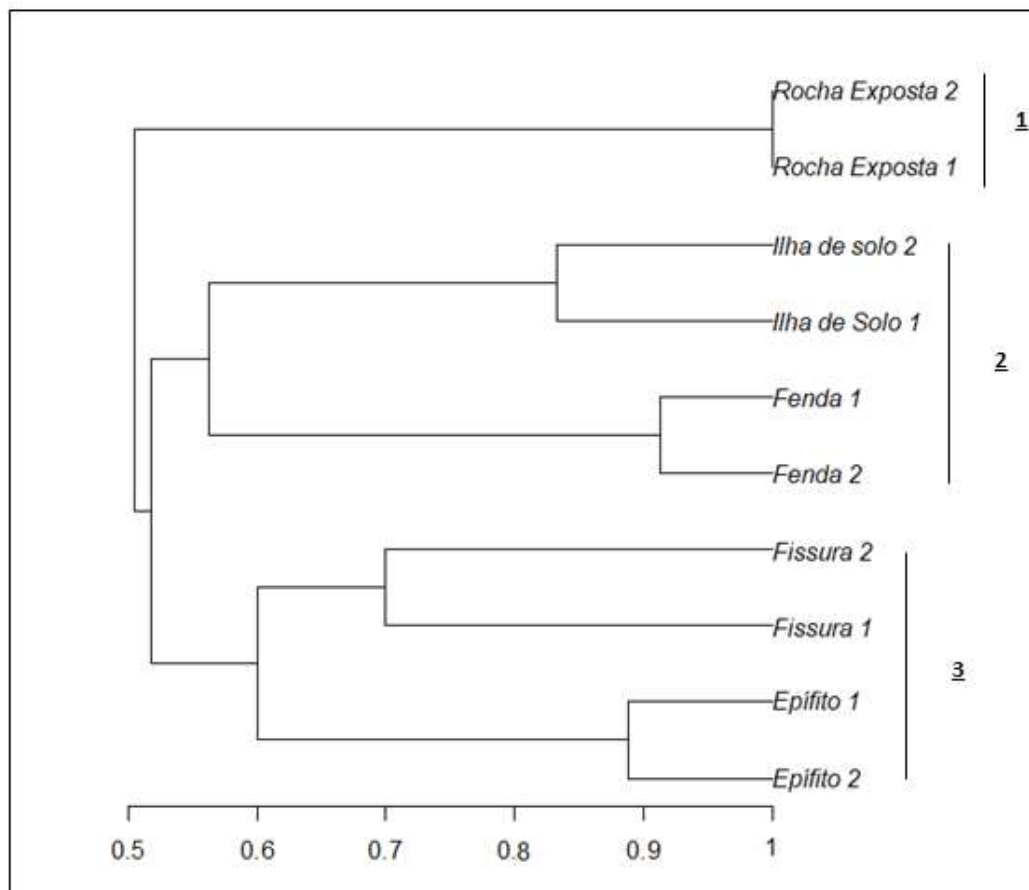


Figura 6 - Dendrograma de similaridade de Jaccard da composição florística entre os microhabitats com as espécies em comum aos dois afloramentos. Gruta do Baú (1) e Gruta da Lapinha (2). Grau de similaridade de 0-1 (n=57).

No teste do Qui-quadrado de proporções iguais não houve diferença significativa no número de espécies nos microhabitats nas diferentes localidades (n=183, GL= 1,  $X^2= 1.57$ ,  $p=0.209$ ), ou seja, o número de espécies encontradas não difere entre as localidades, corroborando a hipótese nula ( $H_0$ ) de semelhança na composição florísticas nos microhabitats.

As formas de vida que se destacaram quanto ao espectro biológico foram fanerófitos 26% (33 spp), seguido de hemicriptófitas 20% (25 spp), caméfitas 19% (24 spp) e epífita 17% (22 spp) (Figura 7). As menos registradas são aquelas que necessitam de maior quantidade de substrato para manter suas partes reprodutivas enterradas como as

terófitas 8% (10 spp) composta principalmente pelos representantes da família Asteraceae e geófitas 7% (9 spp), como *Hippeastrum reginae* (L.) Herb., espécie da família Amaryllidaceae.

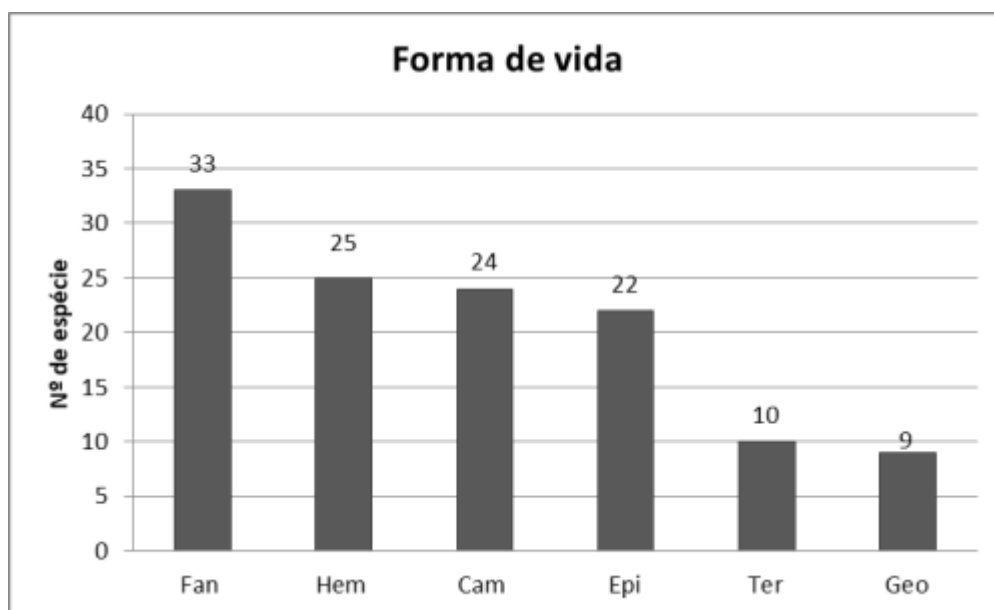


Figura 7 – Formas de vida de Raunkiaer. Fanerófito (Fam), Hemicriptófito (Hem), Caméfito (Cam), Epífita (Epi), Geófito (Geo) e Terófito (Ter). Valores absolutos.

Considerando a coleta de espécies com dupla ocorrência, ou seja, espécies que foram coletadas na Gruta do Baú e na Gruta da Lapinha são consideradas 183 registros. Na gruta do Baú as fanerófitas representam 24 espécies, seguido por hemicriptófito e caméfitos (ambos com 21 espécies). Na gruta da Lapinha as formas de vida fanerófitas representam 23 espécies, seguido de hemicriptófito (18 spp) e caméfito (16 spp). A proporção das formas de vida de associada a cada microhabitat em cada localidade estão representadas na tabela 2.

Tabela 2- Formas de vida de Raunkiaer e a proporção de ocorrência florística em cada microhabitat de acordo com as duas áreas de estudo (Gruta do Baú e Gruta da Lapinha). Microhabitats: Fenda (Fe), Ilha de Solo (Is), Rocha Exposta (Re), Fissura (Fi) e Epífita (Ep). Total de ocorrência (T). Considerando-se a dupla ocorrência de algumas espécies registradas nas duas áreas (Gruta do Baú e Gruta da Lapinha) o número de registro de microhabitats n=183.

Microhabitat	Gruta do Baú						Gruta da Lapinha					
	Fe	Is	Re	Fi	Ep	T	Fe	Is	Re	Fi	Ep	T
Forma de vida												

<b>Fanerófito</b>	17	5	1	1	0	24	17	3	1	2	0	23
<b>Geófito</b>	6	3	0	0	0	9	4	1	0	1	0	6
<b>Terófito</b>	5	1	0	0	0	6	6	2	0	0	0	8
<b>Caméfito</b>	9	6	2	4	0	21	7	4	3	2	0	16
<b>Hemicriptófito</b>	8	5	2	5	0	21	5	4	4	5	0	18
<b>Epífito</b>	0	0	0	0	18	18	0	2	0	2	9	13
<b>Total</b>	46	20	5	10	18		39	16	8	12	9	

## DISCUSSÃO

Os dois afloramentos calcários estudados possuem uma rica e particular flora vascular saxícola, sendo floristicamente bastante distintos entre si apesar da proximidade geográfica. Tais padrões são também encontrados em outros afloramentos rochosos, como nos inselbergs (de Paula *et al.*, 2019) e campo rupestre (Conceição & Giulietti, 2002) onde cada um é uma ilha com flora peculiar.

Por outro lado, cada microhabitat existente nos dois maciços possui um conjunto de espécies características e compartilhadas, o que faz terem uma alta similaridade entre si. A colonização e permanência das espécies em seus microhabitats preferenciais é modulada por fatores ambientais e pela disponibilização dos diversos nichos (Begon *et al.*, 2006). Cada microhabitat e as espécies que o compõe possuem as adaptações necessárias para reivindicar um dos nichos formados sem sobrepor as outras obtém sucesso no estabelecimento e permanência nos maciços e manter uma relação relativamente equilibrada em um ambiente xérico (Peterson *et al.*, 2011).

Os microhabitats heterogêneos são determinantes na elevação da biodiversidade nos maciços (Cramer & Willig, 2005). A heterogeneidade destes microhabitats fornecem recursos e conseqüentemente diversos nichos são disponibilizados para ocupação das espécies em um espaço relativamente reduzido (Odum, 1971; Peterson *et al.*, 2011).

Dentre os microrhabitats estudados, a fenda foi o que apresentou maior riqueza de espécies na Gruta do Baú e na Gruta da Lapinha, sendo extremamente importante na dinâmica dos maciços. As características das fendas são diferenciadas em relação ao entorno e possui função importante no estabelecimento das espécies que ocupam esse importante microhabitat (Meirelles *et al.*, 1999; Conceição e Pirani, 2005; Oliveira & Godoy, 2007; Costa *et al.*, 2011; Costa & Cielo-Filho, 2012; Liu 2019). Sua delimitação por rochas paralelas permite o acúmulo de solo pela declividade, fixação das raízes das

plantas, uma temperatura mais amena em relação a matriz rochosos adjacente e a retenção de umidade, esses fatores favorecem a presença de espécies (Larson *et al.*, 2005). A profundidade da fenda favorece também o acúmulo de matéria orgânica e a composição de nutrientes providos pelas quedas das partes vegetativas das fanerófitas abundantemente registradas nas duas localidades estudadas. A fenda é o microhabitat com alto índice de compartilhamento de espécies com os outros microhabitats. O alto registro dos fanerófitos está fortemente associado a disponibilidade de recursos como substrato fornecidos pelo microhabitat fenda (Conceição & Pirani, 2005; Costa & Cielo-Filho, 2012; Zhu *et al.*, 2017; Liu 2019).

As fraturas que originam as fendas variam em profundidade e tamanho e podem abrigar fanerófitas arbóreas, como *Ficus calyptroceras* (Miq.)Miq. e *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns.. Essas espécies conseguem capturar água das profundezas das rochas pelo seu sistema radicular, que muitas vezes forma redes através de pequenas fissuras para o interior do maciço (Carauta & Diaz, 2002; Carvalho-Sobrinho & Queiroz, 2011). Outras espécies como *Cuphea warmingii* Koehne e *Adiantopsis perfasciculata* Sehnem. formam seu sistema radicular, que varia em tamanho, paralelamente à superfície rochosa de acordo com o tamanho da fenda ou da fissura (Oettli, 1904; Larson *et al.*, 2005).

As fendas são responsáveis pelo estabelecimento dos forófitos que são outro microhabitat, importantes na composição florística nos afloramentos portando todos os epífitos verdadeiros e facultativos (Araujo *et al.*, 2019). A espécie mais relevante como forófito é *Ficus calyptroceras* (Miq.)Miq., abriga diversas epífitas nos maciços, seu desenvolvimento inicial ocorre no substrato acumulado no interior das fendas ou como hemiepífito (Athreya, 1999) e a medida que está estabelecida, seu sistema radicular atravessa as rochas por frestas e gretas formando uma rede radicular similar a encanamentos até atingirem o solo (Matthes-Sears & Larson, 1999). *Ficus calyptroceras* é forófito responsável pelo microhabitat epífito onde importantes espécies como *Cattleya lundii* (Rchb.f. & Warm.) Van den Berg e *Rodriguezia brachystachys* Rchb. f. & Warm. ambas orquídeas raras foram coletadas.

O gênero *Ficus* é comumente registrado em afloramentos rochosos cárticos e *Ficus calyptroceras* é associada a rochas calcárias (Ragusa-Netto, 2002; Martins, 2009; CNCFlora, 2019). Registros fósseis encontrados na China datados do Mioceno como *Ficus microtrivia* J. Huang et Z. K. Zhou é um fóssil caracterizado com especializações para ambientes abertos e secos como o cárste com ocorrência em superfícies rochosas calcárias,



os autores (Huang *et al.*, 2018 ) sugerem que a relação do gênero com afloramentos de calcários é muito antiga.

Outros forófitos foram registrados nos maciços como *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns. reportado em calcários do grupo Bambuí (Andrade-Lima, 1977; Carvalho, 2008) e responsável pelas ocorrências de *Peperomia campinasana* C.DC., *Peperomia trineura* Miq., *Epphyllum phyllanthus* (L.) Haw., *Rhipsalis lindbergiana* K. Schum., *Acanthostachys strobilacea* (Schult. f.) Link, Klotzsch & Otto e *Pecluma filicula* (Kaulf.) M.G.Price. Os forófitos evidenciam a importância destes microhabitats para estabelecimento de espécies epífitas saxícolas. No cárste, os forófitos são os ambientes mais disputados, sugerindo intensa competição interespecífica e intraespecífica entre as espécies por recursos como as partes mais sombreadas na face mais sombreada dos forófitos influenciados principalmente pelo filtro ambiental de alta incidência solar (Gentry & Dodson, 1987; Couto, 2016; Joanitti, 2017).

O gênero *Tillandsia*, bem representado nos dois maciços com seis espécies, apresenta características que facilitam a ocupação em ambientes variados. Modificações no sistema radicular que é reduzido e especializado em fixação permitem o crescimento sobre rochas e forófitos, enquanto que modificações no sistema foliar como a presença de tricomas especializados para captação de água e nutrientes favorecem a ocupação dos microhabitats sob maior influência dos filtros ambientais presentes nos maciços (Benzing 1976; Smith & Downs, 1977, Reinert *et al.*, 2000).

Como exemplo, no forófito *Myrcianthes pungens* (O.Berg) D.Legrand, uma grande população de *Campylocentrum neglectum* (Rchb.f. & Warm.) Cogn. foi registrada e coletada, exemplificando a relação de afinidade de espécies por determinados forófitos, conseqüentemente microhabitat epífito específico (Sobral *et al.*, 2015; Barros *et al.*, 2015). A não ocorrência de outras espécies no mesmo forófito sugere a necessidade de maiores investigações acerca do elevado número de indivíduos da mesmas espécies e competição intraespecífica, uma vez que esses indivíduos competem pelos mesmos recursos (Chase & Leibold, 2003; Vellend, 2010).

No microhabitat rocha exposta destacam-se as espécies *Dyckia luxor* (L.B.Sm. & Read) Forzza. e *Cereus jamacaru* subsp. *calcirupicola* (F.Ritter) N.P.Taylor & Zapp, que possuem especializações que permite o estabelecimento em um microhabitat mais hostil como Rocha exposta. As espécies que colonizam esse microhabitat apresentam mecanismos especializados contra dessecação como síntese CAM, suculência e poiquiloidria no caso de monilófitas (Yuncker, 1974; Hartung *et al.*, 1998; Porembski *et al.*,

1998; Porembski, 2007; Benzing 1990; Forzza *et al.*, 2003; Versieux & Wendt, 2007; Meiado *et al.*, 2012; Xavier *et al.*, 2012).

As formas de vida de Raunkiaer predominante nos dois maciços são as fanerófitas, hemicriptófitas e caméfitas, resultado semelhante a ambientes xéricos (Conceição & Pirani, 2005; de Paula *et al.*, 2017). A predominância das formas de vida em afloramentos rochosos é comum e associada aos microhabitats fenda e ilha de solo por proporcionarem condições favoráveis como acúmulo de substrato e semelhança estrutural que oferecem proteção para as gemas de crescimento, favorecendo o estabelecimento e desenvolvimento das espécies em meio aos rigores ambientais. (Porembski *et al.*, 1997; Costa & Cielo-Filho, 2012; Gomes & Sobral-Leite, 2013).

O número de plantas geófitas e terófitas é baixo nos maciços. Isso decorre provavelmente pelos nichos disponíveis nos microhabitats serem de lenta e difícil colonização, uma vez que o substrato é um fator crucial para depósito de suas sementes e deposição no substrato dos bulbos, rizomas e tubérculos até a próxima estação favorável (Costa & Cielo-Filho, 2012). Nos maciços a pequena quantidade de terófitos conseguem formar pequenos bancos de sementes nas fendas e ilhas de solo, estes microhabitats permitem o depósito e proteção das sementes (Matthes-Sears *et al.*, 1997). As plantas perenes de vida curta, ou seja, as anuais que completam seu ciclo durante a estação favorável, normalmente suas plântulas estão sob competição intraespecífica e somente alguns indivíduos chegam a fase adulta do desenvolvimento (Chase & Leibold, 2003; Larson *et al.*, 2005).

As ilhas de solo acumulam substratos, restos vegetais em decomposição e raízes densas e retorcidas das espécies presentes neste microhabitat, formando um tapete de aspecto almofadado em conjunto com a associação de espécies tolerantes, como bromélias e intolerantes a dissecação como os musgos. Pelas características deste microhabitat e a ocorrência abundante de *Dyckia luxor*, pode ser considerado semelhante ao tapete de monocotiledônea (Monocot mats) presente em inselbergs (Porembski & Barthlott, 2000; Porembski, 2007; de Paula *et al.*, 2016). Uma vez que em áreas mais inclinadas e planas dos maciços, o microhabitat ilha de solo apresenta associação entre espécies (*Cyrtopodium glutiniferum* e *Habenaria* sp.) e reprodução clonal (*Dyckia luxor*) que são características dos tapetes de monocotiledônes (de Paula *et al.*, 2017; Lopes-Silva *et al.*, 2019).

Espécies de Orchidaceae *Cyrtopodium glutiniferum* Raddi e *Habenaria* sp. utilizam o sistema radicular de *Dyckia luxor* como depósitos para seus bulbos e tuberosidades nas ilhas de solo. Essa estratégia mantém suas gemas de rebroto protegidas acima das raízes

de *D. luxor* que são análogas ao solo e estabelecendo um nicho efetivo, uma vez seus sistemas radiculares modificados agem como reservas e garantem o desenvolvimento das partes florais diminuindo a competição por nutrientes com *D. luxor* (Peterson *et al.*, 2011; Begon *et al.*, 2006).

As características morfológicas (tricomas modificados), fisiológicas (metabolismo CAM) e reprodutivas (reprodução clonal) tolerantes aos estresses abióticos de *D. luxor*, bem como a sua abundância tornam a espécie uma facilitadora de extrema importância para o estabelecimento de outras espécies menos tolerantes aos estresses abióticos presentes no maciço cárstico (Callaway & Walker, 1997; Scarano, 2009). Neste contexto, *Dyckia luxor* parece atuar como planta-berçário (Nurse-plants), uma associação positiva com *C. glutiniferum* Raddi e *Habenaria* sp., facilitando a sobrevivência pela associação espacial não competitiva de beneficiado e beneficiador, um tipo de relação comum em bromélias de ambientes xéricos (Bruno *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2006).

As formas de vida representam estratégias desenvolvidas pelas espécies para sobreviver às condições menos favoráveis. A proteção da gema de crescimento, por exemplo, é fundamental para garantir que as espécies persistam em ambientes xéricos (Costa & Cielo-Filho, 2012). Variações nas formas de vida são esperadas em diferentes microhabitats, uma vez que, as diversas estratégias para colonizar os diferentes nichos são responsáveis pela permanência no ambiente cárstico (Porembski & Barthlott, 2000).

As fanerófitas, geófitas e as poucas terófitas foram registradas em maior proporção nas fendas e ilhas de solo, favorecidas pelo acúmulo de substrato, uma vez que essas formas de vida permanecem subterrâneas ou em formas de sementes durante as estações desfavoráveis ou seca (Larson *et al.*, 2005). Em um mesmo microhabitat, a variação nas formas de vida forma comunidades relativamente harmoniosas, desde que o limite de cada nicho seja preservado (Messias *et al.*, 2011; Perez-Harguindeguy *et al.*, 2016).

Duas das principais famílias mais registradas, Orchidaceae e Bromeliaceae, são comumente citadas em levantamentos florísticos de afloramentos rochosos, considerados ambientes xéricos (Porembski *et al.*, 1998; Couto *et al.*, 2017; de Paula *et al.*, 2017). Os representantes destas famílias, bem como sua associação, é relatada em afloramentos rochosos (Pita & Menezes, 2002; Versieux & Wendt, 2007), por apresentarem estratégias adaptativas, como metabolismo CAM e suculência por exemplo, ao ambiente sob forte ação de moduladores ambientais como alta incidência solar e escassez hídrica, justificam o elevado número de registros (Benzing, 1990; Meirelles, *et al.*, 1999, Menini Neto, *et al.*, 2013).

Piperaceae normalmente não é citada em listas florísticas de ambientes xéricos como família de maior riqueza de espécies. Todas as espécies registradas nos maciços são do gênero *Peperomia* com exceção de *Peperomia lanceolato-peltata* e *Peperomia warmingii*, as outras espécies são citados em levantamentos florísticos de áreas cársticas (Meguro *et al.*, 2007, Melo *et al.*, 2013). As espécies desse gênero possuem ampla distribuição, colonizam diversos ambientes e são encontradas em fendas, fissuras e como epífitas, além de apresentam determinadas características em comum com Orchidaceae e Bromeliaceae, como metabolismo CAM e xeromorfia, características que justificam o alto número de registros. A falta de dados referente a ocorrência de espécies de *Peperomia* em ambiente cárstico revela uma lacuna no conhecimento, bem como a necessidade de investigações adicionais para entender a ampla ocorrência nos maciços cársticos (Yuncker, 1974; Carvalho-Silva, *et al.*, 2013).

A similaridade florística entre os microhabitat é alta, pela semelhança estrutural, as fendas e ilhas de solo acumulam substrato, os epífitos e fissuras fornecem sombreamento e a rocha exposta as espécies com características morfológicas especificam para fixação direta na rocha. Essas semelhanças estruturais demonstram a preferência de estabelecimento das espécies nos mesmos microhabitats nos dois maciços (Ferraz *et al.*, 1998; Araujo *et al.*, 2005; Ferreira *et al.*, 2014). No dendrograma observa-se alta semelhança entre a composição florística nos microhabitats entre os dois maciços (Araújo *et al.*, 2005). A semelhança geomorfológica e a proximidade dos microhabitats favorece o registro das espécies com estratégias semelhantes a tolerância aos filtros ambientais em um mesmo microhabitat, o que justificaria a formação de três agrupamentos específicos (Conceição *et al.*, 2007).

Os dois testes aplicados para a análise da composição florística entre microhabitats nas duas localidades (Dendrograma de similaridade e Qui-quadrado), corroboram a preferência das espécies por determinado microhabitat não é não está associado a casualidade (Larson & Farber, 2015). Com as condições específicas fornecidas por cada microhabitats, as espécies tendem ao estabelecimento similar em áreas diferentes. Apesar de a similaridade florística geral entre as duas localidades ser baixa, ou seja, que cada local possui uma flora específica influenciada por fatores diferentes como proximidade com áreas urbanas na Gruta da Lapinha ou ilha terrestre mais delimitada favorecendo o isolamento no caso da gruta do Baú, as condições ambientais influenciam diretamente a preferencia por um microhabitat específico (Conceição & Pirani, 2005). Por vez, os microhabitat que oferecem condições mais favoráveis agem selecionando por competição

uma flora mais especializada que atingem nichos semelhantes independente do local onde o maciço está inserido (Conceição *et al.*, 2007; Biondi *et al.*, 2014).

No ambiente cárstico a geomorfologia litológica influencia diretamente as características e a distribuição da flora ao longo dos maciços e junto aos microhabitats que colonizam. As espécies raras (Corrêa *et al.*, 2011), ameaçadas e endêmicas cársticas como *Hippeastrum reginae* (L.) Herb., *Ruehssia altissima* (Jacq.) F.Esp.Santo & Rapini, *Tropaeolum warmingianum* Rohrb., *Peperomia lanceolato-peltata* C.DC., *Rodriguezia brachystachys* Rchb. f. & Warm. e *Cattleya lundii* (Rchb.f. & Warm.) Van den Berg, parecem estar adaptadas às condições ambientais e geomorfológicas extremas do cárste, contornando as adversidades pelos microhabitats (Silva, 2016).

Espécies generalistas e invasoras como *Melinis minutiflora* P. Beauv. e *Pilea microphylla* (L.) Liebm. sobrepõe os nichos nos microhabitats das espécies endêmicas, por serem capazes de colonizar todos os microhabitats, as colocando em risco por influências antrópicas das adjacências que fornecem acesso a essas espécies invasoras nos maciços (Hill *et al.*, 2002).

## CONCLUSÃO

Os maciços são áreas de elevada riqueza de espécies e endemismos e sob influência de fatores antrópicos como mineração, degradação da mata seca do entorno e expansão urbana, que colocam em risco esse ambiente extraordinário e ainda desconhecido. Cada maciço é distinto, com uma flora diversificada e rica, fortemente influenciada pela heterogeneidade (microhabitats) e organizada de acordo com os recursos disponíveis (nichos). Paisagens heterogêneas e fragmentadas como observadas nos maciços da Gruta do Baú e Gruta da Lapinha mostram que a necessidade de preservação de grandes áreas como os outros afloramentos da Formação Sete Lagoas é fundamental para conservação da biodiversidade em uma escala mais ampla.

## REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes, G., Leonardo, J., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22:711-728.
- Anderson, M. J., Crist, T. O., Chase, J. M., Vellend, M., Inouye, B. D., Freestone, A. L., ... & Harrison, S. P. (2011). Navigating the multiple meanings of  $\beta$  diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology letters*, v. 14:19-28. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01552.x>
- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181: 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.
- Araújo, E. D. L., Silva, K. A. D., Ferraz, E. M. N., Sampaio, E. V. D. S. B., & Silva, S. I. D. (2005). Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19:285-294. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S0102-33062005000200011](https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000200011)
- Araujo, F.S.; Oliveira, A.F.; Lima-Verde, L.W. (2008). Composição, espectro biológico e síndrome de dispersão da vegetação de um inselbergue no domínio da caatinga, Ceará. *Rodriguesia*, Rio de Janeiro, 59:659-671.
- Araújo, K., Santos, J. L., & Fabricante, J. R. (2019). Epífitas vasculares do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. *Biotemas*, 32:21-29. DOI: [doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n1p21](https://doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n1p21)
- Athreya, V. R. (1999). Light or presence of host trees: which is more important for the strangler fig?. *Journal of Tropical Ecology*, 15:589-602. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467499001030>
- Auler, A. S., Piló, L. B., & Saadi, A. (2005). Ambientes cársticos. *Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos*, 321-343.
- Barros, F. *et al.* (2015). Orchidaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:

<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB64872>>.

Benz, B. W., & Martin, C. E. (2006). Foliar trichomes, boundary layers, and gas exchange in 12 species of epiphytic *Tillandsia* (Bromeliaceae). *Journal of plant physiology*, 163:648-656. DOI:doi.org/10.1016/j.jplph.2005.05.008

Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2009). *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Artmed Editora.759p.

Benzing, D. H., Henderson, K., Kessel, B., & Sulak, J. (1976). The absorptive capacities of bromeliad trichomes. *American Journal of Botany*, 63:1009-1014. DOI:doi.org/10.1002/j.1537-2197.1976.tb13183.x

Benzing, D. H. (1990). *Vascular epiphytes: general biology and related biota*. Cambridge University Press. 354p.

Berbert-Born, M. (2002). Carste de Lagoa Santa, MG-Berço da paleontologia e da espeleologia brasileira. *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*, 1:415-430.

Bruno, J. F., Stachowicz, J. J., & Bertness, M. D. (2003). Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in ecology & evolution*, 18:119-125. DOI:doi.org/10.1016/S0169-5347(02)00045-9

Biondi, D., Bobrowski, R., & Florestais, C. (2014). Utilização de índices ecológicos para análise do tratamento paisagístico arbóreo dos parques urbanos de Curitiba-PR. *Enciclopédia Biosfera*, 10:3006-3017.

Callaway, R. M., & Walker, L. R. (1997). Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology*, 78:1958–1965. DOI:doi.org/10.1890/0012-9658(1997)078[1958:CAFASA]2.0.CO;2

Carauta, J. P. P., & Diaz, B. E. (2002). *Figueiras no Brasil*. Editora UFRJ. 212p.

Carvalho, P. (2008). *Embiruçu (Pseudobombax grandiflorum)*. Embrapa Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E).155p.

Carvalho, F.A.; Felfili, J.M. (2011). Variações temporais na comunidade arbórea de uma floresta decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central: composição, estrutura e

diversidade florística. *Acta Botânica Brasilica* 25: 203-214. DOI:10.1590/S0102-33062011000100024.

Carvalho-Silva, M., Franklin Guimarães, E., & Sohsten Medeiros, E. (2013). Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Piperaceae. *Boletim De Botânica*, 31(1), 27-40. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v31i1p27-40>

Carvalho-Sobrinho, J. G. D. & Queiroz, L. P. D. (2011). Morphological cladistic analysis of *Pseudobombax* Dugand (Malvaceae, Bombacoideae) and allied genera. *Brazilian Journal of Botany*, 34:197-209. DOI:dx.doi.org/10.1590/S0100-84042011000200007

Chase, J. M., & Leibold, M. A. (2003). *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*. University of Chicago Press.495p.

Cintra, D. P. (2007). *Classificação de estágios sucessionais florestais por meio de imagens de alta resolução (Ikonos) no Parque Estadual da Pedra Branca*, RJ. Dissertação de mestrado em Ciências Naturais e Florestais. Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédia, RJ,.87p.

CNCFlora. (2019). *Ficus calyptroceras* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 *Centro Nacional de Conservação da Flora*. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Ficus calyptroceras](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Ficus_calyptroceras)>. Acesso em 11 dezembro 2019.

Conceição, A. A., & Giuliatti, A. M. (2002). Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Hoehnea*, 29:37-48.

Conceição, A. A., & Pirani, J. R. (2005). Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substratos, composição florística e aspectos estruturais. *Boletim de Botânica*, 23:85-111. DOI:doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v23i1p85-111

Conceição, A. A., Pirani, J. R., & Meirelles, S. T. (2007). Floristics, structure and soil of insular vegetation in four quartzite-sandstone outcrops of "Chapada Diamantina", *Northeast Brazil. Brazilian Journal of Botany*, 30:641-656. DOI:dx.doi.org/10.1590/S0100-84042007000400009



Corrêa, B. S., Louzada, J. N. C., & de Moura, A. S. (2011). Descrição de critérios utilizados atualmente para compor as listas de espécies ameaçadas e endêmicas. *Revista Agrogeoambiental*, 3:1. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v3n12011307>

Cornwell, W.K., Schwilk, D.W., Ackerly, D.D. (2006). Trait-based test for habitat filtering: *Onvex Hull volume*. *Ecology*, 87:1465-1471. DOI:[doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1465:ATTFHF\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1465:ATTFHF]2.0.CO;2)

Costa, N., Cielo-Filho, R., Pastore, J. A., de Aguiar, O. T., Baitello, J. B., de Souza, S. C. P. M., & Franco, G. A. D. C. (2011) Floristic characterization on rocky outcrop in the Itapeva Experimental Station, SP, and comparison with areas of rocky grasslands and high-altitude grasslands. *Revista do Instituto Florestal*. 23:81-108.

Costa, N. O. & Cielo-Filho, R. (2012). Espectros biológicos florísticos de campos rupestres de afloramento e campos úmidos diferem entre si e em relação ao espectro biológico normal de Raunkiaer. *Revista do Instituto Florestal*, 24:159-171.

Couto, D. R., Fontana, A. P., Kollmann, L. J. C., da Cunha Manhães, V., Francisco, T. M., & de Mello Cunha, G. (2016). Vascular epiphytes in seasonal semideciduous forest in the Espírito Santo State and similarity with other seasonal forests in Eastern Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 38:169-177. DOI:[doi.org/10.4025/actascibiols.v38i2.31320](http://doi.org/10.4025/actascibiols.v38i2.31320).

Couto, D.R., Francisco, T.M., Manhães, V.C., Machado, H.D. & Pereira, M.C.A. (2017) Floristic composition of a Neotropical inselberg from Espírito Santo state, Brazil: an important area for conservation. *Check List* 13: 2043. DOI: 10.15560/13.1.2043

Cramer, M. J.; Willig, M. R. (2005). Habitat heterogeneity, species diversity and null models. *Oikos*, v.108:209-218. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.12944.x>

Daoxian, Y. (2001). On the karst ecosystem. *Acta Geologica Sinica English Edition*, 75:336-338. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-6724.2001.tb00541.x>

Oliveira, R. B. D., & Godoy, S. A. P. D. (2007). Composição florística dos afloramentos rochosos do Morro do Forno, Altinópolis, São Paulo. *Biota Neotropica*, 7:0-0. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000200004>

de Paula, L. F., Forzza, R. C., Neri, A. V., Bueno, M. L., & Porembski, S. (2016). Sugar Loaf Land in south-eastern Brazil: a centre of diversity for mat-forming bromeliads on inselbergs. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181:459-476. DOI:doi.org/10.1111/boj.12383

de Paula, L. F., Mota, N. F., 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*, 31:199-211. DOI:dx.doi.org/10.1590/0102-33062016abb0409

de Paula, L. F., Colmenares-Trejos, S. L., Negreiros, D., Rosado, B. H., Arcoverde de Mattos, E., de Bello, F. & Silveira, F. A. (2019). High plant taxonomic beta diversity and functional and phylogenetic convergence between two Neotropical inselbergs. *Plant Ecology & Diversity*, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1080/17550874.2019.1673846>

Duarte, L. D. S., Santos, M. M., Hartz, S. M., & Pillar, V. D. (2006). Role of nurse plants in Araucaria Forest expansion over grassland in south Brazil. *Austral ecology*, 31:520-528. DOI:doi.org/10.1111/j.1442-9993.2006.01602.x.

Evangelista, V. K.; Travassos, L. E. P. (2015). Estratégias para o geoturismo e geoconservação no Parque Estadual do Sumidouro, Minas Gerais. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba*, 6:67-79.

Faulkner, A. (2018). Lucidchart for Easy Workflow Mapping. *Serials Review*, 44:157-162. DOI: <https://doi.org/10.1080/00987913.2018.1472468>.

Felfili, J. M., Nascimento, A. R. T., Fagg, C. W., & Meirelles, E. M. (2007). Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 30(4), 611-621. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000400007>

Ferreira, R. L. C., da Mota, A. C., da Silva, J. A. A., Marangon, L. C., & de Souza Santos, E. (2008). Comparação de duas metodologias multivariadas no estudo de similaridade entre fragmentos de Floresta Atlântica. *Revista Árvore*, 32:511-521. DOI:dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000300012

Ferreira, G. E., De Marchi, T., & Larocca, J. (2014). Flora vascular e distribuição de

espécies por micro-habitat em um morro testemunho no sul do Brasil. *Pesquisas Botânica*, 65:129-147.

Ferraz, E.M.N., Rodal, M.J.N., Sampaio, E.V.S.B. & Pereira, R.C.A. (1998). Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale o Pajeú, Pernambuco. *Revista Brasileira de Botânica*, 21:7-15.

Forzza, R.C., Christiani, A.V., Wanderley, M.G.L., Buzato, S. (2003). *Encholirium* (Pitcairnioidea, Bromeliaceae): conhecimento atual e sugestões para conservação. *Vidalia*, 1:7-20.

França, F., Melo, E. D., & Santos, C. D. (1997). Flora de inselbergs da região de Milagres, Bahia, Brasil: I. Caracterização da vegetação e lista de espécies de dois inselbergs. *Sitientibus*, 17:163-184.

Gaffney, P. M. (1975). Roots of the niche concept. *The American Naturalist*, 109:490. DOI: <https://doi.org/10.1086/283021>.

Geekiyange, N., Goodale, U. M., Cao, K., & Kitajima, K. (2019). Plant ecology of tropical and subtropical karst ecosystems. *Biotropica*, 51:626-640. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12696>.

Gentry, A. H., & Dodson, C. H. (1987). Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 74:205-233. DOI: 10.2307/2399395

Giulietti, A. M., Giannini, T. C., Mota, N. F. O. et al. (2019). Edaphic Endemism in the Amazon: Vascular Plants of the canga of Carajás, Brazil. *The Botanical Review*, 85:357-383. DOI: [doi.org/10.1007/s12229-019-09214-x](https://doi.org/10.1007/s12229-019-09214-x)

Gomes, P., & Sobral-Leite, M. (2013). Crystalline rock outcrops in the Atlantic Forest of northeastern Brazil: vascular flora, biological spectrum, and invasive species. *Brazilian Journal of Botany*, 36:111-123. DOI : 10.1007/s40415-013-0020-7

Hagen, J.B. (1986). Ecologists and taxonomists: Divergent traditions in twentieth-century plant geography. *J Hist Biol* 19:197–214. Doi:10.1007/BF00138876

Härtung, W., Schiller, P., & Dietz, K. J. (1998). Physiology of poikilohydric plants.

*Progress in Botany*, 59:299-327.

Hill, M. O., Roy, D. B., & Thompson, K. (2002). Hemeroby, urbanity and ruderality: bioindicators of disturbance and human impact. *Journal of Applied Ecology*, 39:708-720. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00746.x>

Huang, J., Su, T., Jia, L. B., Spicer, T., & Zhou, Z. K. (2018). A fossil fig from the Miocene of southwestern China: Indication of persistent deep time karst vegetation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 258:133-145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2018.07.005>

Ivanauskas, N. M., Monteiro, R., & Rodrigues, R. R. (2004). Composição florística de trechos florestais na borda sul-amazônica. *Acta Amazonica*, 39:399-413. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000300006>.

Jaeger, J. C.; Neville, G.W C. & Zimmerman, R. (2009). *Fundamentals of rock mechanics*. John Wiley & Sons.488p.

Joanitti, S. A., de Lara Weiser, V., Cavassan, O., & Giles, A. L. (2017). Vascular epiphytes in a woodland savanna forest in southeastern Brazil1. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 144:439-449. DOI:[doi.org/10.3159/TORREY-D-16-00029.1](https://doi.org/10.3159/TORREY-D-16-00029.1)

Kang, M., Tao, J., Wang, J., Ren, C., Qi, Q., Xiang, Q. Y., & Huang, H. (2014). Adaptive and nonadaptive genome size evolution in Karst endemic flora of China. *New Phytologist*, 202:1371-1381. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.12726>

Larson, D. W., Matthes, U., & Kelly, P. E. (2005). **Cliff ecology: pattern and process in cliff ecosystems**. Cambridge University Press, 360p.

Larson, R.; Farber, B. (2015). *Estatística Aplicada*. 6ª ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall,657p.

Liu, H. *et al.* (2019). Rock crevices determine woody and herbaceous plant cover in the karst critical zone. *Science China Earth Sciences*, 62:1756-1763. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11430-018-9328-3>.

Lopes-Silva, R. F., Rodrigues, J. D. S., Gomes-Silva, F., Lucena, D. D. S., & Lucena, M. D. F. D. A. (2019). Composição florística de um inselberg no semiárido paraibano,

nordeste brasileiro. *Rodriguésia*, 70. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201970079>

Maker, F. C. (2013). *Online Diagram Software*: Lucidchart.

Martins, E. G. A. (2009). *O clado urticóide (Rosales) na flora da Serra do Cipó, Minas Gerais*. Master's Dissertation, Instituto de Biociências, University of São Paulo, São Paulo. DOI:10.11606/D.41.2009.tde-21052009-155743. Retrieved 2020-01-31, from [www.teses.usp.br](http://www.teses.usp.br)

Martins, F. R., & Batalha, M. A. (2011). Formas de vida, espectro biológico de Raunkiaer e fisionomia da vegetação. *Fitossociologia no Brasil. Métodos e estudos de caso*. **Editora da Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, Minas Gerais, 1:44-85.

Martins, L., & Cavararo, R. (2012). Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. *IBGE. Rio de Janeiro*, 156-166.

Matthes-Sears, U., & Larson, D. W. (1999). Limitations to seedling growth and survival by the quantity and quality of rooting space: implications for the establishment of *Thuja occidentalis* on cliff faces. *International Journal of Plant Sciences*, 160:122-128. DOI: <https://doi.org/10.1086/314105>

Matthes-Sears, U., Gerrath, J. A., & Larson, D. W. (1997). Abundance, biomass, and productivity of endolithic and epilithic lower plants on the temperate-zone cliffs of the Niagara Escarpment, Canada. *International Journal of Plant Sciences*, 158:451-460. DOI: [doi.org/10.1086/297455](https://doi.org/10.1086/297455)

Meguro, M., Pirani, J. R., Mello-Silva, R. D., & Cordeiro, I. (2007). Composição florística e estrutura das florestas estacionais decíduas sobre calcário a oeste da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *Bol. Bot. Univ. São Paulo*, 25:147-171.

Meiado, M. V., Machado, M. C., Zappi, D. C., Taylor, N. P., & Siqueira Filho, J. A. (2012). Cacti of the São Francisco watershed: ecological attributes, geographic distribution and endemism. Flora of the Caatingas of the São Francisco River: *Natural History and Conservation*, 1:264-305.

Meireles, 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. *Environ. Conserv*, 26:10-20. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0376892999000041>

Mello, P. H. A. D., Lombardi, J. A., Salino, A., & Carvalho, D. A. D. (2013). Composição florística de angiospermas no carste do alto São Francisco, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, 64:29-36. DOI:[dx.doi.org/10.1590/S2175-78602013000100004](https://doi.org/10.1590/S2175-78602013000100004)

Mendez, E. (2010). La vegetación saxícola y de taludes del flanco oriental del Cordón del Plata (Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.*, Córdoba, 45:119-147. DOI:[hdl.handle.net/11336/76618](https://hdl.handle.net/11336/76618)

Menini, Neto, L.; Forzza, R.C.; Berg, C. (2013). Taxonomic revision of *Pseudolaelia* Porto & Brade (Laeliinae, Orchidaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 27:418-435. DOI: 10.1590/S0102-33062013000200015

Messias, M. C. T. B., Leite, M. G. P., Meira-Neto, J. A. A., & Kozovits, A. R. (2011). Life-form spectra of quartzite and itabirite rocky outcrop sites, Minas Gerais, Brazil. *Biota Neotropica*, 11:255-268. DOI:[dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000200026](https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000200026)

Morales, J. F., & Kollmann, L. J. (2019). Increasing the known floristic diversity of Brazilian inselbergs: two new species of *Mandevilla* (Apocynaceae) from Espírito Santo. *Acta Botanica Brasilica*, (AHEAD). DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062019abb0241>

Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 2002. *Aims and methods of vegetation ecology*. 2<sup>a</sup> ed. The Blackburn Press, Caldwell. 547p.

Neto, J. M. (2015). Estatística multivariada: uma visão didática-metodológica. *Revista Crítica na rede, Filosofia da ciência*, 9:1-13.

Neves, D. M., Dexter, K. G., Pennington, R. T., Bueno, M. L., de Miranda, P. L., & Oliveira-Filho, A. T. (2018). Lack of floristic identity in campos rupestres—A hyperdiverse mosaic of rocky montane savannas in South America. *Flora*, 238:24-31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.03.011>.

Ni, J., Luo, D. H., Xia, J., Zhang, Z. H., & Hu, G. (2015). Vegetation in karst terrain of southwestern China allocates more biomass to roots. *Solid Earth*, 6:799-

810.DOI:doi.org/10.5194/se-6-799-2015.

Nie, Y., Ding, Y., Zhang, H., & Chen, H. (2019). Comparison of woody species composition between rocky outcrops and nearby matrix vegetation on degraded karst hillslopes of Southwest China. *Journal of Forestry Research*, 30:911-920.

Pereira, M. M. D., Braga, P. E. T., Guiomar, N., Santos, F. D. S., & Ribeiro, S. (2018). A flora e a vegetação dos afloramentos rochosos em três municípios na região Norte do Ceará, Brasil: caracterização fitossociológica. *Rodriguésia*, 69:281-299.DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201869202>.

Pereira, T. T. C., Brasil, R. D., de Oliveira, A. M., Poeiras, L. M., & Almeida, I. C. C. (2020). Propostas e desafios para definição de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade no norte de Minas Gerais (Brasil). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 8:1. DOI:doi.org/10.5281/zenodo.3612305

Pérez-Harguindeguy, N., Diaz, S., Gamier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P. & Urcelay, C. (2013) New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61:167–234.

Pérez-Harguindeguy, N., Diaz, S., Gamier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P. & Urcelay, C. (2016) "Corrigendum to: new handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide." *Australian Journal of botany*, 64:715-716.DOI:doi.org/10.1071/BT12225\_CO.

Peron, M. V. (1989). Listagem preliminar da flora fanerogâmica dos campos rupestres do Parque Estadual do Itacolomi-Ouro Preto/Mariana, MG. *Rodriguésia*, 41:63-69. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/2175-78601989416705>.

Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., & Araújo, M. B. (2011). *Ecological niches and geographic distributions (MPB-49)* (Vol. 56). Princeton University Press. 315p.

Pietrobon, M. R., & Barros, I. C. L. (2007). Pteridophytes of Engenho Água Azul, municipality of Timbaúba, Pernambuco, Brazil. *Rodriguésia*, 58:85-94.

Piló, L. B. (2000). Geomorfologia cárstica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Minas

Gerais, 1:88-102. DOI:dx.doi.org/10.20502/rbg.v1i1.73.

Pita, P. B., & Menezes, N. L. (2002). Root anatomy in species of *Dyckia* Schult. f. and *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) from Serra do Cipó (Minas Gerais, Brazil), with special emphasis to velamen. *Brazilian Journal of Botany*, 25:25-34. DOI:dx.doi.org/10.1590/S0100-84042002000100005

Porembski, S., Seine, R., & Barthlott, W. (1997). Inselberg vegetation and the biodiversity of granite outcrops. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 80:193-199

Porembski, S., Martinelli, G., Ohlemüller, R. & Barthlott, W. (1998). Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. *Divers. Distrib*, 4:107-119. DOI:dx.doi.org/10.1046/j.1365-2699.1998.00013.x.

Porembski, S. (2007). Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. *Brazilian Journal of Botany*, 30:579-586. Doi.org/10.1590/S0100-84042007000400004

Porembski, S. & Barthlott, W. (2000). Granitic and gneissic outcrops (inselbergs) as centers of diversity for desiccation-tolerant vascular plants. *Plant Ecology*, 151:19-28. DOI:10.1023/A:1026565817218

Porembski, S., & Barthlott, W. (Eds.). (2012). *Inselbergs: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions*. Springer Science & Business Media, 524 p. DOI: 10.1007/978-3-642-59773-2

PPG I. 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution* 54:563–603. DOI: https://doi.org/10.1111/jse.12229.

R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Ragusa-Netto, J. (2002). Fruiting phenology and consumption by birds in *Ficus calyptroceras* (Miq.) Miq.(Moraceae). *Brazilian Journal of Biology*, 62:339-346. DOI:dx.doi.org/10.1590/S1519-69842002000200018.

Rapini, A., Ribeiro, P. L., Lambert, S., & Pirani, J. R. (2008). A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade*, 4:16-23.



Raunkiaer C (1934) *The life forms of plants and statistical geography*. Clarendon Press, Oxford, 632 p.

Reinert, F., Russo, C. A., & Salles, L. O. (2003). The evolution of CAM in the subfamily Pitcairnioideae (Bromeliaceae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 80:261-268. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1095-8312.2003.00238.x>

Rode, R., Figueiredo-Filho, A., Galvão, F., & do Amaral Machado, S. (2009). Comparação florística entre uma floresta ombrófila mista e uma vegetação arbórea estabelecida sob um povoamento de *Araucaria angustifolia* de 60 anos. *Cerne*, 15:101-115.

Scarano, F. R. (2009). Plant communities at the periphery of the Atlantic rain forest: rare-species bias and its risks for conservation. *Biological Conservation*, 142:1201-1208. DOI: [doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.027](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.027)

Senna, R. M. & Waechter, J. L. (1997). Pteridófitas de uma floresta de Araucária. 1. Formas biológicas e padrões de distribuição geográfica. *Iheringia, série botânica*, 48: 41-58.

Silva, J. B. (2016). Panorama sobre a vegetação em afloramentos rochosos do Brasil. *Oecologia Australis*, 20:451-463. DOI: [doi.org/10.4257/oeco.2016.2004.05](https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2004.05)

Smith, L. B., and R. J. Downs. 1974. Pitcairnioideae (Bromeliaceae). *Flora Neotropica* 14:1-662.

Smith, L. B., & Downs, R. J. (1977). Flora neotropica: Tillandsioideae (Bromeliaceae). *Flora Neotropica*, 14:663-1492

Sobral, M., Proença, C., Souza, M., Mazine, F., Lucas, E. (2015). Myrtaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Acesso em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB10786>.

Tong, X., Brandt, M., Yue, Y., Horion, S., Wang, K., De Keersmaecker, W. & Chen, C. (2018). Increased vegetation growth and carbon stock in China karst via ecological engineering. *Nature sustainability*, 1:44-50. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-017-0004-x>

Vellend, M. (2010). Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly review of*

*biology*, 85:183-206. DOI:doi.org/10.1086/652373

Vasconcelos, M. F. D. (2011). O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil?. *Brazilian Journal of Botany*, 34:241-246. DOI:dx.doi.org/10.1590/S0100-84042011000200012

Versieux, L. M., & Wendt, T. (2007). Bromeliaceae diversity and conservation in Minas Gerais state, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16:2989-3009. DOI 10.1007/s10531-007-9157-7

Viana, P. L., & Lombardi, J. A. (2007). Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, 58:159-177. DOI:jstor.org/stable/23498765.

Viana, P. L., Mota, N. F. D. O., Gil, A. D. S. B., Salino, A., Zappi, D. C., Harley, R. M. & Santos, J. U. M. D. (2016). Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: história, área de estudos e metodologia. *Rodriguésia*, 67:1107-1124. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201667501

Vieira, L. C., Almeida, R. P. D., Trindade, R. I. F. D., Nogueira, A. C., & Janikian, L. (2007). A Formação Sete Lagoas em sua área-tipo: fácies, estratigrafia e sistemas deposicionais. *Revista Brasileira de Geociências*, 37:1-14. DOI:10.25249/0375-7536.200737S4114

Xavier, S. R. D. S., Barros, I. C. L., & Santiago, A. C. P. (2012). As samambaias e licófitas no semiárido do Brasil. *Rodriguésia*, 63:483-488. DOI:dx.doi.org/10.1590/S2175-78602012000200021

Zappi, D. C., Moro, M. F., Walker, B., Meagher, T., Viana, P. L., Mota, N. F. & Lughadha, E. N. (2019). Plotting a future for Amazonian canga vegetation in a campo rupestre context. *PloS one*, 14:1-19. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219753

Yuncker, T. (1974). The Piperaceae of Brazil III. Peperomia; taxa of uncertain status. *Hoehnea* 4: 192.

Zhu, X., Shen, Y., He, B. & Zhao, Z. (2017). Humus soil as a critical driver of flora conversion on karst rock outcrops. *Sci.* 7:1–11 DOI: doi.org/10.1038/s41598-017-13060-5

**CAPÍTULO III****Guia Ilustrado****Saxicolous plants of the Lagoa Santa Karst, MINAS GERAIS, BRAZIL****FLORA SAXÍCOLA DO CARSTE DE LAGOA SANTA**

\*Guia ilustrado a ser submetido ao Environmental & Conservation Programs, The Field Museum.

# Saxicolous plants of the Lagoa Santa Karst, MINAS GERAIS, BRAZIL FLORA SAXÍCOLA DO CARSTE DE LAGOA SANTA 1

Vera Lúcia Ferreira<sup>1</sup> & João Renato Stehmann<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais

Fotos: João Renato Stehmann – Thamarys Laitz Bragioni–Tiago Vilas-Boa. Produzido por: Vera Lúcia Ferreira [veralbio@gmail.com]. Agradecimentos à: A. Salto (Polypodiales), D. Zappi (Cereus), F.S. Espírito-Santo (Apocynaceae), J. Batista (Orchidaceae), J. Dutilleul (Amaryllidaceae), M. Carvalho-Silva (Piperaceae), R.C. Forzza (Dyckia), pelas identificações. Parque Estadual do Sincorá, IEF-MG. [fieldnotes.fieldmusem.org] Número do guia – fornecido pela nossa equipe | versão 1 | 01/2020



1 *Aphelandra schottiana*  
ACANTHACEAE



2 *Hippeastrum reginae*  
AMARYLLIDACEAE



3 *Ruehssia virgatorum*  
APOCYNACEAE



4 *Anthurium affine*  
ARACEAE



5 *Trisis antiochensis*  
ASTERACEAE



6 *Begonia reniformis*  
BEGONIACEAE



7 *Dolichandra unguis-cati*  
BIGNONIACEAE



8 *Heliotropium transalpinum*  
BORAGINACEAE



9 *Myriopus rubicundus*  
BORAGINACEAE



10 *Acanthavachys strobilacea*  
BROMELIACEAE



11 *Billbergia amoena*  
BROMELIACEAE



12 *Dyckia luxur*  
BROMELIACEAE



13 *Dyckia luxur*  
BROMELIACEAE



14 *Tillandsia liliacea*  
BROMELIACEAE



15 *Tillandsia pohliana*  
BROMELIACEAE



16 *Brasiliopuntia brasiliensis*  
CACTACEAE



17 *Cereus janicuru* subsp.  
*calcitrapivola*  
CACTACEAE



18 *Rhipsalis lindbergiana*  
CACTACEAE



19 *Melidiscus giganteus*  
CLEOMACEAE



20 *Melidiscus giganteus*  
CLEOMACEAE



## Saxicolous plants of the Lagoa Santa Karst, MINAS GERAIS, BRAZIL FLORA SAXÍCOLA DO CARSTE DE LAGOA SANTA 2

Vera Lúcia Ferreira<sup>1</sup> & João Renato Stehmann<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais

Fotos: João Renato Stehmann - Thamirys Lima Bragioni- Tiago Vilas-Boa. Produzido por: Vera Lúcia Ferreira, © Vera Lúcia Ferreira [veralfb6@gmail.com]. Agradecimentos à A. Salino (Polypodiales), D. Zappi (Cereus), F.S. Espírito-Santo (Apocynaceae), J. Batista (Orchidaceae), J. Dutilleul (Amaryllidaceae), M. Carvalho-Silva (Piperaceae), R.C. Forzza (Dyáta), pelas identificações. Parque Estadual do Sincorá, IEF-MG. [fieldguides.fieldmuseum.org] [número do guia - fornecido pela nossa equipe] versão 1 - 01/2020



21 *Commelina benghalensis*  
COMMELINACEAE



22 *Dichorisandra hexandra*  
COMMELINACEAE



23 *Dioscorea debilis*  
DIOSCOREACEAE



24 *Dioscorea piperifolia*  
DIOSCOREACEAE



25 *Croton tricolor*  
EUPHORBIACEAE



26 *Bernardia samanduana*  
EUPHORBIACEAE



27 *Dalechampia stipulacea*  
EUPHORBIACEAE



28 *Sillíngia succatilis*  
EUPHORBIACEAE



29 *Sinningia warmingii*  
GESNERIACEAE



30 *Caphea warmingii*  
LYTHRACEAE



31 *Heteropterys umbellata*  
MALPIGHIACEAE



32 *Brassavola tuberculata*  
ORCHIDACEAE



33 *Campylocentrum neglectum*  
ORCHIDACEAE



34 *Cattleya cernua*  
ORCHIDACEAE



35 *Cattleya lundii*  
ORCHIDACEAE



36 *Cyrtopodium glutiniferum*  
ORCHIDACEAE



37 *Cyrtopodium glutiniferum*  
ORCHIDACEAE



38 *Encyclia osmantha*  
ORCHIDACEAE



39 *Epidendrum densiflorum*  
ORCHIDACEAE



40 *Myoxanthus lanchochryllus*  
ORCHIDACEAE



## Saxicolous plants of the Lagoa Santa Karst, MINAS GERAIS, BRAZIL 3

### FLORA SAXÍCOLA DO CARSTE DE LAGOA SANTA

Vera Lúcia Ferreira<sup>1</sup> & João Renato Stehmann<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais

Fotos: João Renato Stehmann – Thamirys Luiza Dragioni-Tiago Vilas-Boas. Produzido por: Vera Lúcia Ferreira [veralucio@gmail.com]. Agradecimentos à: A. Salino (Polypodiales), D. Zappi (Cecropia), F.S. Espírito-Santo (Apocynaceae), J. Batista (Orchidaceae), J. Dutilleul (Amaryllidaceae), M. Carvalho-Silva (Piperaceae), R.C. Forzza (Dyckia), pelas identificações. Parque Estadual do Sincora, IEF-MG. [filigranas.feldmann.org] [número da guia – fornecido pela nossa equipe] versão 1 01/2020



41 *Pabstiella pristevoglossa*  
ORCHIDACEAE



42 *Rodriguezia brachystachys*  
ORCHIDACEAE



43 *Rodriguezia brachystachys*  
ORCHIDACEAE



44 *Peperomia arifolia*  
PIPERACEAE



45 *Peperomia blanda*  
PIPERACEAE



46 *Peperomia campinasana*  
PIPERACEAE



47 *Peperomia circinata*  
PIPERACEAE



48 *Peperomia garbneriana*  
PIPERACEAE



49 *Peperomia lanceolato-peltata*  
PIPERACEAE



50 *Peperomia trineura*  
PIPERACEAE



51 *Peperomia warmingii*  
PIPERACEAE



52 *Peperomia warmingii*  
PIPERACEAE



53 *Solanum sublentum*  
SOLANACEAE



54 *Tropaeolum warmingianum*  
TROPAEOLACEAE



55 *Tropaeolum warmingianum*  
TROPAEOLACEAE



56 *Boehmeria caudata*  
URTICACEAE



57 *Ficus* sp.  
URTICACEAE



58 *Lantana canescens*  
VERBENACEAE



59 *Pombalia communis*  
VIOLACEAE



60 *Cissus campetris*  
VITACEAE



## Saxicolous plants of the Lagoa Santa Karst, MINAS GERAIS, BRAZIL FLORA SAXÍCOLA DO CARSTE DE LAGOA SANTA 4

Vera Lúcia Ferreira<sup>1</sup> & João Renato Stehmann<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais

Fotos: João Renato Stehmann - Thamirys Luiza Bragioni-Tiago Vilas-Boa. Produzido por: Vera Lúcia Ferreira, © Vera Lúcia Ferreira [veralucio@gmail.com]. Agradecimentos à: A. Salino (Polypodales), D. Zappi (Cereus), F.S. Espírito-Santo (Apoynaceae), J. Batista (Orchidaceae), J. Dutilh (Amaryllidaceae), M. Carvalho-Silva (Piperaceae), R.C. Forzza (Dyckia), pelas identificações. Parque Estadual do Sumidouro, IEF-MG. [fieldguides.feldmusem.org] [número do guia - fornecido pela nossa equipe] versão 1 01/2020



61 *Asplenium formosum*  
ASPLENIACEAE

62 *Adiantum deflectens*  
PTERIDACEAE

63 *Hemionitis tomentosa*  
PTERIDACEAE

64 *Doryopteris conscolor*  
PTERIDACEAE

65 *Pleopeltis minima*  
POLYPODIACEAE



Vegetação saxícola da Gruta da Lapinha, Parque Estadual do Sumidouro, MG



Vegetação saxícola da Gruta do Baú, Pedro Leopoldo, MG.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A flora dos afloramentos cársticos é muito pouco conhecida, os escassos estudos realizados são sempre direcionados ao extrato arbóreo da mata seca calcária. As espécies herbáceas e arbustivas saxícolas do topo dos maciços calcários são desconhecidas na literatura científica. Os resultados do nosso trabalho revelaram uma rica e especializada flora. Estes afloramentos estão extremamente vulneráveis pela ação de mineradoras e espécies invasoras agressivas, favorecidas pelas ações antrópicas do entorno dos maciços. Essas espécies competem por microhabitats e nichos com as espécies endêmicas e raras.

Eugenius Warming foi extremamente importante para o conhecimento da flora cárstica em seu trabalho histórico, exatamente pelo número de coletas realizadas na região, foi possível conhecer um pouco dessas espécies tão peculiares. Apesar do intenso esforço amostral por parte de Warming, as espécies ainda são desconhecidas e pouco registradas. Esse dois fatores elevam os déficits Linneano em que espécies não descritas ou descritas de forma errônea deixam de ser reveladas, conseqüentemente eleva o déficit Wallaceano (Hortal *et al.*, 2015), uma vez que sem o registro das espécies não é possível registrar dados de ocorrência.

Poucas espécies estão registradas nas listas do livro vermelha da flora do Brasil (Martinelli & Moraes, 2013) e na Lista Vermelha das Espécies da Flora Ameaçada de Extinção em Minas Gerais (Drummond *et al.*, 2008), esse fato reforça o pouco conhecimento da flora cárstica, quando associado ao elevado número registrado de espécies sem avaliação. Esses fatores corroboram o pouco conhecimento a cerca da frágil biodiversidade dos afloramentos. Infelizmente o desconhecimento é o pior cenário para o cárste, estratégias de conservação e preservação somente são possíveis com o registro botânico.

No cenário atual, para preservar é necessário primeiramente conhecer (Whittaker *et al.*, 2005). Os estudos de caracterização da flora, como inventários florísticos e estudos acadêmicos, são extremamente relevantes para formulação de estratégias de preservação dos afloramentos cársticos da formação Sete Lagoas, conseqüentemente sua flora.

Os microhabitats dispõem de nichos colonizados por espécies resistentes as pressões seletivas ambientais extremas com adaptações e associações ecológicas relativamente harmônicas e epifitismo, estratégias que garantem a permanência por longos períodos e assim manter suas linhagens nesses ambientes xéricos.

Os maciços da gruta do Baú e da Gruta da Lapinha são distintos, a flora desses



locais é fortemente influenciada pela heterogeneidade dos microhabitats, principalmente o do tipo fenda, que fornecem condições e recursos disponibilizando vários nichos onde as espécies selecionadas pelas suas adaptações permanecem. Assim uma paisagem única e heterogênea é encontrada nos afloramentos.

Os resultados dessa dissertação sugerem dois pontos importantes para preservação dos afloramentos cársticos: primeiro é a necessidade do conhecimento da flora através de levantamentos florísticos e o segundo a preservação da biodiversidade na área cástica será masi significativa quando o maior número de afloramentos forem preservados, uma vez que cada afloramento apresenta uma flora peculiar.

## Referências

Drummond, G.M., Machado, A.B.M., Martins, C.S., Mendonça, M.P. & Stehmann, J.R. (2008). *Listas vermelhas das espécies de fauna e flora ameaçadas de extinção em Minas Gerais*. 2nd ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 624p.

Hortal, J., de Bello, F., Diniz-Filho, J. A. F., Lewinsohn, T. M., Lobo, J. M., & Ladle, R. J. (2015). Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46:523-549. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400>

Martinelli, G. & Moraes, M.A. (2013). *Livro vermelho da Flora do Brasil*. 1. ed. - Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 1102p.

Whittaker, R. J., Araújo, M. B., Jepson, P., Ladle, R. J., Watson, J. E., & Willis, K. J. (2005). Conservation biogeography: assessment and prospect. *Diversity and distributions*, 11:3-23. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00143.x>

## ANEXOS

Anexo 1 – Lista das espécies vasculares saxícolas registradas nos maciços da Gruta do Baú e Gruta da Lapinha, Minas Gerais, Brasil. Localidade (L), Gruta do Baú (G.B) e Gruta da Lapinha (G.L). Área antropizada (AT). Domínio Fitogeográfico Mineiro (DFM). Cerrado (CE), Caatinga (CAA) e Mata Atlântica (MA). Forma de vida de Raunkiaer (F.V), Fan=Fanerófito, Cam=Caméfito, Hem=Hemicriptófito, Geo=Geófito Ter=Terófito, Epi=Epífito. Microhabitat (MI), Fe=Fenda, Fi=Fissura, Is=Ilha de solo, Re=Rocha Exposta e Epi=Epífito. Status de conservação (S.C), Não avaliada quanto á ameaça (NE), Quase ameaçada (NT), Pouco preocupante (LC), Deficiente de dados (DD) e Em perigo (EN). Presente na lista da Florula Lagoensis (W). Número de registro no Herbário BHCb (V.BHCb). Lista Vermelha das Espécies da Flora Ameaçada de Extinção em Minas Gerais (\*).

Angiospermas										
Família	Gênero/Espécies		AT	DFT	F.V	MI	S.C	W	V. BHCb	
		G.B	G.L							
Acanthaceae	<i>Aphelandra schottiana</i> (Nees) Profice.		x	N	MA	Fan	Fe	LC	S	197715
	<i>Ruellia brevifolia</i> (Pohl) C.Ezcurra	x		N	CE, MA	Cam	Fe	NE	S	192578
Amaryllidaceae	* <i>Hippeastrum reginae</i> (L.) Herb.	x	x	N	CE, MA	Geo	Fe, Fi	EN	N	192575,199648
Apocynaceae	<i>Ruehssia altissima</i> (Jacq.) F.Esp.Santo & Rapini	x	x	N	CAA, CE	Fan	Fe, Fe	LC	S	200888, 192583
	<i>Ruehssia virgultorum</i> (E.Fourn.) F.Esp.Santo & Rapini	x	x	N	CE	Geo	Fe, Fe	DD	S	200875, 200891
Araceae	<i>Anthurium affine</i> Schott	x	x	N	CAA, CE	Cam	Fe, Fi	LC	S	192574, 197717
Araliaceae	<i>Aralia warmingiana</i> (Marchal) J.Wen		x	N	CAA, MA	Fan	Fe	NE	S	194373
Asteraceae	<i>Acmella oleracea</i> (L.) R.K.Jansen		x	S	MA	Ter	Fe	NE	N	199623

	<i>Blainvillea acmella</i> (L.) Philipson	x		S	CAA, CE,	Ter	Fe	NE	S	195199
	<i>Chromolaena squalida</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	x		S	CAA, CE, MA	Cam	Fe	NE	S	194691
	<i>Gardnerina angustata</i> (Gardner) R.M.King & H.Rob.	x		N	CE	Ter	Fe	NE	S	195198
	<i>Lepidaploa remotiflora</i> (Rich.) H.Rob.	x		N	CE	Ter	Is	NE	S	197718
	<i>Melanthera latifolia</i> (Gardner) Cabrera	x		N	CAA, CE, MA	Ter	Fe	NE	S	199615
	<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	x	x	S	CAA, CE, MA	Ter	Fe,Fe	NE	S	199640, 200898
	<i>Trixis antimenorrhoea</i> (Vell.)Cabrera	x	x	N	MA	Ter	Is, Is	NE	S	199611, 200897
<b>Begoniaceae</b>	<i>Begonia reniformis</i> Dryand.	x	x	N	CAA, CE, MA	Fan	Fi, Fi	NE	S	194352, 199626
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Dolichandra unguis-cati</i> (L.) L.G. Lohmann.	x	x	S	CAA, CE, MA	Hem	Fe, Fe	NE	S	200884, 192563
<b>Boraginaceae</b>	<i>Heliotropium transalpinum</i> Vell.	x		N	CAA, CE, MA	Cam	Fi	NE	S	199638
	<i>Myriopus rubicundus</i> (Salzm. ex DC.) Luebert	x	x	N	CAA, CE, MA	Fan	Is, Is	NE	S	199612, 199666
	<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	x		S	CAA, CE, MA	Fan	Is	NE	S	197685
<b>Bromeliaceae</b>	<i>Acanthostachys strobilacea</i> (Schult. f.) Link, Klotzsch & Otto	x	x	N	CE, MA	Ep	Ep, Ep	NE	S	194349, 201316
	<i>Aechmea bromeliifolia</i> (Rudge) Baker		x	N	CAA, CE,	Cam	Is	NE	S	199664

---

				MA						
	<i>Billbergia amoena</i> (Lodd.) Lindl.	x	N	CAA, CE, MA	Hem	Is	LC	N	199656	
	<i>Billbergia porteana</i> Brong. ex Beer	x	N	CAA, CE, MA	Ep	Ep	LC	S	197696	
	* <i>Dyckia luxor</i> (L.B.Sm. & Read) Forzza	x	x	CE	Cam	Re, Fe	EN	N	192565, 199682	
	<i>Tillandsia loliacea</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	x	x	CAA, CE, MA	Hem	Re, Re	LC	S	195204, 197707	
	<i>Tillandsia pohliana</i> Mez	x	x	CAA, CE, MA	Ep	Fi, Ep	NE	S	195202, 195209	
	<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	x	x	CAA, CE, MA	Hem	Re, Re	LC	N	194356, 197708	
	<i>Tillandsia streptocarpa</i> Baker	x	x	CAA, CE, MA	Ep	Ep, Fi	NE	N	194353, 1952060	
	<i>Tillandsia tenuifolia</i> L.	x		CAA, CE, MA	Hem	Fi	NE	N	194354	
	<i>Tillandsia tricholeps</i> Baker	x	x	CAA, CE, MA	Hem	Re, Re	NE	S	195205, 197706	
<b>Cactaceae</b>	<i>Brasiliopuntia brasiliensis</i> (Willd.) A. Berger	x	x	CAA, CE, MA	Fan	Is, Is	NE	S	192551, 192554	
	<i>Cereus jamacaru</i> subsp. <i>calcirupicola</i> (F.Ritter)	x	x	CAA, CE	Fan	Re, Re	NE	S	200872, -	

---

N.P.Taylor & Zappi										
	<i>Epphyllum phyllanthus</i> (L.) Haw.	x		N	CAA, CE, MA	Ep	Ep	LC	S	200878, -
	<i>Rhipsalis lindbergiana</i> K. Schum.	x	x	N	CAA, MA	Ep	Ep, Ep	NE	S	194350, 194390
<b>Celastraceae</b>	<i>Monteverdia aquifolia</i> (Mart.) Biral	x	x	N	MA	Fan	Fe, Fe	NE	S	199667,200877
<b>Cleomaceae</b>	<i>Melidiscus giganteus</i> (L.) Raf.	x		N	CAA, CE, MA	Fan	Is	NE	S	194399, 195212
<b>Commelinaceae</b>	<i>Commelina benghalensis</i> L.	x	x	S	CAA, CE, MA	Cam	Fe, Fe	NE	N	194403, 201317
	<i>Commelina erecta</i> L.	x	x	S	CAA, CE, MA	Cam	Fe, Fe	NE	S	197719, 192560
	<i>Dichorisandra hexandra</i> (Aubl.) Kuntze ex Hand.-Mazz.		x	N	CAA, CE, MA	Hem	Fi	NE	S	194384
<b>Cucurbitaceae</b>	<i>Wilbrandia hibiscoides</i> Silva Manso	x	x	N	CE, MA	Cam	Fe, Fe	NE	S	200871, 200889
<b>Cyperaceae</b>	<i>Cyperus laxus</i> Lam.	x		S	CAA, CE, MA	Geo	Fe	NE	S	199625
<b>Dioscoreaceae</b>	<i>Dioscorea debilis</i> (Griseb.) Kunth	x	x	S	CE, MA	Geo	Fe, Is	NE	S	194375, 200894
	<i>Dioscorea laxiflora</i> Mart. ex Griseb.	x		N	CAA, CE, MA	Geo	Fe	NE	N	200893
	<i>Dioscorea piperifolia</i> Mart. ex Griseb	x	x	S	CE, MA	Geo	Fe, Fe	NE	S	194387, 199674
<b>Erythroxylaceae</b>	<i>Erythroxylum subrotundum</i> A.St.-Hil.	x		N	CAA, CE, MA	Fan	Fe	NE	S	200876
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Bernardia tamanduana</i> (Baill.) Müll.Arg.		x	N	CE, MA	Fan	Fe	NE	N	199619

	<i>Croton tricolor</i> Klotzsch ex Baill.	x	x	N	CAA, CE, MA	Fan	Fe, Fe	NE	N	195214, 195215
	<i>Dalechampia stipulacea</i> Müll.Arg.	x	x	N	CE, MA	Hem	Is, Fe	NE	S	194362, 200899
	<i>Stillingia saxatilis</i> Müll.Arg.	x	x	N	CE	Fan	Fe, Fe	NE	S	192564, 192562
<b>Fabaceae</b>	<i>Desmodium affine</i> Schltldl.		x	S	CE, MA	Ter	Fe	NE	S	199618
	<i>Piptadenia micracantha</i> Benth.		x	S	MA	Fan	Fi	NE	N	199622
	<i>Senegalia tenuifolia</i> (L.) Britton & Rose	x	x	N	CAA, CE, MA	Fan	Fe, Is	NE	S	192577, 194409
<b>Gesneriaceae</b>	* <i>Sinningia warmingii</i> (Hiern) Chautems	x	x	N	CE, MA	Geo	Is, Is	LC	S	194376, 194402
	<i>Sphaerorrhiza sarmentiana</i> (Gardner ex Hook) Roalson & Boggan		x	N	CE, MA	Fan	Fe	LC	S	194379
<b>Lamiaceae</b>	<i>Cantinoa mutabilis</i> (Rich.) Harley & J.F.B.Pastore.	x		N	CAA, CE, MA	Cam	Fe	NE	S	197714
	<i>Hyptis lantanifolia</i> Poit.		x	N	CAA, CE, MA	Cam	Fe	NE	N	199616
<b>Loranthaceae</b>	<i>Struthanthus flexicaulis</i> (Mart. ex Schult. f.) Mart.		x	N	CAA, CE, MA	Fan	Fe	NE	S	192559
<b>Lythraceae</b>	<i>Cuphea micranta</i> Kunth	x		N	CAA, CE, MA	Hem	Fe	NE	S	194962
	<i>Cuphea warmingii</i> Koehne	x	x	N	CE	Hem	Is, Is	DD	S	194364, 197689
<b>Malpighiaceae</b>	* <i>Heteropterys argyrophaea</i> A.Juss.	x	x	N	CE, MA	Cam	Is, Is	NE	S	195219, 199671

---

	<i>Heteropterys syringifolia</i>	x		N	CAA, CE, MA	Cam	Fe	NE	N	199679
	<i>Heteropterys umbellata</i> A.Juss.	x	x	N	CE, MA	Cam	Is, Fe	NE	S	195220, 199645
<b>Malvaceae</b>	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns.	x	x	N	MA	Fan	Fe, Fe	LC	S	195221, 192552
<b>Meliaceae</b>	<i>Cedrela odorata</i> L.		x	N	CAA, CE, MA	Fan	Fe	VU	S	197720
<b>Myrtaceae</b>	<i>Myrcianthes pungens</i> (O.Berg) D.Legrand		x	N	CE, MA	Fan	Fe	LC	N	194367
<b>Moraceae</b>	* <i>Ficus calyptroceras</i> (Miq.) Miq.	x	x	N	CAA, CE, MA	Fan	Fe, Fe	LC	S	194410, 194368
<b>Orchidaceae</b>	<i>Brassavola tuberculata</i> Hook.	x	x	N	CAA, CE, MA	Ep	Ep, Ep	LC	N	194386, 199620
	<i>Campylocentrum neglectum</i> (Rchb.f. & Warm.) Cogn.	x	x	N	CAA, CE, MA	Ep	Ep, Ep	NE	S	194366, 192556
	<i>Cattleya cernua</i> (Lindl.) Van den Berg.	x		N	MA	Ep	Ep	NE	S	195225
	<i>Cattleya lundii</i> (Rchb.f. & Warm.) Van den Berg	x		N	CE, MA	Ep	Ep	NE	S	199677
	<i>Cyrtopodium glutiniferum</i> Raddi	x		N	MA	Hem	Is	NE	N	199678
	<i>Encyclia osmantha</i> (Barb.Rodr.) Schltr.		x	N	CE	Ep	Ep	NE	S	200887
	<i>Epidendrum densiflorum</i> Hook.	x		N	CE, MA	Geo	Is	NE	S	199676

---



	<i>Myoxanthus lonchophyllus</i> (Barb.Rodr.) Luer	x	x	N	CE, MA	Ep	Ep, Fi	NE	S	199636, 199665
	<i>Pabstiella pristeoglossa</i> (Rchb.f. & Warm.) Luer	x	x	N	CE, MA	Ep	Ep, Ep	NE	S	192553, 194405
	<i>Rodriguezia brachystachys</i> Rchb. f. & Warm.	x		N	CE	Ep	Ep	NE	S	192550
	<i>Trichocentrum pumilum</i> (Lindl.) M.W.Chase & N.H.Williams	x		N	CE, MA	Ep	Ep	NE	S	199637
	<i>Trichocentrum fuscum</i> Lindl.	x		N	CE, MA	Ep	Ep	LC	S	200885
	<i>Habenaria</i> sp.	x		-	-	Hem	Is		-	194404
	<i>Polystachya</i> sp.	x		-	-	Ep	Ep		-	201318
<b>Picramniaceae</b>	<i>Picramnia ramiflora</i> Planch.		x	N	CE, MA	Fan	Fe	NE	S	199609
<b>Piperaceae</b>	<i>Peperomia arifolia</i> Miq.		x	N	CE, MA	Cam	Fi	NE	N	194973
	<i>Peperomia blanda</i> (Jacq.) Kunth	x	x	N	CE, MA	Cam	Is, Is	NE	S	194408, 199649
	<i>Peperomia campinasana</i> C.DC.	x	x	N	CE, MA	Ep	Ep, Ep	NE	N	194370, 199650
	<i>Peperomia circinnata</i> Link	x	x	N	CE, MA	Cam	Re, Re	LC	S	192573, 199670
	<i>Peperomia gardneriana</i> Miq.		x	N	CE	Hem	Is	NE	S	195029
	<i>Peperomia lanceolato-peltata</i> C.DC.	x		N	CE	Cam	Fi	NE	N	199646

	<i>Peperomia trineura</i> Miq.	x	x	N	CAA, CE, MA	Ep	Ep, Is	NE	N	199680, 199681
	<i>Peperomia warmingii</i> C.DC.	x		N	CE, MA	Cam	Is	NT	S	200882
	<i>Peperomia</i> sp1	x		-	-	Cam	Fi		-	199651
	<i>Peperomia</i> sp2		x	-	-	Cam	Re		-	199621
<b>Poaceae</b>	<i>Acroceras zizanioides</i> (Kunth) Dandy		x	S	CAA, CE, MA	Hem	Fe	NE	S	199668
	<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	x	x	S	CAA, CE, MA	Hem	Fe, Is	NE	S	192567, 195226
	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	x		S	CAA, CE, MA	Hem	Is	NE	S	199614
<b>Sapindaceae</b>	<i>Allophylus racemosus</i> Sw.		x	N	CAA, CE, MA	Fan	Fe	NE	S	192558
	<i>Serjania tristes</i> Radlk.		x	N	MA	Fan	Fe	NE	S	194365
<b>Solanaceae</b>	<i>Solanum sublentum</i> Hiern	x	x	N	CE, MA	Fan	Fe, Fe	NE	S	192566, 200896
<b>Talinaceae</b>	<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.		x	S	CAA, CE, MA	Ter	Fe	NE	S	195229
<b>Tropaeolaceae</b>	<i>Tropaeolum warmingianum</i> Rohrb.	x	x	N	CE, MA	Hem	Fe, Fe	EN	S	194372, 199635
<b>Urticaceae</b>	<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	x	x	N	CE, MA	Fan	Is, Is	NE	S	194401, 194360
	<i>Pilea hyalina</i> Fezl.	x	x	N	CAA, CE,	Ter	Fe, Fe	NE	N	199660, 199672

MA										
	<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm.	x	x	N	CAA, CE, MA	Cam	Is, Is	NE	N	192557, 194393
	<i>Pilea cf serpyllifolia</i> M.D.D Vianna & R.J.V. Alves	x		N	CE	Hem	Fe	NE	S	194392
	<i>Urera bacifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	x	x	N	CAA, CE, MA	Fan	Fe, Fe	NE	S	194359,199627,
<b>Verbenaceae</b>	<i>Lantana canescens</i> Kunth	x		N	CAA, CE, MA	Fan	Fe	NE	N	199642
	<i>Lantana fucata</i> Lindl.	x		S	CAA, CE, MA	Fan	Fe	NE	S	197703
	<i>Lippia aristata</i> Schauer	x		S	CAA, CE, MA	Fan	Fe	NE	S	197702
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl.	x		S	CAA, CE, MA	Fan	Fe	NE	S	197690
<b>Violaceae</b>	<i>Pombalia atropurpurea</i> (A.St.-Hil.) Paula-Souza	x		N	CAA, MA	Fan	Fe	NE	N	199628
	<i>Pombalia communis</i> (A.St.-Hil.) Paula-Souza	x		N	CAA, CE, MA	Ter	Fe	NE	S	199613
<b>Vitaceae</b>	<i>Cissus campestris</i> (Baler) Planch.	x	x	N	CAA, CE, MA	Hem	Fe, Fe	NE	S	194374,197697
<hr/>										
<i>Monilófitas</i>										
<b>Família</b>	<b>Gênero/Espécies</b>			<b>AT</b>	<b>DFT</b>	<b>F.V</b>	<b>MI</b>	<b>S.C</b>	<b>W</b>	<b>V. BHC B</b>
<hr/>										
		<b>G.B</b>	<b>G.L</b>							
<b>Anemiaceae</b>	<i>Anemia hirsuta</i> (L.) Sw.	x		N	CAA, CE,	Cam	Fi	NE	S	201313

<b>Aspleniaceae</b>	<i>Asplenium abscissum</i> Willd.	x	N	MA CE, MA	Hem	Fi	NE	S	199660
	<i>Asplenium formosum</i> Willd.	x	N	CE, MA	Hem	Fe	NE	S	201312
	<i>Asplenium pumilum</i> Sw.	x	x	CAA, CE, MA	Hem	Fi, Fi	NE	S	194381, 201315
<b>Polypodiaceae</b>	<i>Campyloneurum nitidum</i> (Kaulf.) C.Presl	x	N	MA	Ep	Ep	NE	S	199658
	<i>Pecluma filicula</i> (Kaulf.) M.G.Price	x	x	MA	Ep	Ep, Is	NE	S	199659, 199675
	<i>Pleopeltis minima</i> (Bory) J. Prado & R.Y. Hira.	x	x	MA	Ep	Ep, Ep	NE	S	192555, 199617
<b>Pteridaceae</b>	<i>Adiantopsis perfasciculata</i> Sehnem	x	x	CE, MA	Cam	Fe, Fe	NE	N	192549, 199652
	<i>Adiantum deflectens</i> Mart	x	x	CE	Hem	Fi, Fi	NE	N	194380, 199647
	<i>Adiantum rhizophytum</i> Schrad	x	N	CE, MA	Cam	Fe	NE	S	194400
	<i>Doryopteris concolor</i> (Langsd. & Fich.) Kuhn.	x	N	MA	Hem	Re	NE	N	199624
	<i>Hemionitis tomentosa</i> (Lam.) Raddi	x	x	MA	Hem	Fi, Ep	NE	N	197686, 199653

Anexo 2 - Listagem das espécies e respectivos agrupamentos nos microhabitats. Agrupamento 1: microhabitat Rocha Exposta. Agrupamento 2: microhabitats fenda e ilha de solo. Agrupamento 3: microhabitats epífita e fissura. (n=57).

Espécie	Agrupamento 1	Agrupamento 2	Agrupamento 3
<i>Acanthostachys strobilacea</i> (Schult. & Schult.f.) Klotzsch			X
<i>Adiantopsis perfasciculata</i> Sehnem		X	
<i>Adiantum deflectens</i> Mart			X
<i>Anthurium affine</i> Schott			X
<i>Asplenium pumilum</i> Sw.		X	
<i>Begonia reniformis</i> Dryand.			X
<i>Boehmeria caudata</i> Sw.		X	
<i>Brasiliopuntia brasiliensis</i> (Willd.) A. Berger		X	
<i>Brassavola tuberculata</i> Hook.			X
<i>Campylocentrum neglectum</i> (Rchb.f. & Warm.) Cogn.			X
<i>Cereus jamacaru</i> subsp. <i>calcirupicola</i> (F.Ritter) N.P.Taylor & Zappi	X		
<i>Cissus campestris</i> (Baler) Planch.		X	
<i>Commelina benghalensis</i> L.		X	
<i>Commelina erecta</i> L.		X	
<i>Croton tricolor</i> Klotzsch ex Baill.		X	
<i>Cuphea warmingii</i> Koehne		X	
<i>Dalechampia stipulacea</i> Müll.Arg.		X	
<i>Dioscorea debilis</i> (Griseb.) Kunth		X	
<i>Dioscorea piperifolia</i> Mart. ex Griseb		X	
<i>Dolichandra unguis-cati</i> (L.) L.G. Lohmann.		X	
<i>Dyckia luxor</i> (L.B.Sm. & Read) Forzza	X		
<i>Ficus calyptroceras</i> (Miq.) Miq.		X	
<i>Hemionitis tomentosa</i> (Lam.) Raddi			X
<i>Heteropterys argyrophaea</i> A.Juss.		X	
<i>Heteropterys umbellata</i> A.Juss.		X	
<i>Hippeastrum reginae</i> (L.) Herb.		X	
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.		X	
<i>Monteverdia aquifolia</i> (Mart.) Biral		X	
<i>Myoxanthus lonchophyllus</i> (Barb.Rodr.) Luer			X
<i>Myriopus rubicundus</i> (Salzm. ex DC.) Luebert		X	
<i>Pabstiella pristeoglossa</i> (Rchb.f. & Warm.) Luer			X
<i>Pecluma filicula</i> (Kaulf.) M.G.Price			X
<i>Peperomia blanda</i> (Jacq.) Kunth		X	
<i>Peperomia campinasana</i> C.DC.			X
<i>Peperomia circinnata</i> Link	X		
<i>Peperomia trineura</i> Miq.			X
<i>Pilea hyalina</i> Fezl.		X	
<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm.		X	
<i>Pleopeltis mínima</i> (Bory) J. Prado & R.Y. Hira.			X
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.		X	
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns.		X	
<i>Rhipsalis lindbergiana</i> K. Schum.			X
<i>Ruehssia altissima</i> (Jacq.) F.Esp.Santo & Rapini		X	
<i>Ruehssia virgultorum</i> (E.Fourn.) F.Esp.Santo &		X	

---

**Rapini**

<i>Senegalia tenuifolia</i> (L.) Britton & Rose		X	
<i>Sinningia warmingii</i> (Hiern) Chautems		X	
<i>Solanum sublentum</i> Hiern		X	
<i>Stillingia saxatilis</i> Müll.Arg.		X	
<i>Tillandsia loliacea</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	X		
<i>Tillandsia pohliana</i> Mez			X
<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	X		
<i>Tillandsia streptocarpa</i> Baker			X
<i>Tillandsia tricholeps</i> Baker	X		
<i>Trixis antimenorrhoea</i> (Vell.) Cabrera		X	
<i>Tropaeolum warmingianum</i> Rohrb.		X	
<i>Urera bacifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.		X	
<i>Wilbrandia hibiscoides</i> Silva Manso		X	

---