

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Andreza Magro Moraes

**Biogeografia e variação morfológica foliar do gênero *Passiflora* L.
(Passifloraceae s.s.) sob variáveis ambientais na Floresta Atlântica, Brasil**

Juiz de Fora

2021

Andreza Magro Moraes

**Biogeografia e variação morfológica foliar do gênero *Passiflora* L.
(Passifloraceae s.s.) sob variáveis ambientais na Floresta Atlântica, Brasil**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutora em Biodiversidade e Conservação da Natureza. Área de concentração: Comportamento, Ecologia, Taxonomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Paula Gelli de Faria

Coorientadora: Prof. Dr^a. Michaele Alvim Milward-de-Azevedo

Juiz de Fora

2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Moraes, Andreza Magro .

Biogeografia e variação morfológica foliar do gênero *Passiflora* L. (*Passifloraceae* s.s) sob variáveis ambientais na Floresta Atlântica, Brasil / Andreza Magro Moraes. -- 2021.

137 f. : il.

Orientadora: Ana Paula Gelli de Faria

Coorientadora: Michael Alvim Milward-de-Azevedo

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, 2021.

1. Maracujás. 2. Plasticidade. 3. Gradiente ambiental. 4. Lianas. 5. Taxonomia. I. Faria, Ana Paula Gelli de, orient. II. Milward-de-Azevedo, Michael Alvim, coorient. III. Título.

Andreza Magro Moraes

**Biogeografia e variação morfológica foliar do gênero *Passiflora* L.
(Passifloraceae s.s) sob variáveis ambientais na Floresta Atlântica,
Brasil**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Biodiversidade e Conservação da Natureza. Área de concentração: Comportamento, Ecologia, Taxonomia

Aprovado em: 16/07/2021

Ana Paula Gelli de Faria

Profa. Dra. Ana Paula Gelli de Faria
Universidade Federal de Juiz de Fora –
UFJF (Orientadora)

Ana Paula Gelli de Faria

Profa. Dra. Michaela Alvim Milward-
de-Azevedo
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro – UFRRJ (Coorientadora)

Ana Paula Gelli de Faria

Prof. Dr. Fabrício Alvim Carvalho
Universidade Federal de Juiz de Fora
- UFJF

Ana Paula Gelli de Faria

Prof. Dra. Ana Carolina Mezzonato-
Pires
Universidade Federal de Juiz de Fora -
UFJF

Ana Paula Gelli de Faria

Prof. Dr. Marcelo Trovó Lopes de
Oliveira
Universidade Federal do Rio de Janeiro
- UFRJ

Ana Paula Gelli de Faria

Dr. Luís Carlos Bernacci
Instituto Agrônomo de Campinas -
IAC

Ana Paula Gelli de Faria

Dr. João Paulo Fernandes Zorzanelli
Instituto Nacional da Mata Atlântica - INMA

A educação pública que acredito e que me trouxe até aqui!

A minha família minha base!

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora, pela força e proteção.

À CAPES pelo financiamento da bolsa. Ao PPG de Biodiversidade e Conservação da Natureza e UFJF, pela infraestrutura e apoio esses anos.

As minhas orientadoras, Professora Dra. Ana Paula Gelli de Faria, por todo apoio, incentivo e direcionamento nesses anos. À Professora Dra. Michaela Alvim Milward-de-Azevedo, encerrando esse ciclo comigo, por ter me apresentado as Passifloras, por todo incentivo, sempre ao meu lado. Obrigada pelos ensinamentos e confiança, aprendi muito com vocês!

A minha família pelo amor incondicional. A minha mãe e meu pai pelo carinho, incentivo constante e alicerce pra chegar até aqui. Ao meu esposo Rogy Frigeri Tiburtino, pela compreensão e apoio incondicional, além da companhia nas coletas e viagens para campo. A minha irmã, Andreia Magro Moraes, pelas constantes conversas sobre vida acadêmica e colaboração, compartilhando sua experiência comigo. As minhas pequenas sobrinhas Giovana, Marina e Esther que trouxeram mais alegria ao dia a dia e fizeram a caminhada ficar mais leve.

Aos colaboradores dos manuscritos: Ao Prof. Luiz Menini pelo suporte com seu conhecimento de biogeografia e sobre a Serra da Mantiqueira, além da disponibilidade em sempre ajudar ao longo desses anos na UFJF. Ao Dr. Rafael Oliveira Xavier pela confiança, disponibilidade e sua importante colaboração com estatística e ecologia, que tanto acrescentou neste trabalho, e pela oportunidade de aprender um pouco mais.

A todos os professores e colegas que colaboraram na elaboração do projeto com dicas e sugestões: Ao Prof. Fabricio Carvalho - UFJF e Prof. Milton Ribeiro - UNESP pelas sugestões sobre obtenção de dados e metodologia. Ao Prof. Pavel Dodonov pela disposição e pela a ponte de colaboração. Ao Mauricio Vancine pela prontidão em ajudar, com dicas de banco de dados e scripts. Ao amigo Lucas Dezidério pelas busca de material no Herbário na UFLA. Também ao prof. Roberto da Gama pela sua disponibilidade e sugestões na qualificação.

Às curadorias dos Herbários CESJ e BHCB, por permitirem o acesso ao acervo e uso do espaço. A curadora Rafaella Forzza do herbário RB pelo acesso ao material da coleção. À diretoria e aos funcionários dos parques estaduais de Minas Gerais, Brigadeiro e Ibitipoca, e dos Nacionais Caparaó, Itatiaia e Serra dos Órgãos, pela infraestrutura e informações sobre trilhas. Ao IEF e ICMBio pela liberação de licença

de coletas. Pelo apoio nas viagens e coletas de campo: Rogy Frigeri, Andreia Magro, Natalia Brandão, Luiz Menini, Ludymila Cruz e Samyra Furtado.

Aos amigos e colegas pelas conversas, trocas de experiências e apoio nos momentos de incertezas: Natália Brandão, Aline Mystica, Juçara Marques, Gabriella Hermogenes, Daniele Vidal e Matheus Rezende.

Aos membros da banca pela presença na banca e colaboração: Dr. Luís Carlos Bernacci, Dr. Marcelo Trovó, Ana Carolina Mezzonato-Pires e Fabricio Carvalho. Aos suplentes que se dispuseram a ajudar: Dr. Rafael Oliveira Xavier, Dr. João Paulo Zorzanelli, Profs. Fátima Salimena e Luiz Menini.

Por fim, obrigado a todos que direta ou indiretamente contribuíram com este trabalho!

RESUMO

Passiflora L. está amplamente distribuída nos biomas brasileiros, e no sudeste da Floresta Atlântica é registrada com expressiva riqueza. O gênero também se destaca pela grande plasticidade morfológica foliar observada em várias espécies que pode ser relacionado a fatores abióticos, porém são poucos estudos sobre a relação. O estudo foi todo conduzido no domínio Atlântico. Realizamos um estudo biogeográfico do gênero *Passiflora* na região da Serra da Mantiqueira (SM), que buscou investigar a distribuição em um gradiente ambiental a partir dos dados de campo e de coleções botânicas (*online* e herbários). Foram empregadas análises espaciais de riqueza e esforço amostral e similaridade por área e altitude/fitofisionomia utilizando *softwares* de georreferenciamento e o programa R, a partir de quadriculas de $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$. Avaliamos a riqueza/ocorrência das espécies por altitude através de um teste de significância e estado conservação das espécies na área sobrepondo a riqueza com *shapefile* de UC. Também investigamos a influência de variáveis ambientais na morfologia foliar de cinco espécies de *Passiflora* caracterizadas por expressiva plasticidade, tanto em escala regional (UC: Parque Nacional do Caparaó - PNC, Parque Nacional do Itatiaia - PNI, Parque Nacional da Serra dos Órgãos - PARNASO, Parque Estadual Serra do Brigadeiro – PESB e Parque Estadual do Ibitipoca - PEIB) quanto em macro escala (domínio Atlântico). A partir de uma análise morfométrica das folhas, os caracteres foliares foram relacionadas com dados abióticos (clima, solo, altitude e luz) obtidos para cada espécime. Foi empregado uma análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) utilizando o índice de Gower, para avaliar a relação das variáveis ambientais com a morfologia geral das folhas e modelos mistos lineares (GLMM) para caracteres individuais das folhas. Com estudo de biogeografia, obtivemos 50 espécies ocorrentes na SM e concluímos que a composição de *Passiflora* muda ao longo do gradiente de altitude por classes de altitude, e atinge maior riqueza a 1000 m de elevação em fitofisionomias do tipo montana. E a composição das espécies é diferente entre as duas porções da SM, norte e sul. Nossos resultados sobre variação foliar indicaram relações significativas entre fatores climáticos e edáficos com a morfologia geral, caracteres individuais de tamanho e as características de defesa (nectários extraflorais e variegações) das folhas. As espécies *P. campanulata*, *P. amethystina* e *P. porophylla* apresentaram maior resposta às variáveis ambientais, se diferenciando por população. Devido a grande diferenciação encontrada nas folhas de *P. campanulata*, somado a

diferença de caracteres reprodutivos, sugerimos a descrição de uma nova espécie da *P.* seção *Dysosmia*, coletada no PNC, na porção norte da SM. Com nossos resultados, ampliamos o conhecimento sobre a biologia, ecologia e taxonomia das espécies de *Passiflora*, padrões de distribuição e conservação do gênero na SM. E trazemos uma nova perspectiva em sobre a plasticidade foliar neste gênero, refletindo, além de tudo, os gradientes climáticos e edáficos.

Palavras-chave: Maracujás. Plasticidade. Gradiente ambiental. Lianas. Taxonomia.

ABSTRACT

Passiflora L. is widely distributed in Brazilian biomes, particularly in the southeast of the Atlantic Forest where it is recorded with expressive richness. Although the genus stands out for the great leaf morphological plasticity (possibly related to abiotic factors), there are few studies about it. This study was all performed within the Atlantic domain. The biogeographic study of the *Passiflora* genus was carried in the region of Serra da Mantiqueira (SM) to investigate its distribution in an environmental gradient based on field data and botanic collections (online and herbaria). We employed a spatial analysis of richness, sampling effort, and similarity by area and altitude/physiognomy out using georeferencing software and the R program, from $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ grids. We evaluated species richness/occurrence by altitude through a test of significance and species conservation status in the area by overlaying the richness with the shapefile of studied Conservation Unit (UC). We also investigated the influence of environmental variables on the leaf morphology of five *Passiflora* species (*P. amethystina*, *P. campanulata*, *P. capsularis*, *P. mediterranea* and *P. porophylla*) on the regional scale (UC: Caparaó National Park - PNC, Itatiaia National Park - PNI, Serra dos Órgãos National Park - PARNASO, Serra do Brigadeiro State Park – PESB, and Ibitipoca State Park - PEIB), and macro-scale (Atlantic domain). The morphometric analysis showed that the leaf characters were related to abiotic factors (climate, soil, altitude, and light) obtained for each specimen on the field. We used a Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS) analysis with the index Gower to evaluate the relationship of environmental variables with general leaf morphology, and Linear Mixed Models (GLMM) to evaluate the relationship of environmental variables with individual leaf characters. In the biogeography study, we obtained 50 species recorded for the SM and concluded that the composition of *Passiflora* changes along the altitude gradient, and reaches greater richness at 1000 m of elevation in the montane type phytophysiognomies. The species composition is different between the two portions of the SM: north and south. Our results on leaf variation indicated significant relationships between climatic and edaphic factors with the general morphology, individual characters of size, defense characteristics (extrafloral nectaries and variegations), and shape of leaves. The species *P. campanulata*, *P. amethystina* and *P. porophylla* showed greater response to environmental variables differing by population. Due to the great differentiation found in the leaves and reproductive characters of *P. campanulata*, we suggest the description of a new species of *P.* section *Dysosmia* collected in the PNC, in the northern portion of

the SM. Our results amplified the knowledge about the biology, ecology and taxonomy of *Passiflora* species, distribution patterns, and conservation of the genus in SM. Above all, we bring a new perspective on the leaf plasticity of *Passiflora* discussing the influence of climatic and edaphic gradients on this.

Keyword: Passionflowers, environmental gradient, plasticity, climbers.

RESUMO (DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA)

Os maracujás são principalmente espécies de trepadeiras herbáceas, lenhosas ou sublenhosas, que estão inseridos no gênero *Passiflora* da família botânica Passifloraceae. Este grupo tem grande importância econômica, medicinal e cultural nos seus países de origem. E, algumas espécies são produzidas em grande escala e utilizadas em produtos farmacêuticos e cosméticos. Suas flores são das mais variadas cores e tamanhos que atraem polinizadores pela sua fragrância, ornamentação e néctar secretado dentro do hipanto. Suas folhas também apresentam enorme variedade de formatos e tamanhos e plasticidade que se destaca entre as plantas. No Brasil ocorrem mais de 160 espécies conhecidas, presentes em diferentes tipos de vegetações, como florestas, campos, restingas e locais com influência antrópica. Esta grande variedade de formatos, formas nas folhas e também sua distribuição intriga muitos pesquisadores, que vem buscando ao longo dos anos buscando explicações para essa diversidade. Com isso este trabalho buscou compreender a distribuição das espécies de maracujás na natureza, sua ecologia e a resposta para diferentes tipos de formatos de folhas na mesma espécie. Para isso realizamos levantamentos em campo, em Unidades de Conservação no sudeste do Brasil, na Floresta Atlântica e em registros de coleções botânicas. E relacionamos a distribuição das espécies e os formatos das folhas a variáveis ambientais, como clima, elevação, tipo de solo e vegetação. Como resultado observamos que a distribuição dos maracujás nativos (gênero *Passiflora*) na região sudeste na região da Serra da Mantiqueira, se diferencia por altitude e o maior número de espécies (riqueza) é encontrado entre 500 a 1500m, em vegetações do tipo Montana. Também destacamos a importância da conservação das florestas para a proteção dessas espécies e da Serra da Mantiqueira que contém alta diversidade de *Passiflora*. Já analisando as folhas cinco de espécies diferentes de maracujás (*P. amethystina*, *P. campanulata*, *P. capsularis*, *P. mediterranea*, *P. porophylla*) obtivemos que o solo, clima (temperatura e precipitação) e altitude influenciam na variação da morfologia foliar. As folhas de *Passiflora amethystina*, *P. campanulata* e *P. porophylla* se diferenciaram por região, com influencia de macro e micronutrientes do solo e clima. E características de defesa (variegações e ocelos) das folhas contra herbivoria de *P. porophylla* e *P. capsularis* parecem aumentar/diminuir de acordo com as condições ambientais: altitude, luz e disponibilidade de água no solo. E por último, baseado nos resultados encontrados para *P. campanulata*, sugerimos uma nova espécie, com características únicas, encontrada no Parque Nacional do Caparaó e assim denominada

P. caparaoensis. Através dos nossos resultados de distribuição e resposta morfológica ao ambiente, esperamos contribuir com a biologia, ecologia além da conservação e otimização na utilização dos seus recursos do gênero *Passiflora*.

Palavras-chave: Maracujá. Floresta Atlântica. Folhas. Ambiente.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1

- Figura 1 – a Mapa da localização geográfica da Serra da Mantiqueira, no sudeste do Brasil; b Composição da vegetação na Serra da Mantiqueira31
- Figura 2 – a Esforço de coleta das espécies de *Passiflora* na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil; b Riqueza de espécies de *Passiflora* na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil. Quadricula 0,25° x 0,25°.....39
- Figura 3 – a Riqueza de espécies de *Passiflora* na Serra da Mantiqueira por classe de altitude; b Registro de ocorrência de espécies de *Passiflora* por classe de altitude.....40
- Figura 4 – Distribuição de espécies de *Passiflora* (pontos coloridos) pelo gradiente de altitude na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil.....41
- Figura 5 – Dendrograma de similaridade florística de espécies de *Passiflora* obtido por método de ligação UPGMA das classes de altitude e fitofisionomias da Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil. Classes de altitude: 0-50_Low= terras baixas; 51-500_S= submontana; 501-1000_M= montana; 1001-1100_M= montana; 1101-1200_M= montana; 1201-1300_M= montana; 1301-1400_M= montana; 1301-1400_M= montana; 1401-1500_M= montana; 1501-1600_UM= alto montana; 1601-1700_UM= alto montana; 1701-1800_UM= alto montana; 1801-1900_UM= alto montana; 1901-2500_C= campos de altitude.....42
- Figura 6 – Dendrograma da similaridade florística de espécies de *Passiflora* obtidas por método de ligação UPGMA pelas quadriculas de ocorrência na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil.....43
- Figura 7 – Estado de conservação. a. Riqueza de espécies de *Passiflora*, considerando somente unidades de conservação de proteção integral na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil; b. Riqueza de espécies *Passiflora*

considerando a área total da Serra da Mantiqueira.....44

Material Suplementar

- Figura 8 – Distribuição de espécies de *Passiflora* (pontos coloridos) ao longo da altitude na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil. a *P.* subg. *Astrophea*; b *P.* subg. *Decaloba*; c *P.* subg. *Deidamioides*; d *P.* subg. *Passiflora*.....61

Capítulo 2

- Figura 1 – Mapa dos limites da Floresta Atlântica usado para levantamento no banco de dados: Unidades de Conservação (triângulos coloridos) e indivíduos das espécies amostradas na Floresta Atlântica (pontos coloridos).....68
- Figura 2 – Fluxograma resumindo as etapas metodológicas e analíticas para avaliar a influencia do ambiente sobre as variáveis morfológicas em *Passiflora*.....77
- Figura 3 – Diagrama de ordenação e vetores das variáveis ambientais produzidos pela análise NMDS (Escalonamento multidimensional não métrico) das matrizes de caracteres foliares de cinco espécies de *Passiflora* L obtidos em coletas nas UC's.....79
- Figura 4 – Diagrama de ordenação e vetores das variáveis ambientais produzidos pela análise NMDS (Escalonamento multidimensional não métrico) das matrizes de caracteres foliares de cinco espécies de *Passiflora* L. obtidos em banco de dados.....81
- Figura 5 – Formatos de folhas encontrados para as espécies: A= *Passiflora amethystina*, B= *P. campanulata*, C= *P. capsularis*, D= *P. mediterranea*, E= *P. porophylla*.....84

Capítulo 3

- Figura 1 – *Passiflora caparaoensis* Moraes, Milward-de-Azevedo & Faria: A. folhas, B. ramo, C. estipulas, D. corte longitudinal da flor, E. detalhe do opérculo e límen, F. Brácteas (A.M. Moraes & A.P.G. Faria 376), G. semente, H. fruto (A.M.

	<i>Moraes & R.F. Tiburtino 381</i>). Desenhado por Andreza M. Moraes.....	121
Figura 2	– <i>Passiflora caparaoensis</i> Moraes, Milward-de-Azevedo & Faria: A. ramo com folhas, estipulas e gavinhas, B. detalhe do pecíolo sem glândulas e base da folha dentada terminando em glândulas C. estipula, D. adaxial das folhas, E. face abaxial das folhas, F. ramo com folhas e botão floral, G. detalhe das brácteas, H. brácteas envelhecidas, I. ovário, J. detalhe do opérculo e límen (A.M. Moraes & A.P.G. Faria 376), K. fruto (A.M. Moraes & R.F. Tiburtino 381). Fotografado por Ana Paula G. de Faria e Andreza M. Moraes.....	122
Figura 3	– Mapa de distribuição geográfica <i>P. caparaoensis</i> Moraes, Milward-de-Azevedo & Faria e <i>P. campanulata</i> Mast. em Parque Nacional do Caparaó, Minas Gerais.....	123
Figura 4	– Diagrama de Ordenação produzido pela análise NMDS (Escalonamento Multidimensional Não Métrico) baseada na matriz de caracteres morfológicos <i>P. caparaoensis</i> Moraes, Milward-de-Azevedo & Faria e <i>P. campanulata</i> Mast.....	124

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

- Tabela 1 – Espécies de *Passiflora* de ocorrência na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil. Ocorrência por estado: 0= ausência; 1= presença. Amplitude de distribuição: AOO= Área de Ocupação; EOO= Extensão de Ocorrência; SM= Setentrional e Meridional.....36

Capítulo 2

- Tabela 1 – Caracteres morfológicos descritivos e morfométricos usados para a discriminação das folhas.....72
- Tabela 2 – Tabela dos vetores ambientais significativos produzidos pela análise NMDS (Escalonamento multidimensional não métrico) das matrizes de caracteres foliares de cinco espécies de *Passiflora* L obtidos em coletas nas UC's.....80
- Tabela 3 – Vetores ambientais significativos produzidos pela análise NMDS (Escalonamento multidimensional não métrico) das matrizes de caracteres foliares de cinco espécies de *Passiflora* L. obtidos em banco de dados.....82
- Tabela 4 – Resultados dos melhores Modelos Lineares Generalizados Mistos para o efeito de variáveis abióticas (climáticas, propriedades químicas e físicas do solo, luz do ambiente) em caracteres foliares de cinco espécies de *Passiflora* L. Os modelos assumiram distribuição binomial (Variegação, lobo lanceolado, coriácea), binomial negativa (oceolos) ou gaussiana (demais variáveis).....85

Material Suplementar

- Tabela S1 – Variáveis climáticas e solo obtidas em base de dados e campo usadas neste estudo.....99
- Tabela S2 – Tabela S2. Lista de espécimes usados na análise estatística. Nome do táxon: ame= *P. amethystina*; camp= *P. campanulata*; caps= *P. capsularis*; medi= *P.*

mediterranea; poro= *P. porophylla*.....100

Capítulo 3

Tabela 1 – Lista de espécimes usados na análise estatística.....113

Tabela 2 – Caracteres morfológicos descritivos e morfométricos usados na análise estatística.....115

Tabela 3 – Características diagnósticas de *Passiflora caparaoensis* Moraes, Milward-de-Azevedo & Faria, e espécies da seção *Dysosmia* intimamente relacionadas.....125

SUMÁRIO

1.Introdução geral	16
2. Objetivos gerais	20
2.1. Objetivos específicos	20
Referências	21
Capítulo 1	26
1. Introdução.....	28
2. Material e métodos	30
2.1 Área de estudo	30
2.2 Obtenção de dados	32
2.3 Análises espaciais e conservação.....	33
2.4 Gradientes de elevação e similaridade.....	34
3. Resultados.....	34
4. Discussão	44
Referencias	50
Capítulo 2	62
1. Introdução.....	64
2.Material e Métodos.....	66
2.1 Área de estudo	66
2.2 Espécies estudadas -.....	68
2.3 Coleta de dados.....	70
2.4 Análise morfométrica.....	71
2.5 Análise estatística	74
2.5.1 Seleção de variáveis	74
2.5.2 Morfologia geral das folhas e associação da variação abiótica.....	74
2.5.3 Variação abiótica e atributos foliares individuais	76
3.Resultados.....	77

3.1 Morfologia geral das folhas e associação da variação abiótica	77
3.2 Variação abiótica e atributos foliares individuais	84
4. Discussão	86
5. Considerações finais	90
Referências	91
Capítulo 3	107
1. Introdução	108
2. Material e Método	110
2.1. Tratamento taxonômico	110
2.2. Análise estatística	111
3. Resultados	116
3.1. Tratamento Taxonômico	116
3.2. Análise estatística	123
4. Discussão	127
Referências	129

1. Introdução geral

Passiflora Linnaeus compreende um conjunto de espécies popularmente conhecidas como “maracujás”, sendo o maior gênero e de maior importância econômica da família Passifloraceae Juss. ex Roussel. Com cerca de 600 espécies no mundo (MacDougal; Feuillet, 2019), e enorme variedade este grupo chegou a ser classificado em 22 subgêneros por Killip em 1938. Posteriormente, foram divididas por Feuillet e MacDougal (2003) em quatro subgêneros: *P.* subg. *Astrophea* (DC.) Mast., *P.* subg. *Decaloba* DC.Rchb., *P.* subg. *Deidamioides* (Harms) Killip., *P.* subg. *Passiflora*. E atualmente, *Tetraphathaea* (DC.) P.S.Green, delimitado por Krosnick et al. (2009) e *Tryphostemmatoides* (Harms) Killip e apoiados filogeneticamente como grupos monofiléticos (Yockteng; Nadot, 2004; Muschner *et al.*, 2012; Krosnick *et al.*, 2013, Buitrago *et al.*, 2018) foram reconhecidos compondo seis subgêneros deste grupo.

O gênero ocorre por toda a região Tropical, com maior diversidade no Neotrópico, com mais de 400 espécies, em especial na Colômbia e no Brasil, e menor diversidade na região subtropical, Ásia e Austrália (Bernacci, 2003; Feuillet; MacDougal, 2003; Ocampo *et al.*, 2010). No Brasil, ocorrem aproximadamente 166 espécies nativas que se distribuem por todos os domínios, referentes a quatro subgêneros: *P.* subg. *Astrophea* (32 spp.), *P.* subg. *Decaloba* (26 spp.), *P.* subg. *Deidamioides* (6 spp.) e *P.* subg. *Passiflora* (ca. 95 spp.) (Feuillet; MacDougal, 2004; Nunes, 2009; Milward-de-Azevedo, *et al.*, 2012; Mezzonato-Pires, *et al.*, 2020; Bernacci, *et al.*, 2020).

A Floresta Atlântica é considerada um dos 34 *hotspots* para a conservação da biodiversidade brasileira, onde 94% da sua vegetação é composta por espécies de Angiospermas distribuídas em 208 famílias (Werneck, *et al.*, 2011). E o maior número

de espécies de *Passiflora* no país ocorre neste domínio (84 spp.), que também concentra a maioria dos estudos realizados para Passifloraceae. Na região Sudeste, especialmente, se concentram os grandes centros de pesquisa do país, todos os estados já possuem listagens consolidadas para as espécies de Passifloraceae (Bernacci, 2003; Milward-de-Azevedo, 2014; Borges *et al.*, 2018; Imig *et al.*, 2018; Bernacci *et al.*, 2020).

As *Passiflora* podem ser encontradas crescendo em locais abertos e ensolarados como bordas de florestas e trilhas, ambientes sombreados como o sub-bosque de florestas e locais úmidos próximos a riachos. Algumas espécies parecerem preferir determinados estratos de vegetação e/ou altitude (ex. *P. campanulata* Mast., *P. capsularis* L., *P. kermesina* Vinc. & Otto), enquanto outras são generalistas e se estendem por amplos gradientes altitudinais, (ex. *P. actinia* Hook, *P. alata* Curtis, *P. amethystina* J.C. Mikan, *P. mediterranea* Vell.), encontradas desde as planícies (abaixo de 500m alt.), ou florestas montanas (acima dos 500 m alt.), até as alto montanas (~1800 m alt.) (Moraes *et al.*, 2018; Fernandes, 2019).

Além de influenciar na distribuição, o ambiente modula ainda mais a complexa expressão genética das folhas (Chitwood *et al.*, 2016). Para se adaptar a um novo ambiente ou a mudanças climáticas rápidas, como alterações na temperatura, a variação genética dentro das populações naturais de plantas produzem uma resposta plástica (Nicotra *et al.*, 2010). A plasticidade fenotípica é a habilidade de um organismo individual de alterar sua fisiologia ou morfologia em resposta a mudanças das condições ambientais (Schlichting, 1986). Estudos demonstraram que o tamanho da folha, área foliar e algumas características específicas de variadas espécies de plantas respondem plasticamente à variações de luz, temperatura, concentração de gás carbônico e a condições climáticas (ex. Smith, 1982; Royer *et al.*, 2008; Royer, 2009; Pooter *et al.*, 2009; Chitwood, 2016).

As *Passiflora* possuem folhas caracterizadas pela presença de estípulas, gavinhas axilares e pecíolos, muitas vezes com glândulas nectaríferas. A lâmina foliar é geralmente inteira ou lobada, e pode variar notavelmente em comprimento e forma (Ulmer; MacDougal, 2004). E as espécies se destacam pela grande plasticidade fenotípica foliar entre indivíduos de uma mesma espécie e algumas vezes dentro do mesmo indivíduo, apresentando diferentes tamanhos, formatos, tipos de ápices, bases, disposição de glândulas e simetria. Entre indivíduos de *P. capsularis*, por exemplo, sob condições naturais encontramos pelo menos dois tipos de folhas: uma trilobada, com lobos curtos e ângulo menor; e outra bilobada, com ângulo maior e lobos curtos ou alongados (Milward-de-Azevedo; Baumgratz, 2004; Moraes *et al.*, 2018).

Uma hipótese clássica para plantas propõe que o ambiente regula a forma da folha por meio do tempo e dos efeitos heteroblásticos (Chitwood *et al.*, 2016). No entanto, estudo em videiras sob cultivo mostraram que as folhas também respondem plasticamente ao clima (Chitwood *et al.*, 2016). Em *Passiflora*, sabe-se que o tipo de solo, disponibilidade de nutrientes e de matéria orgânica também podem afetar a morfologia foliar de espécies cultivadas (*P. alata* Curtis e *P. edulis* Sims) (Lima *et al.*, 2006).

E a hipótese mais famosa formulada por Gilbert (1975), aponta que a interação de espécies de *Passiflora* com borboletas influenciaria em características das folhas como forma de camuflagem para fugir da predação. A associação obrigatória com borboletas da família das Nymphalidae (*Nymphalinae*, *Heliconiinae*) que utilizam as plantas como hospedeiras de suas larvas de forma que as variações incomuns das folhas observadas no gênero e entre indivíduos da mesma espécie são consideradas defesas físicas contra esses herbívoros. Segundo alguns autores, associados a outras adaptações

morfológicas e químicas, corroboram a coevolução do gênero com os *Heliconiinae* (Gilbert, 1982; Castro *et al.*, 2018).

Os caracteres vegetativos em *Passiflora* são muito importantes na determinação das espécies. Em alguns grupos, a exemplo em *P.* subg. *Passiflora*, informações sobre o formato das folhas, estípulas, presença/ausência e disposição de glândulas, tornam a identificação taxonômica mais simples (ex. Milward-de-Azevedo *et al.*, 2012; Imig *et al.*, 2018; Vanderplank, 2013). Por outro lado, a plasticidade encontrada pode gerar confusões na determinação de uma espécie, ou levar a erros de identificação ao se considerar erroneamente diversos tipos de formatos foliares como pertencentes a uma única espécie. Como exemplo, podemos citar *P. junqueirae* Imig & Cervi que foi classificada por muito tempo como *P. amethystina*, devido à similaridade entre suas folhas (ver Imig; Cervi, 2014).

Os padrões de distribuição espacial das espécies e os meios que foram alcançadas são duas preocupações essenciais da biogeografia. Esses padrões podem ser analisados observando o número de espécies ou grupos por região e comparando numericamente ou ecologicamente, ou observando as relações filogenéticas de uma região com a outra (Rosen, 1978). E está cada vez mais claro que o conhecimento das funções de padrões e processos em diferentes escalas está no cerne da compreensão da variação global da biodiversidade (Gaston, 2000). No entanto, são fundamentais os estudos em escala local para entender a especialização das espécies no ambiente e servir de base dados.

A maioria das informações sobre distribuição das espécies de *Passiflora* em seu ambiente natural são relatos encontrados em trabalhos de levantamentos florísticos e em descrições taxonômicas (ex. Cervi, 1997; Bernacci *et al.*, 2020). E grande parte dos estudos relacionando a variação morfológica foliar em *Passiflora* à diferentes variáveis

ambientais são realizados sob condições controladas de laboratórios com espécies cultivadas (ex. Lucas, 2002; Freitas, 2012; Cutri *et al.*, 2013). Tendo em vista a grande diversidade de *Passiflora* na Floresta Atlântica e o grande número de informação disponível através de inventários florísticos e estudos taxonômicos realizados ao longo deste domínio, estudos mais aprofundados a cerca de distribuição e morfologia foliar das espécies no ambiente natural auxilia compreender como esse grupo ocorre e respondem plasticamente a mudanças ambientais, além das suas relações ecológicas e estratégias de sobrevivência. Contribuindo assim com ferramentas de produção

2. Objetivos gerais

Avaliar o padrão de distribuição de *Passiflora* em um gradiente ambiental e compreender a influência de variáveis ambientais na plasticidade morfológica foliar em espécies dentro da Floresta Atlântica e no sudeste Brasileiro.

2.1. Objetivos específicos

- Avaliar a padrões de distribuição de espécies de *Passiflora*;
- Avaliar o status de conservação das espécies na SM;
- Investigar a influência das variáveis ambientais na morfologia geral e em caracteres individuais das folhas de *Passiflora*.
- Verificar a diferença da morfologia foliar entre populações naturais.

Referências

- ACIOLI, M.F. **Ecologia da polinização de *Passiflora suberosa* Linnaeus (Passifloraceae)**. Porto Alegre, 2003. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- BERNACCI, L. C. PASSIFLORACEAE. IN: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; MELHEM, T. S.; GIULIETTI, A. M.; KIRIZAWA, M. (eds) **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. Instituto de Botânica, São Paulo, v 3, pp 247-274, 2003.
- BERNACCI, L.C.; NUNES, T.S.; MEZZONATO, A.C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; IMIG, D.C.; CERVI, A.C. (in memoriam). *Passiflora*. In: **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12506>. Acesso em: 03 jun. 2021.
- BORGES, K. F.; LORENZONI, R. M.; FONTES, M. M. P; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A. A família Passifloraceae *sensu stricto* do Espírito Santo, Brasil. **Rodriguésia**, v.71, p. 1-30, 2018.
- BUITRAGO, M.A., MACDOUGAL, J. & COCA L.F. *Passiflora kumandayi* (Passifloraceae), a new species from the Colombian Andes in a new section within subgenus *Decaloba*. **Phytotaxa** v.344, p.13–23, 2018.
- CASTRO, E.C.P.; ZAGROBELNY, M.; CARDOSO, M. Z.; BAK, S. The arms race between heliconiine butterflies and *Passiflora* plants – New insights on an ancient subject. **Biological Reviews** v.93, p.555-573, 2018.
- CERVI, A. C. Passifloraceae do Brasil. Estudo do gênero *Passiflora* L., subgênero *Passiflora*. **Fontqueria** v.45, p.1-92, 1997.
- CHITWOOD, D. H.; RUNDELL, S. M.; LI, D. Y.; WOODFORD, Q. L.; YU, T. T.; LOPEZ, J. R.; GREENBLATT, D.; KANG, J.; LONDO, J. Climate and

developmental plasticity: Interannual variability in grapevine leaf morphology.

Plant Physiology, v. 170, n.3, p.1480-1491, 2016.

CUTRI, L.; NAVE, N.; AMI, M.B.; CHAYUT, N.; SAMACH, A.; DORNELAS, M. C.

Evolutionary, genetic, environmental and hormonal-induced plasticity in the fate of organs arising from axillary meristems in *Passiflora* spp. **Mech Dev** v. 30, n.1, p.61-69, 2013.

FEUILLET, C. & MACDOUGAL, J.M. A new infrageneric classification of *Passiflora* L. (Passifloraceae). *Passiflora* v.13, p.34-38, 2003.

FERNANDES, Natália Brandão Gonçalves. **Diversidade taxonômica e aspectos ecológicos de Passifloraceae s.s. no Parque Nacional Serra dos Órgãos**. 2019 Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 77pp, 2019.

FREITAS, J.C.O; ALMEIRA, A.F; LAGO, M.F; SOUZA, M.M; SOUZA-JUNIOR, J.O. Características morfológicas de plantas clonais de *Passiflora alata* crescidas em diferentes doses de nitrogênio e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura** v.34, n.3, p.859-879, 2012.

GASTON, K. J. Global patterns in biodiversity. **Nature**, v.405, p.220-227, 2000.

GILBERT, L. E. **Ecological consequences of a coevolved mutualism between butterflies and plants**. In: Gilbert, L.E; Raven, P.H (eds.) *Coevolution of animals and plants*. Austin: University of Texas Press, pp 210–240, 1975.

IMIG, D. C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A.; CERVI, A. C.; *Passifloraceae sensu stricto* de Minas Gerais, Brasil **Rodriguésia**, v.69, n.4, p.1701-1735, 2018.

IMIG, D. C.; CERVI, A. C. A new species of *Passiflora* L. (Passifloraceae), from Espírito Santo, Brazil. **Phytotaxa** v.186, n.5, p. 292-296, 2014.

- KOSCHNITZKE, C.; SAZIMA, M. Biologia floral de cinco espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae) em mata semidecídua. *Revista Brasileira de Botânica*, v.20, n.2, p.119-126, São Paulo, 1997.
- LIMA, A. A. et al. A cultura do Maracujá. 3ed. Coleção Plantar 51. Embrapa 124pp, 2006.
- LUCAS, Ariovaldo Antônio Tadeu. **Resposta do Maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Deg.) a lâmina de irrigação e doses de adubação potássica**. 2002. Dissertação, Universidade de São Paulo, 88pp, 2002.
- KROSNICK, S.E., PORTER-UTLEY, K.E., MACDOUGAL, J.M., JØRGENSEN, P.M. & MCDADE L.A. New insights into the evolution of *Passiflora* subgenus *Decaloba* (Passifloraceae): Phylogenetic relationships and morphological synapomorphies. *Systematic Botany* v.38, p.692–713, 2013.
- MACDOUGAL, J.; FEUILLET, C. **Fishbone bare clade *Decaloba***. Dados não publicados, 2015-2019.
- MEZZONATO-PIRES, A.C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A.; BARBIERI, C.; MENDONÇA, F.; GONÇALVES-ESTEVEES, V. A taxonomic revision of *Passiflora* subgenus *Astrophea* (Passifloraceae *sensu stricto*) in Brazil. *Phytotaxa* v. 473, n.1, 2020.
- MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; BAUMGRATZ, J. F. A. *Passiflora* L. subgênero *Decaloba* (DC.) Rchb. (Passifloraceae) na Região Sudeste do Brasil. *Rodriguésia* v. 3, n. 55, pp.85, 2004.
- MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A.; GONÇALVES-ESTEVEES, V. A. A taxonomic revision of *Passiflora* subgenus *Decaloba* (Passifloraceae) in Brazil. *Phytotaxa*, v. 53, p.1-68, 2012.

- MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A. Passifloraceae. IN: BAUMGRATZ, J. F. A.; COELHO, M. A. N.; PEIXOTO, A. L.; MYNSEN, C.M.; BEDIAGA, B. E. H.; COSTA, D.P.; DALCIN, E.; GUIMARÃES, E. F.; MARTINELLI, G.; SILVA, D. S. P.; SYLVESTRE, L.S.; FREITAS, M. F.; MORIM, M.P.; FORZZA, R. C. (Orgs) **Catálogo das Espécies de Plantas Vasculares e Briófitas do Estado do Rio de Janeiro**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://florariojaneiro.jbrj.gov.br/>. Acessado em 10 maio 2021.
- MORAES, A. M.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A.; FARIA, A. P. G. Passifloraceae *stricto sensu* no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia** v.69, n.2, p.815-840, 2018.
- MUSCHNER, V.C., ZAMBERLAN, P.M., BONATTO, S.L. & FREITAS, L.B. Phylogeny, biogeography, and divergence times in *Passiflora* (Passifloraceae). **Genetics and Molecular Biology** v.35, p.1036–1043, 2012.
- NUNES, Teonildes Sacramento. **Estudos biosistemáticos em *Passiflora* L. subgênero *Deidamioides* (Harms) Killip (Passifloraceae)**. 2009 Tese. Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia Feira de Santana, 2009.
- NICOTRA, A. B. et al. (2010) Plant phenotypic plasticity in changing climate. **Trends in Plant Science** v.15, n.12, p.1-12, 2010.
- OCAMPO, J.; COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; JARVIS, A. Distribution of the genus *Passiflora* L. diversity in Colombia and its potential as an indicator for biodiversity management in the *Coffee* Growing Zone. **Diversity** v.2, n.11, p.1158-1180, 2010.
- ROSEN, D. E. Vicariant patterns and historical explanation in biogeography. **Systematic Zoology**, v.27, p. 159-188, 1978.
- ROYER, D.L.; MCELWAIN, J.C.; ADAMS, J.M.; WILF, P. Sensitivity of leaf size and

- shape to climate within *Acer rubrum* and *Quercus kelloggii*. **New Phytologist** v.179: p.808-817, 2008.
- ROYER, D.L.; MEYERSON, L.A.; ROBERTSON, K.M.; ADAMS, J. M. Phenotypic plasticity leaf shape along a temperature gradient in *Acer rubrum*. **Plos One** v.4, n.10, p.e7653, 2009.
- SAZIMA, M.; SAZIMA, I. Bat pollination of the passion flower. *Passiflora mucronata* in southeastern Brazil. **Biotropica**, n.10, p.100-109, 1978.
- SCHLICHTING, C.D. The evolution of phenotypic plasticity in plants. **Annual Review Ecol Syst.** v.17, p.667–693, 1986.
- SMITH, H. Light quality, photoperception and plant strategy. **Annual Review of Plant Physiology** v.33, p.481–518, 1982.
- VANDERPLANK, J. A revision of *Passiflora* section *Dysosmia*. Passifloraceae. **Curtis's Botanical Magazine** v. 30, n. 4, p.318–387, 2013.
- WERNECK MS, SOBRAL MEG, ROCHA CTV, LANDAU EC, STEHMANN JR (2011) Distribution and endemism of Angiosperms in the Atlantic Forest. **Natureza & Conservação** v. 9 n.2, p.188-193. doi: 10.4322/natcon.2011.024.
- YOCKTENG, R. & NADOT, S. Phylogenetic relationships among *Passiflora* species based on the glutamine synthetase nuclear gene expressed in chloroplast (ncpGS). **Molecular Phylogenetics and Evolution** v.31, p.379–396, 2004. doi.org/10.1016/S1055-7903(03)00277-X.

Capítulo 1

Padrões de distribuição de *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.) na Serra da Mantiqueira, Sudeste do Brasil.

Manuscrito publicado e formatado segundo as normas do periódico na Brazilian Journal of Botany.

Abstract

Passiflora L. is the most representative genus of Passifloraceae. In Brazil, its species are widely distributed through phytogeographic domains and altitudinal gradients, including the Atlantic montane forests of the Southeast region. In these forest remnants, expressive species richness has been found. The aim of this work was to evaluate the distribution patterns and status conservation of *Passiflora* species in Serra da Mantiqueira (SM), a mountain range located in southeastern Brazil that stands out for its high biological diversity. We obtained data on species distribution through collections in the field, herbaria collections and compiled online databases, which were plotted on shapefile overlay maps. Species richness, collection effort and similarity among grid squares were analyzed for the taxa recorded. To evaluate distribution patterns by altitudinal gradient, we employed a similarity analysis by altitude class and a test of significance. Considering the states that encompass the SM, Minas Gerais showed the highest *Passiflora* richness. On the other hand, grid square 13, located in the mountainous region of Espírito Santo state concentrated the greatest species richness. Similarity analysis between grid squares pointed to the Septentrional area of SM having the most diverse floristic composition. We observed the highest richness and occurrence

record between 500 and 1,500 m. A gradual change in species composition occurred along the altitudinal gradients, with decline in richness from 1,000 m. Around 85% of the species were recorded outside protected areas, reinforcing the need for actions for their conservation through the expansion or creation of conservation units.

Keywords Atlantic domain, biogeography, environmental gradient, passionflower.

Resumo

Passiflora L. é o gênero mais representativo de Passifloraceae s.s. No Brasil, suas espécies estão amplamente distribuídas em domínios fitogeográficos e gradientes altitudinais, incluindo as florestas montanas Atlânticas da região Sudeste. Nestes remanescentes florestais, foi encontrada expressiva riqueza de espécies. O objetivo deste trabalho foi avaliar os padrões de distribuição e estado de conservação das espécies de *Passiflora* na Serra da Mantiqueira (SM), uma cadeia de montanhas localizada no sudeste do Brasil que se destaca por sua alta diversidade biológica. Obtemos os dados de distribuição das espécies por meio de coletas no campo, material de herbários e bancos de dados online compilados, que foram plotados em mapas de sobreposição de *shapefile*. A riqueza de espécies, o esforço de coleta e a similaridade entre os quadriculas foram analisados para os táxons registrados. Para avaliar os padrões de distribuição por gradiente de elevação, empregamos uma análise de similaridade por classe de altitude e um teste de significância. Considerando os estados que abrangem a SM, Minas Gerais apresentou a maior riqueza de *Passiflora*. Já a quadricula 13, localizado na região serrana do estado do Espírito Santo concentrava a maior riqueza de espécies. A análise de similaridade entre quadriculas apontou que a área Setentrional de SM possui a mais diversa composição florística. Encontramos a maior riqueza e registro

de ocorrência entre 500 e 1,500 m. Ocorre uma mudança gradual na composição das espécies ao longo dos gradientes de elevação, com declínio na riqueza a partir de 1,000 m. Cerca de 85% das espécies foram registradas fora de áreas protegidas, reforçando a necessidade de ações para sua conservação por meio da ampliação ou criação de unidades de conservação.

Palavras-chave: Domínio Atlântico, biogeografia, gradiente ambiental, maracujás.

1. Introdução

Passiflora L. compreende aproximadamente 570 espécies (Pérez e d'Eeckenbrugge 2017) distribuídas em cinco subgêneros e é o maior gênero dentro de Passifloraceae (Ulmer e MacDougal 2004). A maioria das *Passiflora* são trepadeiras herbáceas ou lenhosas, mas também existem espécies de arbustos e árvores (Ulmer e MacDougal 2004). O gênero se destaca pela importância medicinal e econômica, sendo que diversas espécies são cultivadas em escala comercial, seja por suas propriedades fitoterápicas, seja pela produção de frutos para consumo *in natura*. As flores também apresentam potencial ornamental devido à sua beleza exuberante (Faleiro et al. 2019). Em relação à importância ecológica, as espécies de *Passiflora* participam de processos ecológicos importantes e são exemplos de relações evolutivas complexas entre plantas e animais (Bernacci et al. 2005).

Passiflora está principalmente distribuída na região Neotropical, ocorrendo desde florestas tropicais até as altas montanhas dos Andes (Ulmer e MacDougal 2004). No Brasil, o gênero está distribuído por todo o território e domínios fitogeográficos, com maior riqueza de espécies nos domínios Atlântico (82 spp.), Amazônia (71 spp.) e Cerrado (50 spp.) (BFG 2018). Trinta e cinco espécies são endêmicas do domínio

Atlântico e entre elas pelo menos nove podem ser consideradas de rara ocorrência (por exemplo, *Passiflora cacao* Bernacci & M.M. Souza, *P. elegans* Mast., *P. farneyi* Pessoa & Cervi, *P. hatschbachii* Cervi, *P. ischnoclada* Harms, *P. imbeana* Sacco, *P. margaritae* Sacco, *P. rupestris* Bernacci, Mezzonato & Salimena, *P. saxicola* Gontsch.) e sob ameaça iminente de extinção (Bernacci et al. 2005; BFG 2018; Mezzonato-Pires et al. 2018; Fraga et al. 2019).

A Serra da Mantiqueira (SM) é uma cadeia de montanhas brasileira que se estende pela região sudeste do Brasil no domínio Atlântico entre os limites dos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. Esta compreende várias fitofisionomias e é a região com uma das maiores altitudes do país (alcançando 2,897 m no Pico da Bandeira, na fronteira entre Espírito Santo e Minas Gerais) (Machado-Filho 1983). A SM é uma área de especial importância biológica com prioridade para a conservação, com grande riqueza de espécies da flora e fauna, muitas delas raras, endêmicas e ameaçadas (Drummond et al. 2005).

Estudos florísticos e taxonômicos desenvolvidos na SM corroboraram a grande diversidade presente na área (por exemplo, Pelissari e Romaniuc-Neto 2013; Salimena et al. 2013; Santos et al. 2016; Furtado e Menini Neto 2018; Gonzaga et al. 2018; Santiago et al. 2018), incluindo uma riqueza considerável de espécies de Passifloraceae (por exemplo, Cervi 1996 - seis spp.; Farinazzo e Salimena 2007 - seis spp.; Milward-de-Azevedo 2007 - seis spp.; Fontes et al. 2013 - sete spp.; Mezzonato-Pires et al. 2013 - 12 spp.; Borges e Milward-de-Azevedo 2017 seis spp.; Moraes et al. 2018 - 11 spp.). Recentes descrições de novos táxons de Passifloraceae para a SM reforçam a importância desta área para estudos de *Passiflora* (Bernacci et al. 2014; Imig e Cervi 2014; Vanderplank 2020). No entanto, um estudo sobre a distribuição geográfica do gênero na região ainda não foi proposto. Até o momento, quatro estudos avaliaram os

padrões de distribuição de outros táxons botânicos na SM: Gonzaga et al. (2017) e Pereira (2019), Antunes (2020) e Furtado (2020). Esses autores apresentaram dados para Cactaceae, Gesneriaceae, Myrtaceae e epífitas vasculares, respectivamente, revelando áreas de endemismo, riqueza de espécies e lacunas de conhecimento.

Nosso objetivo foi investigar os padrões de distribuição das espécies de *Passiflora* na SM. Pretendemos também avaliar o estado de conservação do gênero na SM avaliando se as espécies estão protegidas em unidades de conservação (UC's) e se estão listados como ameaçados de extinção nas listas vermelhas. Nossas hipóteses consistem: (1) considerando a preferência de habitat de trepadeiras, onde o número de espécies diminui com o aumento da altitude (Schnitzer e Bongers 2002), haverá uma menor riqueza de espécies de *Passiflora* em altitudes mais elevadas da SM; (2) como a maior parte da vegetação natural da SM foi reduzida ou substituída devido a atividades antrópicas (Mendes Junior et al. 1991), a riqueza de espécies de *Passiflora* é maior em áreas protegidas por UC's; e (3) considerando a subdivisão da SM nas porções Meridional e Setentrional, espera-se uma diferença na composição de espécies entre essas duas áreas.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo— A Serra da Mantiqueira (SM) é uma cordilheira localizada ao longo das fronteiras dos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (Machado-Filho et al. 1983) (Fig. 1a). A delimitação exata da Mantiqueira, com seus limites geográficos e administrativos, não é consenso entre vários autores (Várzea 1942; CETEC 1983; RADAMBRASIL 1983; RADAMBRASIL 1987; Lima 2008; Meireles 2009; Pelissari e Romaniuc-Neto 2013; IBGE 2019; Silva 2016; Gonzaga et al. 2018). Por isso, seguimos aqui Pereira (2019), que propôs a junção de todos os

limites indicados pelos autores acima, compreendendo cerca de 135.000 km², a maioria deles localizados no estado de Minas Gerais.

De acordo com Machado-Filho et al. (1983), a SM é subdividida em duas porções principais: o Platô Setentrional e o Platô Meridional (Fig. 1a). A Meridional limita-se entre os planaltos de Campos do Jordão e Itatiaia. A Setentrional compreende as estepes escalonadas do sul do Espírito Santo, o Maciço do Caparaó, a serra da Zona da Mata de Minas Gerais e pequenas porções do estado do Rio de Janeiro. A altitude da SM varia entre 40 m no estado do Espírito Santo e seu ponto mais alto, 2.897 m, no Pico da Bandeira (Parque Nacional do Caparaó, entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo). A área está inserida no domínio Atlântico e é composta por florestas estacionais, florestas ombrófilas montanas e altas montanhas, floresta mista, formações campestres (campos de altitude e campos rupestres), savana, refúgios vegetacionais e áreas de tensão ecológica (Veloso et al. 1991; IBGE 1992) (Fig. 1b).

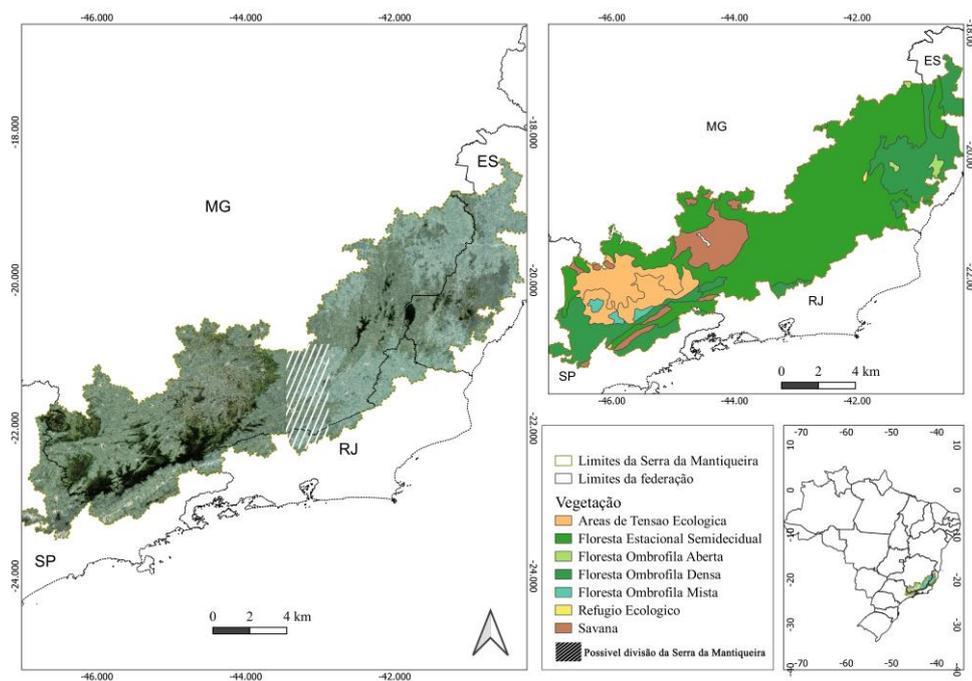


Figura 1. a Mapa da localização geográfica da Serra da Mantiqueira, no sudeste do Brasil; b Composição da vegetação na Serra da Mantiqueira

2.2 Obtenção de dados – Os dados de ocorrência de espécies de *Passiflora* na SM foram obtidos em populações naturais por meio de expedições científicas nas seguintes UC's: Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), Parque Nacional do Caparaó (PNC), Parque Nacional do Itatiaia (PNI) e Parque Estadual do Ibitipoca (PEIB). As autorizações para coleta de material botânico foram fornecidas pelas UC's federais e estaduais e espécies ameaçadas não foram coletadas no campo. Além do trabalho de campo, realizamos um levantamento de espécimes com registros disponíveis em bancos de dados *online* SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br/>), JABOT (<http://rb.jbrj.gov.br/v2/consulta.php>) e Reflora (<http://reflora.jbrj.gov.br/>). Também foram compilados dados de literatura (Bernacci 2003; Bernacci et al. 2011; Borges 2016; Imig et al. 2018; Moraes et al. 2018; Vanderplank 2020) e visitados os herbários brasileiros BHCB, CESJ e ESAL (siglas de Thiers, atualizados continuamente).

Os registros de ocorrência foram obtidos em bancos de dados online e coleções botânicas, buscando ocorrências em todos os municípios da SM. Na limpeza dos dados, vouchers duplicados foram excluídos os, as coordenadas geográficas foram confirmadas ou pesquisadas a partir da descrição das localidades e por último, com o *shapefile* outros erros foram corrigidos, excluindo pontos fora dos limites definidos para SM.

A distribuição geográfica dos registros de espécies foram confirmados de acordo com a Flora do Brasil 2020 (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>), Bernacci (2003), Nunes (2009), Bernacci et al. (2011), Cazé et al. (2012), Milward-de-Azevedo et al. (2012), Milward-de-Azevedo (2014), Borges (2016), Mezzonato-Pires et al. (2017) e Imig et al. (2018). Registros sem coordenadas foram georreferenciadas quando possível, usando Google Earth (<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>) ou as coordenadas centrais dos municípios obtidos através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

(<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/>). A nomenclatura taxonômica foi conferida para todos registros seguindo a Flora do Brasil (2020), *Tropicos.org. Missouri Botanical Garden* (<http://www.tropicos.org/>) e IPNI (<https://www.ipni.org/>).

2.3 Análises espaciais e conservação – Para avaliar os padrões de distribuição de *Passiflora* na SM, os registros de ocorrência da espécie foram sobrepostos ao *shapefile* criado para a região da Mantiqueira (Pereira 2019), utilizando o *software* QGIS 3.4 (QGIS Development Team 2019). Para a análise da riqueza de espécies, empregamos quadrículas de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, para diminuir o efeito de possíveis artefatos de amostragem como observado em outros estudos (Gonzaga et al 2018; Pereira 2019; Santos-Silva et al. 2019). Para avaliar a amplitude de distribuição de *Passiflora*, calculamos a Área de Ocupação (AOO) e a Extensão de Ocorrência (EOO), usando a ferramenta GeoCAT, com células de 2 km de largura (Conservation Assessment Tools, disponível em: <http://geocat.kew.org/>) (Moat 2007). Para espécies com apenas um ou dois pontos de ocorrência, esses parâmetros não foram avaliados por não formarem pelo menos um triângulo que permite os cálculos, sendo classificados como Dados Deficientes (DD).

Os registros de ocorrência foram sobrepostos com *shapefile* para UC's nacionais e estaduais para avaliar quais espécies estão protegidas. Os resultados do EOO e AOO foram comparados com as listas vermelhas obtidas no Copam (2008), MMA (2014), SMA-SP (2016), Martinelli et al. (2018) e Fraga et al. (2019). Embora os critérios da Lista Vermelha da IUCN possam ser aplicados em uma escala regional, isso é fortemente desencorajado para áreas geográficas muito restritas (IUCN 2012). Portanto, calculamos os valores de EOO e AOO para avaliar a amplitude de distribuição das espécies no SM.

2.4 Gradientes de elevação e similaridade – Para avaliar a existência de padrões de distribuição por gradiente altitudinal, os dados de elevação para cada espécie foram obtidos a partir da localização dos vouchers ou das coordenadas geográficas extraídas da camada *raster* de altitude. Posteriormente, foram listados e organizados em 14 classes associadas às fitofisionomias, segundo Ururahy et al. (1983): 0–50 m (terras baixas); 51–500 m (submontana); 501–1,000 m, 1,001–1.100 m, 1,101–1,200 m, 1,201–1,300 m, 1,301–1,400 m, 1,401–1,500 m (montana); 1,501–1,600 m, 1,601–1,700 m, 1,701–1,800 m, 1,801–1,900 m, 1,901–2,000 m (alto montana) e > 2,000 m (campos de altitude). Empregamos uma análise de agrupamento hierárquica entre as classes altitudinais usando o método agrupamento hierárquico pelas médias aritméticas não ponderadas (UPGMA) e o índice de Jaccard. Os valores de riqueza de espécies versus as 14 classes altitudinais foram plotados em um gráfico e os registros de ocorrência foram sobrepostos com um arquivo *raster* com as altitudes. Empregamos um teste de significância paramétrica (ANOVA) para avaliar se o registro de ocorrência de espécies de *Passiflora* difere por classe altitudinal: planície (0-50 m), submontana (51-500 m), montana (501-1,500 m), alto montana (1,501–2,000 m) e campos de altitude (> 2,000 m).

Para avaliar a composição florística de *Passiflora* na SM, também empregamos uma análise de agrupamento UPGMA com o índice de Jaccard. As quadrículas de ocorrência ($0,25^\circ \times 0,25^\circ$) foram comparadas usando o *software* Biodiverse 2.1, que permite a análise de agrupamento a partir de dados biogeográficos (Laffan et al. 2010).

3. Resultados

Cinquenta espécies nativas de *Passiflora* foram registradas para a SM, referentes a quatro subgêneros: *Passiflora* (34 spp.), *Decaloba* (DC.) Rchb. (11 spp.), *Deidamioides* (Harms) Killip (três spp.) E *P.* subg. *Astrophea* (DC.) Mast. (duas spp.).

Seis espécies apresentaram a maior amplitude de distribuição (valores AOO e EOO): *P. amethystina* J.C. Mikan (56 quadrículas), *P. capsularis* L. (51 quadrículas), *P. alata* Curtis (49 quadrículas), *P. suberosa* L. subsp. *litoralis* (Kunth) Port.-Utl. ex Milward-de-Azevedo, Baumgratz & Gonç-Estev. (43 quadrículas), *P. speciosa* Gardner (39 quadrículas) e *P. porophylla* Vell. (39 quadrículas). Cerca de 40% das espécies apresentaram pequena amplitude de distribuição (ocorrendo em uma ou duas quadrículas) ou Dados Deficientes. *Passiflora deidamioides* Harms (seis registros), *P. edmundoi* Sims. (oito registros), *P. foetida* L. (quatro registros), *P. malacophylla* Mast. (três registros), *P. marginata* Mast. (três registros), *P. odontophylla* Harms ex Glaz. (quatro registros), *P. racemosa* Brot. (três registros), *P. setulosa* Killip (cinco registros) e *P. transversalis* M.A. Milward-de-Azevedo (quatro registros) apresentaram os menores valores de AOO e EOO (Tabela 1).

A espécie *P. auriculata* Kunth. (um registro), *P. cacao* (um registro), *P. eichleriana* Mast. (dois registros), *P. hatschbachii* (duas registros), *P. itatiaiensis* Vanderplank (um registro), *P. loefgrenii* Vitta (um registro), *P. margaritae* (um registro), *P. ovalis* Vell. ex M. Roem. (dois registros), *P. rupestris* (um registro), *P. tenuifila* Killip. (dois registros) e *P. truncata* Regel. (um registro) foram encontrados apenas em uma ou duas quadrículas (Tabela 1; Material Complementar, Fig. 8). Até o momento, *P. rupestris* é a única espécie com ocorrência exclusiva na SM, com registros para a porção Meridional, no Parque Estadual da Serra Negra da Mantiqueira.

Tabela 1. Espécies de *Passiflora* registradas na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil. Ocorrência por estado: 0 = ausência; 1 = presença. Amplitude de distribuição: AOO = Área de Ocupação; EOO = Extensão da ocorrência; SM = Setentrional e Meridional.

Espécies	Ocorrência por estado					Amplitude de Distribuição (Km ²)		Porção da Mantiqueira
	Grids	MG	ES	RJ	SP	AOO	EOO	
<i>Passiflora alata</i> Curtis	49	1	1	1	1	321.000Km ²	140,881Km ²	SM
<i>Passiflora amethystina</i> J.C. Mikan	56	1	1	1	1	496.000Km ²	102,391.972Km ²	SM
<i>Passiflora auriculata</i> Kunth**	1	0	0	0	1	Dados Insuficientes	Dados Insuficientes	Setentrional
<i>Passiflora cacao</i> Bernacci & M.M. Souza** *	1	0	0	0	1	Dados Insuficientes	Dados Insuficientes	Setentrional
<i>Passiflora caerulea</i> L.	9	1	0	0	1	44.000 Km ²	24,029.368Km ²	Meridional
<i>Passiflora campanulata</i> Mast.** *	10	1	1	1	1	96.000 Km ²	56,925.478 Km ²	SM
<i>Passiflora capsularis</i> L.	51	1	1	1	1	308.000Km ²	121,742.434 Km ²	SM
<i>Passiflora cervii</i> Milward-de-Azevedo*	5	1	0	0	0	32.000 Km ²	11,156.604Km ²	SM
<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	4	1	0	0	1	20.000 Km ²	29,613.643Km ²	SM
<i>Passiflora clathrata</i> Mast.	5	1	0	0	1	24.000 Km ²	24,885.772Km ²	Meridional
<i>Passiflora contracta</i> Vitta	5	0	1	0	1	60.000 Km ²	6,972.167Km ²	Setentrional
<i>Passiflora deidamioides</i> Harms*	2	1	0	0	1	12.000 Km ²	173.884 Km ²	Meridional
<i>Passiflora edmundoi</i> Sacco	2	0	1	0	0	32.000 Km ²	479.864 Km ²	Setentrional
<i>Passiflora edulis</i> Sims	34	1	1	1	1	192.000Km ²	95,195.473Km ²	SM
<i>Passiflora eichleriana</i> Mast.	2	1	0	0	0	Dados Insuficientes	Dados Insuficientes	Meridional
<i>Passiflora filamentosa</i> Cav.** *	6	1	1	1	0	32.000 Km ²	32,668.742Km ²	SM
<i>Passiflora foetida</i> L.**	4	1	0	1	1	16.000 Km ²	12,108.244Km ²	SM
<i>Passiflora haematostigma</i> Mart.	13	1	1	0	1	72.000 Km ²	43,074.044Km ²	SM
<i>Passiflora hatschbachii</i> Cervi** *	1	1	0	0	0	Dados Insuficientes	Dados Insuficientes	Meridional
<i>Passiflora itatiaiensis</i> Vanderplank	1	0	0	1	0	Dados Insuficientes	Dados Insuficientes	Setentrional
<i>Passiflora junqueirae</i> Imig & Cervi** *	7	1	1	0	0	40.000 Km ²	2,986.624Km ²	Setentrional
<i>Passiflora kermesina</i> Link & Otto	21	1	1	0	0	176.000Km ²	46,623.143Km ²	Setentrional

Espécies	Grids	MG	ES	RJ	SP	AOO	EOO	Porção da Mantiqueira
<i>Passiflora loefgrenii</i> Vitta*	1	1	0	0	0	Dados Insuficientes	Dados Insuficientes	Setentrional
<i>Passiflora malacophylla</i> Mast.**	1	0	1	0	0	8.000 Km ²	0.000Km ²	Setentrional
<i>Passiflora margaritae</i> Sacco** *	1	0	1	0	0	Dados Insuficientes	Dados Insuficientes	Setentrional
<i>Passiflora marginata</i> Mast.*	1	1	0	0	0	4.000 Km ²	0.032 Km ²	Meridional
<i>Passiflora mediterranea</i> Vell.*	21	1	1	1	1	248.000Km ²	34,432.452 Km ²	SM
<i>Passiflora mendoncae</i> Harms*	7	1	0	0	1	92.000 Km ²	7,220.257 Km ²	Meridional
<i>Passiflora miersii</i> Mast.**	31	1	1	0	1	168.000Km ²	100,661.839Km ²	SM
<i>Passiflora misera</i> Kunth	9	1	1	1	1	40.000 Km ²	75,871.304 Km ²	SM
<i>Passiflora morifolia</i> Mast.	7	1	0	0	1	36.000 Km ²	39,231.731 Km ²	SM
<i>Passiflora mucronata</i> Lam.	8	1	1	0	0	52.000 Km ²	24,311.372 Km ²	Setentrional
<i>Passiflora odontophylla</i> Harms ex Glaz.	2	1	0	0	0	8.000 Km ²	0.000 Km ²	Setentrional
<i>Passiflora ovalis</i> Vell. ex M. Roem.*	2	1	0	1	0	Dados Insuficientes	Dados Insuficientes	SM
<i>Passiflora pohlii</i> Mast.	6	1	1	0	0	24.000 Km ²	26,295.075 Km ²	SM
<i>Passiflora porophylla</i> Vell.	39	1	1	1	1	380.000Km ²	124,436.624Km ²	SM
<i>Passiflora racemosa</i> Brot.** *	2	0	1	1	1	12.000 Km ²	66.246 Km ²	Setentrional
<i>Passiflora rhamnifolia</i> Mast.*	15	1	1	1	0	104.000Km ²	36,511.181 Km ²	SM
<i>Passiflora rupestris</i> Bernacci, Mezzonato & Salimena *	1	1	0	0	0	Dados Insuficientes	Dados Insuficientes	Meridional
<i>Passiflora setacea</i> DC.	5	1	1	0	0	24.000 Km ²	18,102.735 Km ²	Setentrional
<i>Passiflora setulosa</i> Killip**	4	1	0	0	0	16.000 Km ²	10,097.329 Km ²	Meridional
<i>Passiflora sidifolia</i> M.Roem.** *	20	1	1	1	1	176.000Km ²	75,957.004 Km ²	SM
<i>Passiflora silvestris</i> Vell.	11	1	1	0	0	48.000 Km ²	52,088.987 Km ²	SM
<i>Passiflora speciosa</i> Gardner	39	1	1	1	1	432.000Km ²	78,954.350 Km ²	Setentrional
<i>Passiflora suberosa</i> L. subsp. <i>litoralis</i> (Kunth) Port.-Utl. ex Milward-de-Azevedo, Baumgratz & Gonç-Estev.	43	1	1	1	1	280.000Km ²	95,138.963 Km ²	SM
<i>Passiflora tenuifila</i> Killip.	1	1	0	0	0	Dados Insuficientes	Dados Insuficientes	Meridional
<i>Passiflora transversalis</i> Milward-de-Azevedo	4	1	0	0	1	16.000 Km ²	16,948.121 Km ²	Meridional

<i>Passiflora truncata</i> Regel *	1	1	0	0	0	Dados Insuficientes	Dados Insuficientes	Meridional
<i>Passiflora vellozoi</i> Gardner *	8	1	1	1	0	52.000 Km ²	55,516.598 Km ²	SM
<i>Passiflora villosa</i> Vell.	7	1	0	0	0	28.000 Km ²	20,355.889 Km ²	Meridional

Espécies ameaçadas de extinção= **, Endêmicas no Domínio Atlântico = *.

O estado de Minas Gerais, que cobre a maior parte do território do SM, apresentou a maior riqueza de espécies de *Passiflora* (48 spp.), Seguido pelos estados Espírito Santo (28 spp.), São Paulo (25 spp.) e Rio de Janeiro (18 spp.). Já a quadrícula 13, localizada na região serrana do Espírito Santo, concentra a maior riqueza (25 spp.), Seguida da quadrícula 11 ao norte e da quadrícula oito ao sul da Mantiqueira, com registros variando de oito a 16 espécies (Fig. 2 a; b).

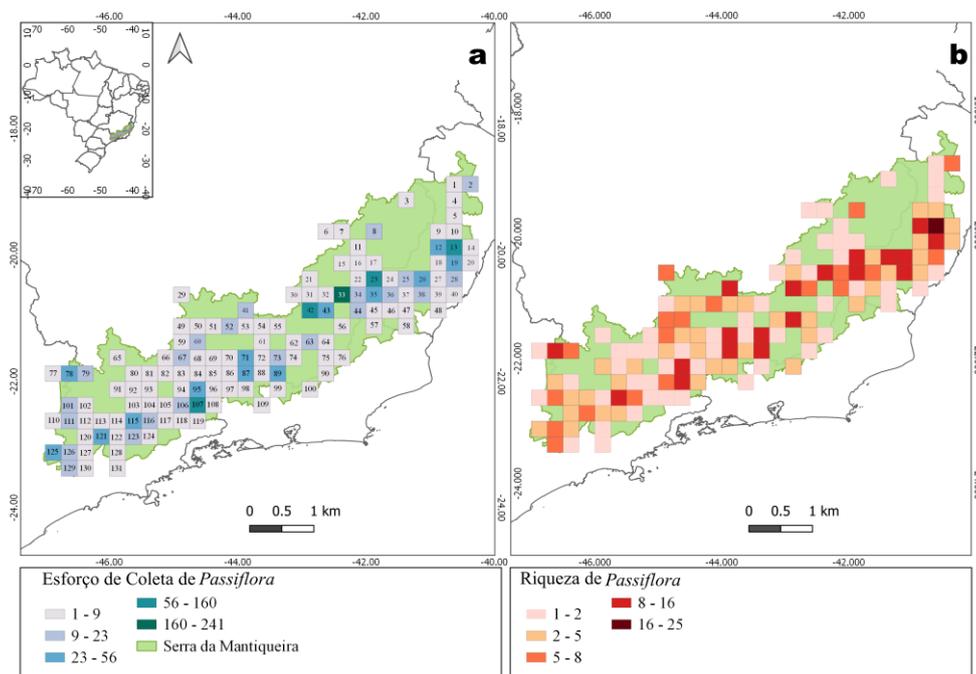


Figura 2. a. Esforço de coleta das espécies de *Passiflora* na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil. Quadrícula 0,25° x 0,25°. b. Riqueza de espécies de *Passiflora* na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil. Quadrícula 0,25° x 0,25°.

Uma riqueza significativa de espécies foi observada mesmo para algumas áreas com baixo esforço de coleta (nove a 23 coletas; Fig. 2a), conforme observado nas quadrículas 23, 35 e 71 (com nove, 11 e nove spp., respectivamente; Fig. 2b). Observamos um maior esforço de coleta no norte da SM (quadrículas 13, 21, 30 e 39; Fig. 2a). Por outro lado, a região entre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas

Gerais apresentou amostragem menor e mais homogênea, exceto para a quadrícula 105 (56–156 coleções), onde se localizava o PNI.

A maior riqueza de espécies por elevação foi encontrada na classe montana (501–1.000 m), com 45 spp., seguida pela classe submontana (51–500 m), com 30 spp. Um declínio constante nos valores foi observado a partir de 1.000 m. As classes de terras baixas (0–50 m) e campos de altitude (> 2.000 m) apresentaram os menores valores de riqueza de espécies com cinco spp., respectivamente (Fig. 3a), e o registro de ocorrência das espécies de *Passiflora* variou de acordo com a altitude ($F = 65,260$, $p = 2 \times 10^{-16}$). As áreas com elevação entre 500 e 1500 m (montana) apresentaram maior ocorrência de espécies (Fig. 3b; Fig. 4; Material Complementar, Fig. 8).

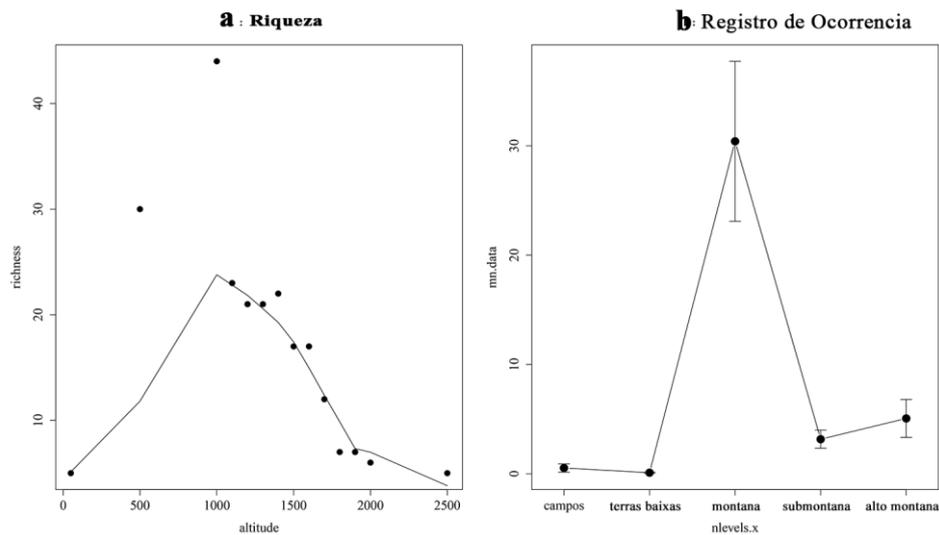


Figura 3a Riqueza de espécies de *Passiflora* na Serra da Mantiqueira por classe de altitude; b Registro de ocorrência de espécies de *Passiflora* por classe de altitude.

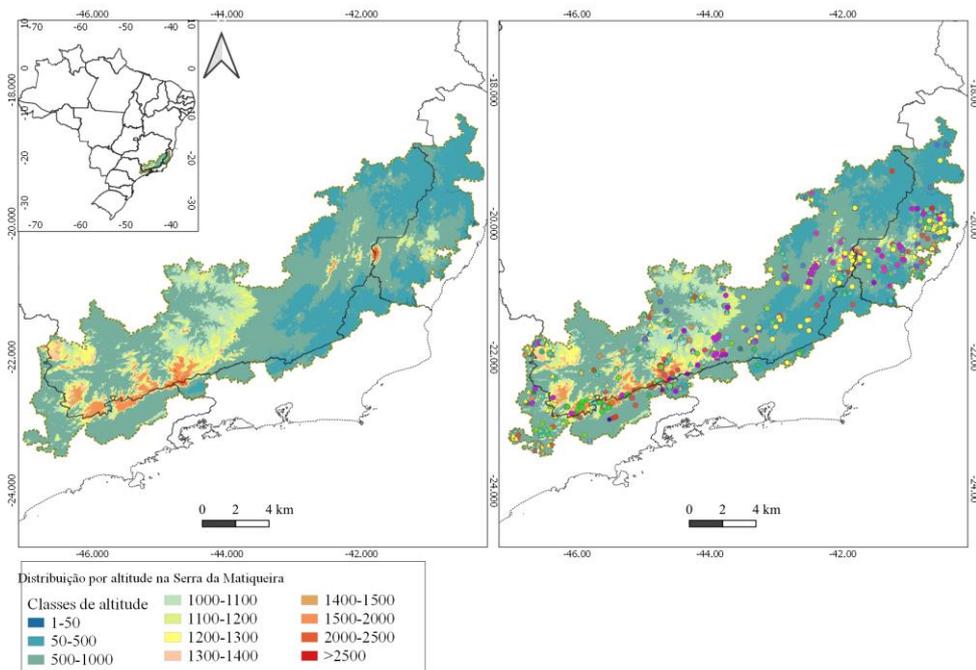


Figura 4 Distribuição de espécies de *Passiflora* (pontos coloridos) pelo gradiente de altitude na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil.

As análises de agrupamento comparando as classes altitudinais resultaram em uma divergência inicial do “Ramo 2”, composto pelas Terras Baixas até 50 m (dissimilaridade= 1) (Fig. 5), das demais classes que compõem o “Grupo 1” (que foi subdividido nos subgrupos “a” e “b”). O subgrupo “b” concentrou as classes submontana e alto montana (de 51 a 1.700 m) e o subgrupo “a” agrupou alto montana acima de 1.701 m e os campos de altitude. De acordo com o dendrograma de agrupamento, as áreas que variam de 1.701 a 2.500 m diferem mais umas das outras (dissimilaridade= 0,6-0,45) do que as áreas que variam de 500 a 1.700 m (dissimilaridade= 0,35-0,2), mostrando uma mudança gradual na composição de *Passiflora* com elevação da altitude.

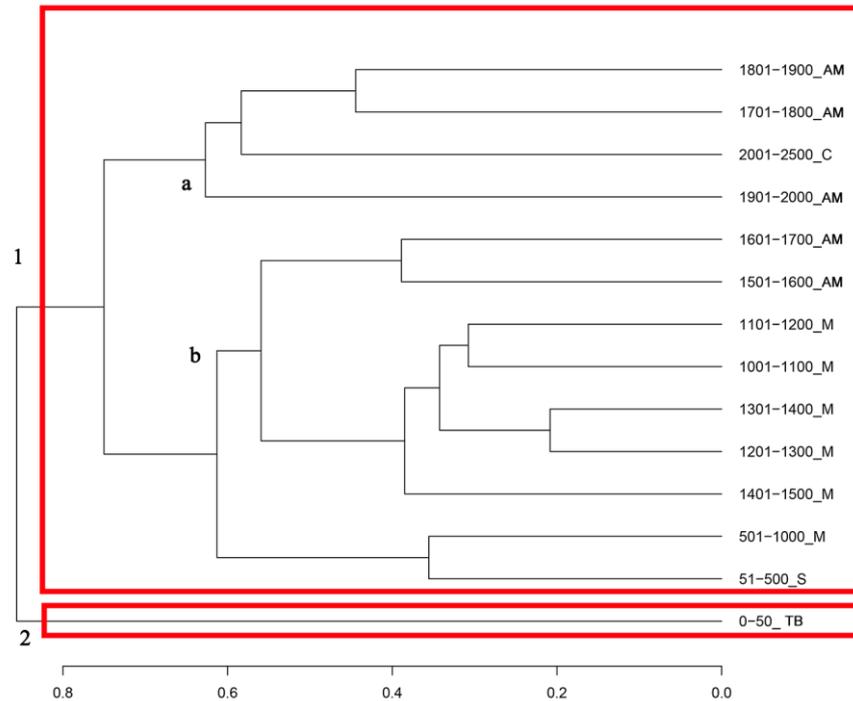


Figura 5. Dendrograma de similaridade florística de espécies de *Passiflora* obtido por método de ligação UPGMA das classes de altitude e fitofisionomias da Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil. Classes de altitude: 0-50_Low= terras baixas; 51-500_S= submontana; 501-1000_M= montana; 1001-1100_M= montana; 1101-1200_M= montana; 1201-1300_M= montana; 1301-1400_M= montana; 1301-1400_M= montana; 1401-1500_M= montana; 1501-1600_UM= alto montana; 1601-1700_UM= alto montana; 1701-1800_UM= alto montana; 1801-1900_UM= alto montana; 1901-2500_C= campos de altitude.

A análise de similaridade comparando as quadrículas por composição de espécies gerou um dendrograma com dois grupos principais e quatro quadrículas isoladas (Fig. 6), diferenciando as partes Setentrional e Meridional da SM. O grupo Meridional (cor vermelha) concentra o maior número de quadrículas em relação ao segundo grupo Setentrional, que possui uma maior variação na composição de espécies (cor azul) (Fig. 6).

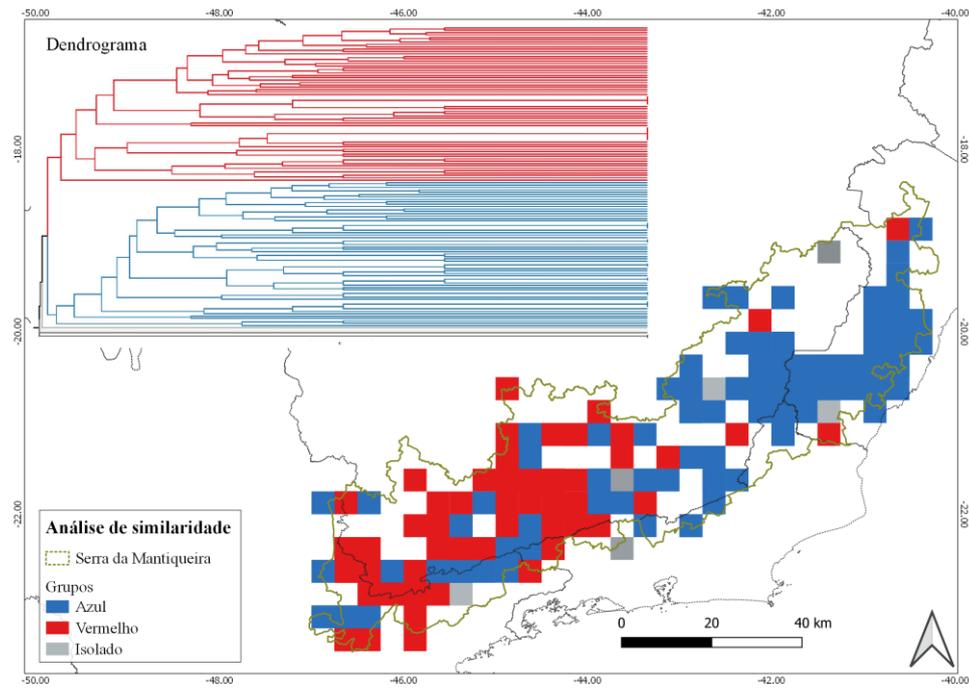


Figura 6. Dendrograma da similaridade florística de espécies de *Passiflora* obtidas por método de ligação UPGMA pelas quadriculas de ocorrência na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil.

Por ultimo, a sobreposição da análise de riqueza com as UC's mostrou que a maior número de espécies (45 spp.) e amostragem estavam concentrados em áreas protegidas (Fig. 7 a, b). No entanto, também observamos uma grande área com elevada riqueza fora das UC's (43 spp.; Fig. 7a). Cinco espécies foram registradas exclusivamente fora das áreas protegidas (*P. hatschbachii*, *P. loefgrenii*, *P. margaritae*, *P. tenuifila* e *P. setulosa*). Portanto, se houver uma exclusão das ocorrências na área fora das UC's, haverá uma perda da diversidade de *Passiflora* nesta região (Fig. 7a).

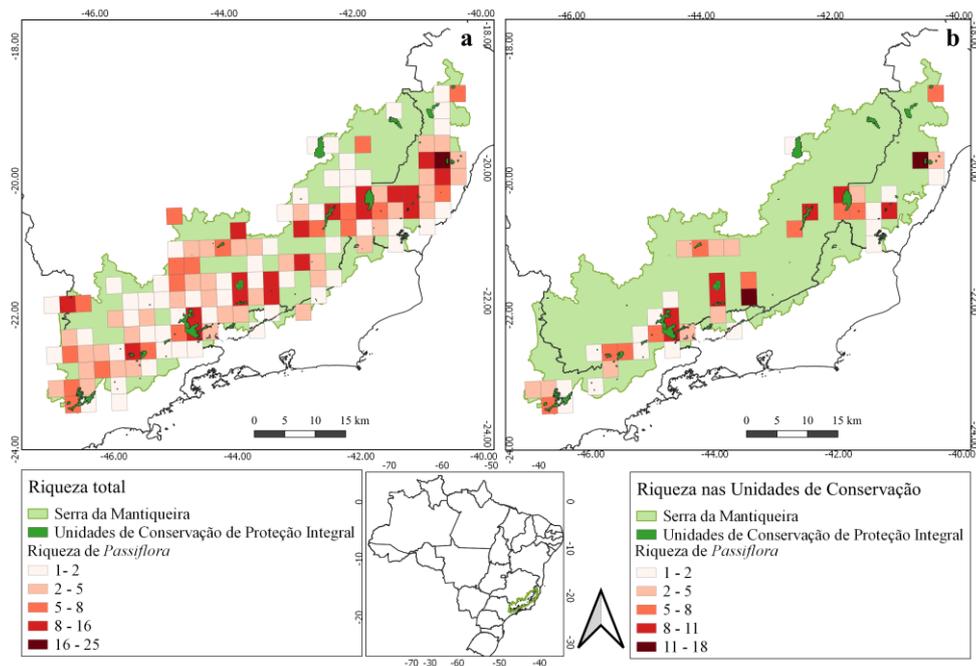


Figura 7. Estado de conservação. a Riqueza de espécies *Passiflora* considerando a área total da Serra da Mantiqueira. b Riqueza de espécies de *Passiflora*, considerando somente unidades de conservação de proteção integral na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil

4. Discussão

Entre as espécies de *Passiflora* que ocorrem na SM, 18 são endêmicas do domínio Atlântico (BFG 2018). Considerando o estado de conservação, de acordo com a lista oficial nacional de espécies da flora ameaçadas de extinção, três espécies são categorizadas como Ameaçadas (EN), (MMA 2014): *P. hatschbachii*, *P. margaritae* e *P. setulosa*. Na lista das espécies ameaçadas de extinção do estado de São Paulo, *P. malacophylla* é categorizada como Extinta (EX) e *P. campanulata* Mast., *P. racemosa* e *P. setulosa* são categorizadas como Extinta na Natureza (EW) (SMA-SP) 2016). Porém, entre as espécies citadas nesta lista, nenhuma apresentou registro na região SM delimitado para o estado de São Paulo.

Nossos resultados indicam *P. hatschbachii* e *P. margaritae* como Deficientes de Dados para amplitude de distribuição no SM (Tabela 1) com apenas um registro (da

década de 90). Portanto, ambas as espécies requerem mais atenção, devido à ameaça de extinção nesta região. De acordo com Bernacci et al. (2013), essas espécies estão sob constante ameaça, seja pelos impactos causados pela construção de rodovias ou pela substituição da vegetação natural por cultivos permanentes, exploração de madeira, florestas plantadas e pastagens.

Nossos resultados para *P. setulosa* compreendem cinco registros para a área da SM dentro do estado de Minas Gerais (coletas de 1999 a 2011). Bernacci et al (2013) justificaram a classificação como EN com base na baixa representatividade da espécie em coleções científicas, citando o último registro datado de 1993 para o estado do Paraná (Sul do Brasil). Como os registros deste estudo ocorrem fora das UC's, a falta de proteção aliada ao processo de perda de habitat ao longo de suas áreas de ocorrência, mantém as espécies sob grande risco de extinção. Já a espécie *P. campanulata*, embora considerada extinta regionalmente no estado de São Paulo, apresenta suas populações protegidas em várias UC's do SM de Minas Gerais e do Rio de Janeiro (ex: PNI, PEIB, PNC), com uma frequência considerável de registros (Tabela 1; Material Complementar, Fig. 9).

De acordo com a lista da fauna e flora ameaçadas de extinção do estado do Espírito Santo (Fraga et al. 2019), nove espécies de *Passiflora* da SM estão ameaçadas de extinção: *P. auriculata* (CR), *P. cacao* (CR), *P. filamentosa* Cav. (EN), *P. foetida* (VU), *P. junqueirae* Imig & Cervi (CR), *P. malacophylla* (VU), *P. margaritae* (EN), *P. miersii* Mast. (VU) e *P. sidifolia* M.Roem. (VU). Essa indicação corrobora nossos resultados para *P. auriculata*, *P. cacao*, *P. filamentosa*, *P. foetida*, *P. malacophylla* e *P. margaritae* (Tabela 1).

Passiflora rupestris, a única espécie endêmica do SM, foi encontrada na região da Serra Negra (Zona da Mata de Minas Gerais), crescendo em solos quartzíticos

arenosos dos campos rupestres, a 1.200m de altitude. Embora não tenha sido mencionada nas listas vermelhas nacionais ou estaduais, a classificação desta espécie como Criticamente Ameaçada (CR) foi recomendada por Bernacci et al. (2014), devido à sua ocorrência limitada. Esse argumento é reforçado aqui, devido à inexistência de novos registros para esta espécie após sua descrição.

O gênero *Passiflora* possui ampla distribuição em todo o território brasileiro (BFG 2018). Em Minas Gerais, existem 52 espécies inventariadas (Imig et al. 2018), no estado de São Paulo 46 spp., No estado do Rio de Janeiro 40 spp. (BFG 2018) e no estado do Espírito Santo 29 spp. (BFG 2018). Considerando a cobertura geográfica da região de SM, esta cordilheira apresentou um alto grau de riqueza de *Passiflora*, uma vez que foram registradas 50 espécies. Outros grupos da flora também demonstram riqueza significativa no SM, como *Dorstenia* L. (Moraceae 14 spp.) (Santos et al. 2016), *Ficus* L. (Moraceae 17 spp.) (Pelissari e Romaniuc-Neto 2013), Cactaceae (33 spp.) (Gonzaga et al. 2018), Gesneriaceae (56 spp.) (Pereira 2019) e Myrtaceae (354 spp.) (Antunes 2020).

O estado de Minas Gerais apresentou a área com maior esforço de coleta (quadricula 30), reflexo do levantamento taxonômico de Passifloraceae realizado no PESB (Moraes et al. 2018). Outros locais dentro do mesmo estado também apresentaram altos graus de amostragem e riqueza de *Passiflora*, como o PNC (quadricula 21), PNI (quadricula 105), Parque Estadual da Serra do Papagaio (quadricula 105) e microrregião do município de Viçosa (quadricula 39). Essas áreas são constantemente visitadas por expedições científicas, devido à sua diversidade florística e proximidade de centros de pesquisa e foram cobertas em estudos florísticos publicados de Passifloraceae (por exemplo, Fontes et al. 2013; Santana et al. 2018). Além do efeito amostral, algumas variáveis ambientais como temperatura e

precipitação, além da maior extensão de florestas preservadas, podem ter influenciado a distribuição da riqueza (Fig. 7b).

O estado do Espírito Santo apresentou a área com maior riqueza de *Passiflora* (quadricula 13; 25 spp.). Este ponto está localizado em sua região montanhosa, assim como o Instituto Nacional da Mata Atlântica, responsável por extensas pesquisas científicas ao longo de 70 anos desde sua fundação (Gonçalves 2018). Esta região ainda preserva uma densa floresta e abriga duas importantes UC's: a Reserva Biológica Augusto Ruschi e a Estação Ecológica de Santa Lúcia, locais de diversos levantamentos florísticos (eg, Thomaz e Monteiro 1997; Goldenberg e Reginato 2006; Kollmann 2006; Wendt et al. 2010; Saiter et al. 2011).

De acordo com Werneck et al. (2011), a região e região serrana do Rio Doce, na porção central do estado do Espírito Santo, é considerada um dos centros de endemismo da Mata Atlântica. Embora nossos dados não tenham indicado a ocorrência de espécies endêmicas, esta região abriga algumas espécies raras, como: *P. auriculata* (uma única coleção), *P. cacao* (uma única coleção), *P. edmundoi* (oito coleções), *P. margaritae* (registro de material de tipo apenas) e *P. racemosa* (três coleções).

Apesar de representar a maior riqueza e o maior número de novas ocorrências registradas recentemente para o Espírito Santo, nossos resultados indicam uma lacuna de conhecimento que se estende entre as microrregiões do Vale do Rio Doce e o noroeste do estado (na porção setentrional da SM), como também observado em outros estudos (Pereira 2019). Associado à falta de coleções é importante destacar que esta região apresenta vegetação extremamente degradada, em decorrência da exploração agrícola pela cafeicultura, pecuária e atividade madeireira, intensificada com a implantação da ferrovia, construída em meio à floresta durante década de 1910 (Espindola e Wendling 2008; Ferreira e Silva 2011).

A análise de similaridade da composição florística corroborou a divisão geomorfológica do SM em porções Setentrional e Meridional, conforme RADAMBRASIL (1983). Na porção Setentrional da Mantiqueira, a análise de similaridade mostrou uma composição de *Passiflora* mais diversa, enquanto a porção Meridional apresentou uma composição mais homogênea, com menor variação na ocorrência de espécies e maior similaridade (Fig. 6). De acordo com a vegetação composta por SM, a porção setentrional é composta principalmente por floresta estacional semidecidual (FES) e uma pequena área de floresta ombrófila densa (FOD), floresta ombrófila aberta (FOA) e refúgios vegetais. A porção Meridional compreende um mosaico de FES, FOD, floresta ombrófila mista, savanas e área de tensão ecológica (Fig. 1b). Além disso, a porção setentrional possui uma grande área com altitudes de 50 a 500m, enquanto a porção meridional compreende áreas acima de 500 m (Fig. 5).

Pereira (2019), estudando Gesneriaceae (56spp.), Também apresentados dois grandes agrupamentos semelhantes na SM, dissociando as duas regiões geomorfológicas e o alto grau de riqueza na porção Setentrional, reforçando essa delimitação. Para outras famílias, como Cactaceae, Gonzaga et al. (2018) apresentou um padrão de distribuição diferente, com uma análise de similaridade de dados em cinco agrupamentos. Exceto pelo grupo com maior riqueza, o restante não apresentou um padrão claro de distribuição, sendo influenciado principalmente pela presença de espécies com grande distribuídas e generalistas.

Cerca de 32% das espécies inventariadas para a SM apresentaram ocorrência restrita à porção Setentrional. *Passiflora kermesina* Link & Otto (16 quadriculas) e *P. speciosa* (23 quadriculas) foram as mais representativas, com ampla distribuição e ocorrendo em vários tipos de ambiente, como bordas e interior de floresta, capoeiras e capoeirões (Cervi 1997; Cervi e Dunaiski-Junior 2004; Mezzonato-Pires et al. 2013;

BFG 2018; Moraes et al. 2018). *Passiflora kermesina* também é típica dos campos rupestres, planícies costeiras arenosas (restingas), caatinga e savanas (cerrado), enquanto *P. speciosa* é uma liana lenhosa frequentemente registrada no sub-bosque, em áreas sombreadas com alta umidade (Moraes et al. 2018)

Na porção Meridional, cerca de 20% das espécies apresentaram amplitude de distribuição restrita e menor. O maior grau de amostragem foi registrado para *P. mendoncae* Harms, uma espécie encontrada em zona de transição de campos para florestas, ocorrendo normalmente em ambientes mais frios de floresta ombrófila densa (Bernacci 2003; Scherer 2014; BFG 2018). Além disso, *P. mendoncae*, juntamente com *P. setulosa* e *P. truncata*, está restrito ao domínio do Atlântico Sul *P. setacea* DC está restrito à porção setentrional do SM. Esses dois grupos de espécies são, respectivamente, restritos ao Sul e ao Norte na SM, coincidindo com a divisão histórica das espécies descritas para este domínio (por exemplo, Fiaschi e Pirani 2009; Scherer 2014).

Um decréscimo na riqueza de espécies de *Passiflora* foi registrada em altitudes acima de 1.500 m, a menor ocorrência e riqueza sendo observada para os campos de altitude (1.700–2.500 m). Nossos resultados corroboram estudos que apontam para uma redução na riqueza e diversidade de lianas à medida que a altitude aumenta e a temperatura diminui (Schnitzer e Bongers 2002; Mohandass et al. 2017).

O baixo grau de riqueza observado em altitudes mais baixas (0-50 m) seguido por um pico em elevações intermediárias (500-1.500 m) contrasta com o padrão esperado de declínio linear por altitude (Rahbek 1995), mas está de acordo com o conceito do efeito de domínio médio (MDE), com uma sobreposição da distribuição das espécies em altitudes intermediárias (Colwell e Lees 2000). Este padrão de distribuição altitudinal foi observado de forma semelhante na Colômbia, com maior riqueza de

Passifloraceae acima de 1.000 m de altitude e baixa ocorrência em altitudes mais baixas (Pérez et al. 2007).

A baixa riqueza e ocorrência de espécies de *Passiflora* na categoria de altitude abaixo de 50 m pode ser justificada pela concentração de UC's em altitudes mais elevadas, além da influência da pressão antrópica que gerou perda de cobertura florestal nessas áreas. Embora várias espécies de *Passiflora* possam ocorrer em ambientes alterados, como bordas, margens de estradas, capoeiras e vegetação secundária (Cervi 1997; Milward-de-Azevedo et al. 2012; Moraes et al. 2018), os resultados reforçam a importância das florestas para mantendo uma alta diversidade de espécies.

Novos estudos florísticos e taxonômicos para a SM podem revelar um número ainda maior de espécies, além da descrição de novos táxons para este gênero, visto que várias quadriculas com riqueza significativa ainda não possuem um esforço amostral máximo. De acordo com os valores de riqueza de espécies e registro de ocorrência encontrados para *Passiflora* e considerando que foram encontradas em UC's em altitudes acima de 500 m, onde a cobertura florestal costuma ser mais bem preservada, a conservação dos fragmentos florestais do SM torna-se extremamente importante para a manutenção de diversidade de Passifloraceae.

Referencias

- Antunes K (2020) Myrtaceae Juss. da Serra da Mantiqueira, Sudeste do Brasil: distribuição, serviços conservação. Thesis, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Juiz de ecossistêmicos e Fora.
- Bernacci LC, Mezzonato-Pires AN, Salimena FRG (2014) A new threatened species of *Passiflora* Section *Decaloba* (Passifloraceae) from Minas Gerais State, Brazil. Syst Bot 39(2): 517-522. Doi:10.1600/036364414X680799.

- Bernacci LC, Cervi C, De-Giovanni, Borges RAX, Hering RLO, Penedo TSA, Santos-Filho LAF (2013) Passifloraceae. In: Martinelli G, Moraes MA (Orgs.) Livro Vermelho da Flora do Brasil, 1 ed. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro, pp 830-834.
- Bernacci LC, Cervi AC, Milward-de-Azevedo MA (2011) Passifloraceae. In: Wanderley MGL, Shepherd GJ, Martins SE, Estrada TEMD, Romanini RP, Koch I, Pirani JR, Melhem TS, Giuliatti AM, Kinoshita LS, Magenta MAG, Wagner HML, Barros F, Lohmann LG, Amaral MCE, Cordeiro I, Aragaki S, Bianchini RS, Esteves GL. Checklist das Spermatophyta do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop* 11: 193-390.
- Bernacci LC, Melletti LMM, Soares-Scott MD, Passos IRS, Junqueira NTV (2005) Espécies de maracujá: Caracterização e Conservação da biodiversidade. In: Faleiro FG, Junqueira NTV, Braga MF (Ed.). Maracujá: germoplasma e Melhoramento genético. EMBRAPA, Planaltina, pp 559-586.
- Bernacci, LC (2003) Passifloraceae. In: Wanderley MGL, Shepherd GJ, Melhem TS, Giuliatti AM, Kirizawa M (eds) Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. Instituto de Botânica, São Paulo, v 3, pp 247-274.
- BFG - The Brazil Flora Group (2018) Brazilian Flora 2020: Innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). *Rodriguésia* 69: 1513-1527. Doi:10.1590/2175-7860201869402.
- Borges KF (2016) Diversidade de Passifloraceae s.s no Espírito Santo. Dissertação, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- Borges KF, Milward-de-Azevedo MA (2017) Passifloraceae *sensu stricto* do Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça, Espírito Santo, Brasil. *Rodriguésia* 68(5): 1939-1949. Doi:10.1590/2175-7860201768525.

- Cazé ALR, Kriedt RA, Beheregaray LB, Bonatto SL, Freitas LB (2012) Isolation and characterization of microsatellite markers for *Passiflora contracta*. *Int J Mol Sci* 13: 11343-11348. Doi:10.3390/ijms130911343.
- Cervi AC (1996) Passifloraceae da região de Carangola – Minas Gerais, Brasil. *Pabstia*: 1-32.
- Cervi AC (1997) Passifloraceae do Brasil. Estudo do gênero *Passiflora* L., subgênero *Passiflora*. *Fontqueria* 45: 1-92.
- Cervi AC, Dunaiski-Junior A (2004). Passifloraceae do Brasil: Estudo do gênero *Passiflora* L., subgênero *Distephana* (Juss.) Killip. *Rev Estud Biol* 26: 45-67. Doi:10.7213/reb.v26i55.21650.
- CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (1983) Diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais. CETEC, Belo Horizonte v 1, pp1-158.
- Colwell RK, Lees DC (2000) The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends Ecol Evol* 15: 70-76. Doi:10.1016/S0169-5347(99)01767-X.
- COPAM (2008) Lista das Espécies Ameaçadas de Extinção da Flora do Estado de Minas Gerais. Conselho Estadual de Política Ambiental, Minas Gerais, 367: 48 pp.
- Drummond GM, Martins CS, Machado ABM, Sebaio FA, Antonini Y (Orgs.) (2005) Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação, 2 ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, pp 94-106.
- Espindola HS, Wendling IJ (2008) Elementos biológicos na configuração do território do rio Doce. *Varia Hist* 24: 177-197.
- Faleiro GF, Junqueira NTV, Junghans TG, Jesus ON, Miranda D, Otoni WC (2019) Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. *Rev Bras Frutic* 41(2): 1-17.

Doi:10.1590/0100-29452019155.

Farinazzo NM, Salimena FRG (2007) Passifloraceae na Reserva Biológica da Represa do Gramma, Descoberto, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 58: 823-833.

Ferreira PF, Silva AG (2011) A história de degradação da cobertura vegetal da região costeira do estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil. *Nat on line* 9: 10-18.

Fiaschi P, Pirani J (2009) Review of plant biogeography studies in Brazil. *J Syst Evol* 47: 477-496. Doi:10.1111/j.1759-6831.2009.00046.x.

Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso 1 May 2019.

Fontes AL, Fonseca RSF, Bernacci LC, Vieira MF (2013) Passifloraceae da Mata do Paraíso. In: Reserva Florestal Mata do Paraíso, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Rapid Color Guide*, n 374.

Fraga CN, Formigoni MH, Chaves FG (Orgs.) (2019) Fauna e flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. Instituto Nacional da Mata Atlântica, Santa Teresa, pp 1-432.

Furtado SG, Menini Neto L (2018) Diversity high up: A cloud forest of the Serra da Mantiqueira as a vascular epiphyte hotspot. *Rodriguésia* 69(2): 263-279. Doi:10.1590/2175-7860201869201.

Furtado SG (2020) Biogeografia de epífitas vasculares na Serra da Mantiqueira, Sudeste do Brasil. Thesis, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Juiz de Fora.

Goldenberg R, Reginato M (2006) Sinopse da família Melastomataceae na Estação Biológica de Santa Lúcia, Santa Teresa, Espírito Santo. *Bol Mus Biol Mello Leitão* 20: 33-58.

- Gonçalves AS (2018) A militância conservacionista de Augusto Ruschi: Práticas científicas e estratégias políticas na construção da biologia e da conservação da natureza no Brasil (1937-1986). Thesis, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, pp 1-320.
- Gonzaga DG, Peixoto AL, Menini Neto L (2018) Patterns of richness and distribution of Cactaceae in the Serra da Mantiqueira, Southeast Brazil, and implications for its conservation. *Acta Bot Bras* 33: 1-9. Doi:10.1590/0102-33062018abb0178.
- IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics (1992) Mapa de vegetação do Brasil. <http://mapas.mma.gov.br/mostratema.php?temas=vegetacao>. Acessado 20 August 2019.
- IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics (2019) <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html/>. Acessado 10 May 2019.
- Imig DC, Cervi AC (2014) A new species of *Passiflora* L. (Passifloraceae), from Espírito Santo, Brazil. *Phytotaxa* 186(5): 292-296. Doi:10.11646.
- Imig DC, Milward-de-Azevedo MA, Cervi AC (2018) Passifloraceae *sensu stricto* de Minas Gerais, Brasil *Rodriguésia* 69(4): 1701-1735. Doi:10.1590/2175-7860201869415.
- IPNI (2020) The international plant names index. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Gardens. <http://www.ipni.org>. Acessado 10 September 2019.
- IUCN – International Union for Conservation of Nature (2012) Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and National Levels: Version 4.0 Gland, Switzerland and Cambridge, UK IUCN.

<https://www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria>. Acessado 11 August 2019.

JABOT – Banco de Dados da Flora Brasileira. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico.

<http://jabot.jbrj.gov.br/v3/consulta.php>. Acessado 1 May 2019.

Kollmann LJC (2006) Begoniaceae da Estação Biológica de Santa Lúcia, município de Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil. *Bol Mus Biol Mello Leitão* 20(1): 7–25.

Laffan SW, Lubarsky E, Rosauer DF (2010) Biodiverse, a tool for the spatial analysis of biological and related diversity. *Ecography* 33: 643-647. Doi:10.1111/j.1600-0587.2010.06237.x.

Lima TT (2008) Bromeliaceae da Serra da Mantiqueira: distribuição geográfica e conservação. Dissertação, Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, São Paulo.

Machado-Filho L, Ribeiro MW, Gonzalez SR et al. (1983) Geologia. In: Projeto RADAMBRASIL. Folhas SF: 23/24. Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro v 32, pp 1-779.

Martinelli G, Martins E, Moraes M, Loyola R, Amaro R (Orgs.) (2018) Livro Vermelho da Flora Endêmica do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro v 1, pp 1-456.

Meireles LD (2009) Estudos florísticos, fitossociológicos e fitogeográficos em formações vegetacionais altimontanas na Serra da Mantiqueira Meridional, sudeste do Brasil. Thesis, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, pp 1-262.

Mendes Junior LO, Antoniazzi M, Vieira MCW, Susemihl P (1991) Relatório da Mantiqueira. FEDAPAM, São Paulo.

- Mezzonato-Pires AC, Salimena FRG, Bernacci LC (2013) Passifloraceae na Serra Negra, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 64(1): 123-136. Doi:10.1590/S2175-78602013000100011.
- Mezzonato-Pires AC, Mendonça CBF, Milward-de-Azevedo MA, Gonçalves-Esteves V (2017) Distribution extensions for species of the *Passiflora* subgenus *Astrophea* (DC.) Masters from Brazil (Passifloraceae s.s.). *Check List* 13(5): 467–473. Doi:10.15560/13.5.467.
- Mezzonato-Pires AC, Imig D, Bernacci LC, Milward-de-Azevedo MA, De Giovanni R, Amaro R, Negrão R, Dreverck S, Novaes L, Wimmer F, Oliveira IL (2018) Passifloraceae. In: Martinelli G, Martins E, Moraes M, Loyola R, Amaro R (Orgs.) Livro Vermelho da Flora Endêmica do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro v 1, pp 1-456.
- Milward-de-Azevedo MA (2007) Passifloraceae do Parque Estadual de Ibitipoca, Minas Gerais. *Boletim de Botânica, Universidade de São Paulo* 25(1): 71-79. Doi:10.11606/issn.2316-9052.v25i1p71-79.
- Milward-de-Azevedo MA (2014) Passifloraceae. In: Baumgratz JFA, Coelho MAN, Peixoto AL, Mynssen CM, Bediaga BEH, Costa DP, Dalcin E, Guimarães EF, Martinelli G, Silva DSP, Sylvestre LS, Freitas MF, Morim MP, Forzza RC (Orgs) Catálogo das Espécies de Plantas Vasculares e Briófitas do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://florariojaneiro.jbrj.gov.br/>. Acessado 10 August 2019.
- Milward-de-Azevedo MA, Baumgratz JFA, Gonçalves- Esteves VA (2012) Taxonomic revision of *Passiflora* subgenus *Decaloba* (Passifloraceae) in Brazil. *Phytotaxa* 68(1): 1-68. Doi:10.11646/phytotaxa.53.1.1.

- MAA - Ministério do Meio Ambiente (2014) Portaria MMA n° 443, de 17 de dezembro de 2014. Lista nacional oficial de espécies da flora ameaçada de extinção. Diário Oficial da União, 18/12/2014, Section 1, pp 110-121. http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf. Acessado 23 September 2019.
- Moat J (2007) Conservation assessment tools extension for ArcView 3.x, version 1.2. GIS Unit, Royal Botanic Gardens, Kew. <http://www.rbgekew.org.uk/gis/cats>. Acessado 20 September 2019.
- Mohandass D, Campbell MF, Hughes AC, Mammides C, Davidar P (2017) The effect of altitude, patch size and disturbance on species richness and density of lianas in montane forest patches. *Acta Oecol* 83: 1-14. Doi:10.1016/j.actao.2017.06.004.
- Moraes AM, Milward-de-Azevedo MA, Faria APG (2018) Passifloraceae *sensu stricto* no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 69(2): 815-840. Doi:10.1590/2175-7860201869238.
- Nunes TS (2009) Estudos biosistemáticos em *Passiflora* L. subgênero *Deidamioides* (Harms) Killip (Passifloraceae). Thesis, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia.
- Pelissari G, Romaniuc-Neto S (2013) *Ficus* (Moraceae) da Serra da Mantiqueira, Brasil. *Rodriguésia* 64(1): 91-111. Doi:10.1590/S2175-78602013000100009.
- Pereira LC (2019) Biogeografia, conservação e sinopse taxonômica de Gesneriaceae na Serra da Mantiqueira, região sudeste do Brasil. Dissertação, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.
- Pérez JO, d'Eeckenbrugge GC, Restrepo M, Jarvis A, Salazar M, Caetano C (2007) Diversity of Colombian Passifloraceae: biogeography and an updated list for conservation. *Biota Colomb* 8(1): 1-45.

- Pérez JO, d'Eeckenbrugge GC (2017) Morphological characterization in the genus *Passiflora* L.: as approach to understanding its complex variability. *Plant Sys Evol* 303: 531-558. Doi:10.1007/s00606-017-1390-2.
- QGIS Development Team (2019) Sistema de Informações Geográficas do QGIS. Projeto Código Aberto Geospatial Foundation. <http://qgis.osgeo.org>.
- RADAMBRASIL (1983) Levantamento dos Recursos Naturais. Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Ministério de Minas e Energia, Secretaria Geral. Rio de Janeiro v 1, pp 1-779.
- RADAMBRASIL (1987) Rio Doce: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Folha SE. 24. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Continuação da série editado do extinto. Rio de Janeiro, IBGE, v 1, pp 1-550.
- Rahbek C (1995) The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography* 18: 200-205.
- Reflora (2019) Herbário Virtual. <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>. Acessado 21 May 2019.
- Saiter FZ, Guilherme FAG, Thomaz LD, Wendt T (2011) Tree changes in a mature rainforest with high diversity and endemism on the Brazilian coast. *Biodivers Conserv* 20: 1921–1949. Doi:10.1007/s10531-011-0067-3.
- Salimena FRG, Matozinhos CN, Abreu NLA, Ribeiro JHC, Souza FS, Menini Neto L (2013) Flora fanerogâmica da Serra Negra, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 64(2): 311-320. Doi:10.1590/S2175-78602013000200008.
- Santana LD, Ribeiro JHC, Ivanauskas NM, Carvalho FA (2018) Estrutura, diversidade e heterogeneidade de uma Floresta Ombrófila Mista Altomontana em seu extremo norte de distribuição (Minas Gerais). *Cienc Florest* 28: 567-579.

- Santiago DS, Oliveira-Filho AT, Menini Neto L, Carvalho FA, Salimena FRG (2018) Floristic composition and phytogeography of an *Araucaria* Forest in the Serra da Mantiqueira, Minas Gerais, Brazil. *Rodriguésia* 69(4): 1909-1925. Doi:10.1590/2175-7860201869426.
- Santos A, São José PA, Viana-Filho M, Romaniuc-Neto S (2016) *Dorstenia* (Moraceae) da região da Serra da Mantiqueira, Brasil. *Rodriguésia* 67(1): 237-250. Doi:10.1590/2175-7860201667112.
- Santos-Silva F, Cardoso PH, Tavares-Silva P, Cabral A (2019) Winteraceae R.Br. *Ex Lindl.* na Serra da Mantiqueira, Brasil. *Bol Bot Univ São Paulo* 37: 59-67. Doi: 10.11606/issn.2316-9052.v37ip59-67.
- Scherer CC (2014) Conservação filogenética de nicho climático para espécies do gênero *Passiflora* L. (Passifloraceae) com ocorrência no Brasil. Dissertação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Schnitzer AS, Bongers F (2002) The ecology of lianas and their role in forests. *Trends Ecol Evol* 17: 223-230.
- Silva PT (2016) Distribuição e diversidade da família Myrtaceae na Serra da Mantiqueira. Dissertação, Universidade Federal de Juiz de Fora.
- SMA-57 Resolução (2016) Segunda revisão da lista oficial das espécies da flora ameaçadas de extinção no Estado de São Paulo. Secretaria do Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 31 pp. http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/jardimbotanico/2017/04/resolucao-sma-057-2016-subst-300616-1_especies-ameacadas-de-extincao.pdf. Acessado 20 September 2019.

- SpeciesLink (2019) Sistema de informação distribuído para coleções biológicas: a integração do SpeciesAnalyst e do SinBiota (FAPESP). Centro de Referência em Informação Ambiental-CRIA. <http://splink.cria.org.br/>. Acessado 1 May 2019.
- Tropicos.org (2019) Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>. Acessado 10 September 2019
- Thomaz LD, Monteiro R (1997) Atlantic Forest floristic composition for the slopes of the Santa Lúcia Biological Station, municipality of Santa Teresa - ES. Bol Mus Biol Mello Leitão (Nova Série) 7: 3-48.
- Ulmer T, McDougal JM (2004) *Passiflora* L. In: MacDougal JM, Feuillet C (2014) Passionflowers of the world. 1 ed. Timber press, Portland, Oregon, pp 27–31.
- Ururahy JCC, Collares JER, Santos MM, Barreto RAA (1983) Vegetação. In: Projeto RADAMBRASIL. Folhas SF: 23/24. Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro v 32, pp 553-608.
- Vanderplank J (2020) *Passiflora itatiaiensis*. Passifloraceae. A new species of *Passiflora* from Brazil. Curtis's Bot Mag 37(1): 139-143.
- Várzea A (1942) Relevo do Brasil. Revista Brasileira de Geografia 4: 97-130.
- Veloso HP, Rangel-Filho ALR, Lima JCA (1991) Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Wendt T, Coser TS, Boudet-Fernandes H, Martinelli G (2010) Bromeliaceae do município de Santa Teresa, Espírito Santo: lista de espécies, distribuição, conservação e comentários taxonômicos. Bol Mus Biol Mello Leitão 27: 21-53.
- Werneck MS, Sobral MEG, Rocha CTV, Landau EC, Stehmann JR (2011) Distribution and endemism of Angiosperms in the Atlantic Forest. Natureza & Conservação 9(2): 188-193. Doi: 10.4322/natcon.2011.024.

Material Suplementar

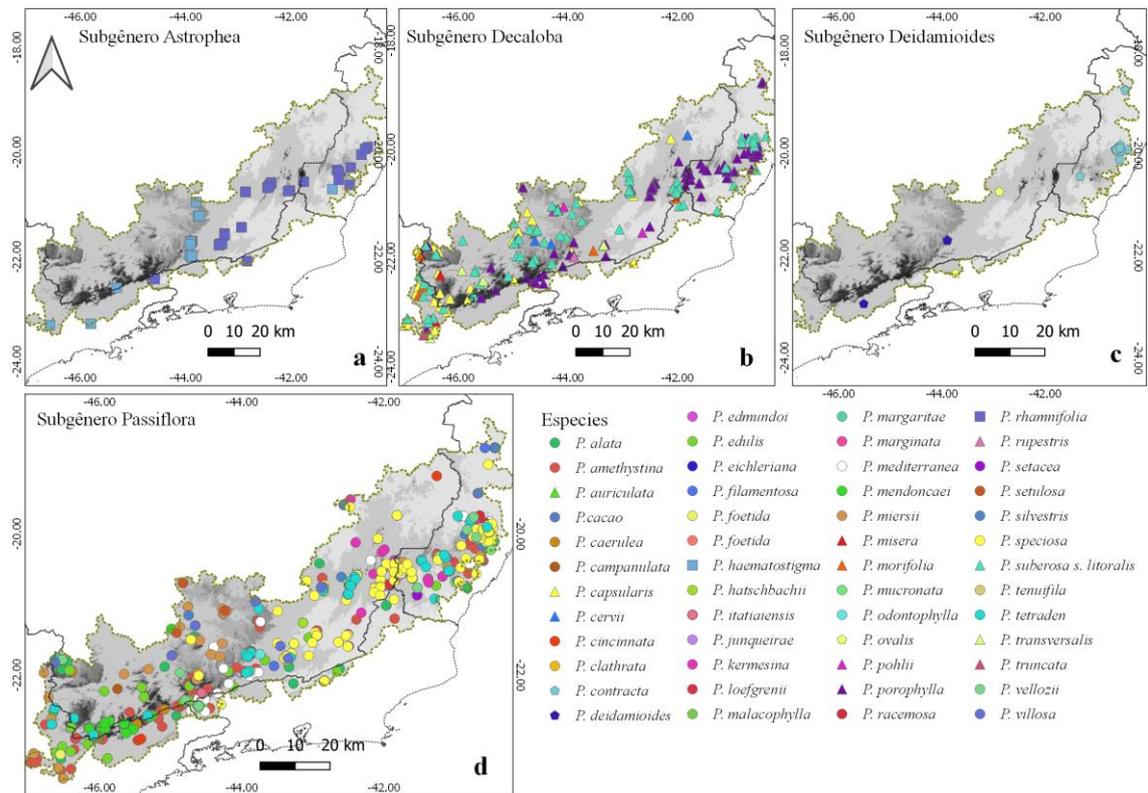


Figura 8. Distribuição de espécies de *Passiflora* (pontos coloridos) ao longo da altitude na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil. a. *P.* subg. *Astrophea*; b. *P.* subg. *Decaloba*; c. *P.* subg. *Deidamioides*; d. *P.* subg. *Passiflora*.

Capítulo 2

Influência de variáveis ambientais na variação morfológica foliar de espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.)

Manuscrito formatado segundo as normas do periódico Plant Ecology.

Abstract

Passiflora is known to have the greatest leaf plasticity among plants, however, this relationship of this variation with abiotic factors in natural populations is still poorly understood. Thus, we investigated the influence of the environment on leaf morphological variations of species of the genus *Passiflora*. The work was based on the analysis of botanical material and abiotic data collected in the field and an online database. We used non-metric multidimensional scaling analysis (NMDS) and mixed generalized linear models (GLMM) to identify the effect of these abiotic variables on morphological variation within the genus. We obtained two ordination diagrams and vectors of the environmental variables produced by the NMDS: (1) grouping of leaves by area, which showed a greater difference between the leaves of *P. amethystina* and *P. campanulata* and their relationship with the environment; (2) grouping of leaf shapes of each species, and the influence of the environment on *P. capsularis* and *P. porophylla* was nil. We selected the best models explaining leaf characters of length and width of lobes, divergent angle, lanceolate lobe and defense features (variegations and ocelli) mainly related to macroscale variables. The leaves of *P. mediterranea* and *P. capsularis* had less response to the environment. In some cases, our results seem to reflect the

environmental gradient, which is important to understand how species differ on a macro scale and indicate the path for further studies.

Keywords: Climate, Climbers, leaf plasticity, passionflowers, soil.

Resumo

Passiflora é conhecida por apresentar maior plasticidade de folha entre as plantas, entretanto a relação dessa variação com os fatores abióticos em populações naturais ainda é pouco compreendida. Com isso, investigamos a influência do ambiente nas variações morfológicas foliares em espécies do gênero *Passiflora*. O trabalho baseou-se na análise de materiais botânicos e dados abióticos coletados em campo em Unidades de Conservação e de espécimes registrados na Floresta Atlântica em banco de dados *online*. Usamos análise de escala multidimensional não métrica (NMDS) e modelos lineares generalizados mistos (GLMM) para identificar o efeito dessas variáveis abióticas na variação morfológica dentro do gênero. Obtivemos dois diagramas de ordenação e vetores das variáveis ambientais produzidos pelo NMDS: (1) agrupamento das folhas por área apresentou maior diferença nas folhas de *P. amethystina* e *P. campanulata* e relação com o ambiente; (2) agrupamento das formas das folhas de cada espécie e a influência do ambiente em *P. capsularis* e *P. porophylla* foi nula. Selecionamos os melhores modelos explicando caracteres foliares de comprimento e largura dos lobos, ângulo divergente, lobo lanceolado e características de defesa (variegações e ocelos), relacionados principalmente as variáveis em macro escala. As folhas de *P. mediterranea* e *P. capsularis* tiveram menor resposta ao ambiente. Em alguns casos, nossos resultados parecem refletir o gradiente ambiental, que é importante para entender como as espécies diferem em uma macro escala e indicam o caminho para estudos futuros.

Palavras-chave: Clima, lianas, maracujás, plasticidade foliar, solo.

1. Introdução

O gênero *Passiflora* L. (Passifloraceae *sensu stricto*) é composto principalmente por espécies de trepadeiras lenhosas ou herbáceas que se destacam por apresentar uma das mais expressivas diversidades de folhas conhecido entre as Angiospermas (Killip 1938; Ulmer e MacDougal 2004). No subgênero *Passiflora*, que é o mais representativo, as espécies com folhas lobadas geralmente variam quanto ao ângulo divergente e no tamanho dos lobos, o que acaba implicando na forma dos lobos e seus ápices.

Para espécies como *P. amethystina* J.C. Mikan, *P. capsularis* L., *P. porophylla* Vell. e *P. speciosa* Gardner, já foram relatados de três a mais de dez tipos de folhas, com diferentes formatos de ápices, base, medida dos lobos, disposição de glândulas, simetria e indumento (Milward-de-Azevedo e Baumgratz 2004; Moraes et. al 2018). A espécie *Passiflora foetida* L. (*P.* seção *Dysosmia* Feuillet & J.M. MacDougal), com suas cerca de 50 variedades intraespecíficas, exemplificam bem a grande plasticidade observada no gênero (Killip 1938; Svoboda 2015).

Em *P.* subg. *Decaloba* (DC.) Rchb., encontramos a maior plasticidade foliar do gênero *Passiflora*, nas folhas dessas espécies são observadas variações no tamanho, largura, ângulo divergente dos lobos e em caracteres de defesa da planta (Milward-de-Azevedo e Baumgratz 2004). Neste grupo existem tipos de variações nas folhas, que geralmente são mais fortes e maiores em plantas jovens, como as variegações que são usadas como forma de mimetismo das plantas para sua proteção contra patógenos (Ulmer e MacDougal 2004). Porém, esta característica ainda não é bem compreendida, sendo importante acompanhar o crescimento da planta (Ulmer e MacDougal 2004).

Embora seja de difícil comprovação, uma das hipóteses mais utilizadas para explicar a plasticidade foliar deste gênero e que necessita ser testada, está relacionada a

pressão evolutiva exercida pela herbivoria de larvas de borboletas. Como família de borboletas Nymphalidae (Nymphalinae, Heliconiinae) utilizaria o formato da folha de um maracujá como uma indicação visual para hospedar suas larvas (Castro et al. 2018). A variação foliar funcionaria como “camuflagem” para cada espécie evitar que borboletas as encontrassem para oviposição (Gilbert 1975, 1982). No entanto a origem de tal diversidade morfológica foliar ainda é especulativa.

Por outro lado, a plasticidade foliar de *Passiflora* pode estar relacionada a condições ambientais. As folhas de indivíduos de uma mesma espécie parecem diferir tanto na forma, como no comprimento e largura, de acordo com a distribuição, tipos de vegetação (Milward-de-Azevedo e Baumgratz 2004; Moraes et al. 2018) e luz do ambiente (Cappelatti 2013). A maioria dos estudos sobre a influência de fatores ambientais na variação foliar são realizados em espécies cultivadas, como *P. edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg. e *P. alata* Curtis, e investigaram o formato sob diferentes níveis de sombreamento (por exemplo, Silva et al. 2006; Freitas et al. 2012; Cutri et al. 2013) e disponibilidade de nutrientes (Freitas et al. 2012).

Os teores de nutrientes, adubação e seus efeitos nas folhas de maracujás cultivados são frequentemente relatados (ex. Carvalho et al. 2001; Lucas 2002; Freitas 2011). E sabe-se que a deficiência de macro e micronutrientes nos maracujás cultivados é detectada por sintomas visuais nas folhas como clorose internervura de folhas mais velhas (MO), morte das gemas apicais (baixo teor de Ca) e folhas menores, lobos delgados e pontiagudos (Zn) (Lima et al. 2006). E que espécies de *Passiflora* respondem de diferente forma a aclimação, *P. setacea*, por exemplo, tem maior resistência ao déficit hídrico e pode sobreviver em solos com menor capacidade de armazenamento de água por longos períodos de seca, já *P. alata* apresenta profundas alterações anatômicas, como perda na espessura do limbo (Souza et al. 2018). No

entanto, poucos estudos avaliaram a diversidade morfológica foliar de espécies nativas de *Passiflora* em condições naturais (Cappelatti 2013) e até o momento, nenhum estudo incluiu o efeito de variáveis climáticas e edáficas.

Entender a variação morfológica foliar de *Passiflora* em relação ao ambiente traz informações importantes quanto à sobrevivência, crescimento e conservação dessas espécies em diferentes condições ambientais. Com este estudo, pretendemos avaliar a influência de variáveis climáticas, solo e disponibilidade de luz na variação morfológica foliar de cinco espécies nativas de *Passiflora* do Brasil. E testar a distinção das folhas dessas espécies por população.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo - A área de estudo incluiu toda a extensão do domínio Atlântico no Brasil e cinco Unidades de Conservação (UC's) localizadas na região sudeste. A Floresta Atlântica se estende principalmente no território brasileiro, com porções entrando na Argentina e no Paraguai, e apresenta condições ambientais altamente heterogêneas (Muylaert et al. 2018; Ribeiro et al. 2009; Morellato 2000) (Fig 1). Possui um clima quente e úmido sem estação seca, um clima sazonal com uma estação seca relativamente severa e é composta principalmente por: (1) florestas tropicais em elevações baixas a médias (~1.000 m elev.) de encostas orientais da cadeia montanhosa ao longo da costa brasileira e por (2) florestas semidecíduais que se estende por toda região de planalto (> 600 m elev.) no centro e sudeste do interior do Brasil (Morellato 2000).

Além do território da Floresta Atlântica, foram selecionadas cinco Unidades de Conservação (UC's) estaduais e nacionais localizadas no sudeste do Brasil, na Serra da Mantiqueira (estados de Minas Gerais e Espírito Santo) e na Serra do Mar (estado do

Rio de Janeiro), para levantamento em populações naturais: Parque Nacional do Caparaó (PNC), Parque Nacional do Itatiaia (PNI), Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PNSO), Parque Estadual do Ibitipoca (PEIB), Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB) (Fig. 1; Fig. 2 A). Estas UC's foram escolhidas pela composição de Passifloraceae semelhante, o que possibilitaria a comparação, e por apresentarem diferentes vegetações.

O PNC e PESB localizam-se na porção norte da Serra da Mantiqueira, no estado de Minas Gerais (Fig. 1, triângulos branco e laranja). O PNC, localiza-se entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, possui amplo gradiente de altitude, variando de 997 a 2.890 m de altitude, vegetação de florestas do tipo ombrófila densa, estacional semidecidual montana nas altitudes mais baixas, campos de altitude acima de 1600m, e alto montana nas encostas da Serra do Caparaó e topos mais baixo (ICMBio, 2015). O PESB apresenta relevo declivoso, com formação de afloramentos rochosos e altitude superior a 1200m (Benites 2001). É constituído principalmente por vegetação de florestal estacional semidecidual montana, com características de floresta ombrófila nas partes mais elevadas, campos de altitude e com grandes áreas de floresta secundária (Minas Gerais 2007).

Já na porção sul da Serra da Mantiqueira encontra-se PNI entre os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, constituído de floresta ombrófila montana e alto montana e refugio vegetacional (Fig. 1, triangulo vermelho). Além de pequena porção de floresta ombrófila mista e densa (ICMBio 2013). O PEIB também na porção sul da Serra da Mantiqueira, é composto em grande parte por afloramento de rochas quartzíticas, com vegetação predominante de campos rupestres (Rodela e Tarifa 2002), o que o diferencia das demais UC's (Fig 1, triangulo rosa).

Por ultimo o PNSO ao contrário das demais UC's, está inserido na Serra do Mar (Fig 1, triangulo azul), no estado do Rio de Janeiro, com relevo fortemente sinuoso, com altitude variando entre 80 m a 2,275 m, é constituído por vegetação de florestas de encosta, campos de altitude, e floresta ombrófila rica em palmeiras, epífitas e arvores de grande porte (ICMBio 2008; Correa et al. 2000). Além disso, está UC é coberta por florestas primárias ou secundárias em estagio médio a avançado, com áreas muito preservadas (Correa et al. 2000).

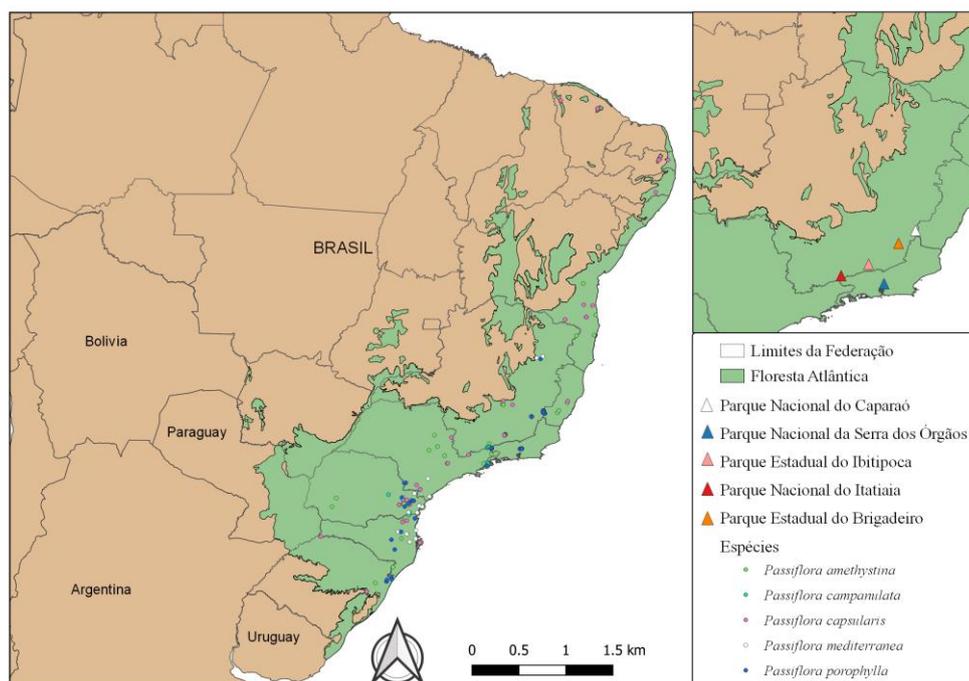


Figura 1. Mapa dos limites da Floresta Atlântica usado para levantamento no banco de dados: Unidades de Conservação (triângulos coloridos) e indivíduos das espécies amostradas na Floresta Atlântica (pontos coloridos).

2.2 Espécies estudadas - Foram selecionadas cinco espécies de *Passiflora* reconhecidas pela expressiva variação morfológica foliar observada em prévios estudos (Milward-de-Azevedo e Baumgratz 2004; Milward-de-Azevedo et al. 2012; Moraes et al. 2018; Moraes et al. 2020): *P. amethystina*, *P. campanulata* Mast. (folhas 3-lobadas, *P.* subg. *Passiflora*), *P. mediterranea* Vell. (folha simples, não lobadas, *P.* subg. *Passiflora*), *P.*

capsularis e *P. porophylla* (folhas bilobadas a trilobadas, *P.* subg. *Decaloba*). Tais espécies também foram selecionadas por apresentarem um alto número de registros em herbários e com uma amplitude de distribuição que possibilita a amostragem em diferentes condições ambientais. Com exceção de *P. campanulata*, cuja distribuição se restringe a UC's e áreas mais preservadas, as demais espécies selecionadas apresentam ampla ocorrência, principalmente na região sudeste do Brasil, e são frequentemente encontradas ao longo do domínio Atlântico.

Todas as espécies estudadas são trepadeiras nativas do Brasil. Dentre elas *P. mediterranea* e *P. campanulata* são endêmicas da Floresta Atlântica (Bernacci et al. 2020) encontradas recorrentemente em vegetação de campos de altitude e/ou rupestres, Floresta Alto Montana, com maior registro acima de 1500 m de altitude (ex. Moraes et al. 2018). *Passiflora mediterranea* também pode ser encontrada em restingas e dunas (Bernacci 2003). Já *P. amethystina* e *P. porophylla* também são encontradas no Cerrado, e *P. capsularis* ocorre por todos os domínios fitogeográficos brasileiros e em alguns países da América Latina (Bernacci et al. 2020; Milward-de-Azevedo e Baumgratz 2004; Cervi 1997).

Passiflora amethystina, *P. porophylla* e *P. capsularis* são espécies presente em vários tipos de ambientes, ocorrem frequentemente em capoeiras, beiras de estradas, trilhas, bordas e interior de florestas. *Passiflora amethystina* também está presente em encostas elevadas, brejos arbustivos e próximos a riachos (ex. Cervi 1997, Bernacci 2003, Moraes et al. 2018). *Passiflora porophylla* também pode ser encontrada em locais sombreados e úmidos nas florestas, áreas montanhosas, campos rupestres e savanas (Nunes e Queiroz 2006; Milward-de-Azevedo et al. 2012; Moraes et al. 2018). E *P. capsularis* também pode ocorrer em savanas, restingas, brejos, solos bem drenados e em formações de vegetação secundária (Bernacci 2003; Milward-de-Azevedo et al. 2012).

2.3 Coleta de dados - Dados de campo - Foram realizadas expedições científicas entre 2017 a 2019 nas cinco Unidades de Conservação (UC's), percorrendo maiores extensões possíveis e exploradas em períodos aleatórios. Durante as expedições 94 amostras botânicas (espécimes férteis e estéreis) foram coletadas e associadas a variáveis ambientais, evitando-se a coleta de indivíduos clones e/ou predados por insetos. Para cada indivíduo, foram registradas as coordenadas geográficas, elevação (m), luz do ambiente e uma amostra de solo, sempre que possível (Tabela S1). Os dados de luz foram obtidas a partir anotações sobre o ambiente, período, horário e de medições com um luxímetro, que foram confrontadas e ajustadas posteriormente para as análises.

Foram obtidas 39 amostras de solo (*P. amethystina*–9; *P. campanulata*–6; *P. capsularis*–4; *P. mediterranea*–9; *P. porophylla*–14) coletadas na base de cada indivíduo a uma profundidade de aproximadamente 30 cm, posteriormente submetidas à análise de micro e macro nutrientes (Tabela S1). Devido ao habito escandente das espécies, muitas vezes o local de onde a planta emergia do solo era difícil identificar, por isso o número de amostras de solo foi menor que o total de indivíduos coletados.

A partir das coordenadas geográficas foram extraídas 19 variáveis bioclimáticas com resolução de aproximadamente 1 Km² do banco de dados WordClim (<https://www.worldclim.org/data/index.html>). Todo material botânico em estado reprodutivo coletado em campo foi depositado no Herbário CESJ (siglas segundo Thiers, continuamente atualizados) para registro e os demais foram armazenados em laboratório. Os espécimes em estagio vegetativo foram identificados por comparação em herbário ou em campo com indivíduos em estagio reprodutivo. E através de listagens da flora e estudos descritivos de Passifloraceae já realizados nestas UC's (ex.

Milward-de-Azevedo et al. 2007; Moraes et al. 2018; Fernandes 2019; Moraes et al. 2020).

Floresta Atlântica - Para o estudo em macro escala, complementamos os dados com espécimes registradas nos limites integrados do domínio Atlântico (Muylaert et al. 2018) depositados nos herbários BHCB e CESJ (siglas segundo Thiers, continuamente atualizadas) e imagens de exsicatas de alta resolução disponíveis em coleções botânicas nas base de dados *online* SpeciesLink (<http://inct.splink.org.br/>) e Jabot (<http://rb.jbrj.gov.br/v2/consulta.php>) (Tab. S2). A identificação desses espécimes foi confirmada através determinação por especialistas, imagens e distribuição geográfica disponível na Flora do Brasil 2020 (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>). A verificação da nomenclatura foi segundo o *Tropicos* do *Missouri Botanical Garden* (disponível em: <http://www.tropicos.org/>) e IPNI (<https://www.ipni.org/>).

A partir das coordenadas geográficas dos espécimes obtidos para a Floresta Atlântica e em campo, foram extraídas 19 variáveis bioclimáticas com resolução de aproximadamente 1 Km² do banco de dados WordClim (<https://www.worldclim.org/data/index.html>) e 13 variáveis de solo do SoilGrids com resolução 250m (<https://soilgrids.org/>). Nós também obtivemos a classificação de solo (Embrapa 2002) e de vegetação disponível no Ambdata (<http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/>) (Tabela S1).

2.4 Análise morfométrica - Uma análise morfométrica foi realizados a partir de dados morfológicos quantitativos e qualitativos provenientes de 226 espécimes, coletados em populações naturais (94 registros) e obtidos de coleções botânicas (132 registros) (Tabela S2). Seleccionamos a folha mais desenvolvida de cada indivíduo a partir do quinto nó do caule para evitar estruturas jovens. No total, 16 caracteres quantitativos foram medidos e 32 caracteres qualitativos foram pontuados (Tab. 1). O número de

caracteres descritivos variou de acordo com cada espécie e a complexidade da variação morfológica encontrada nas folhas. Já os caracteres quantitativos variaram pouco entre as espécies, com algumas exceções, tais como, número de glândulas, comprimento de estipulas e medida de ângulo divergente entre os lobos em folhas lobadas (Tabela 1). A classificação dos caracteres qualitativos foi de acordo com Rizzini (1977) e estudos de Passifloraceae (Milward-de-Azevedo e Baumgratz 2004; Vanderplank 2013).

Tabela 1. Caracteres morfológicos descritivos e morfométricos usados para a discriminação de folhas.

Caracteres morfológicos (código)/ Espécie	Presença (1)	Ausência (0)	Unidade
<i>Passiflora amethystina</i>			
Ápice da folha:			
Agudo (AGU)	Sim	Obtusa/Arredondada	
Obtuso (AOB)	Sim	Agudo/Arredondada	
Lobo:			
Ascendente (ASC)	Sim	Divaricado	
Formato do lobo/folha:			
Oblongo (LOBLO)	Sim	Oblongo-Lanceolado	
Lanceolado (LLANC)	Sim	Oblongo	
Largamente-Lanceolado (LTLANC)	Sim	Não	
<i>P. capsularis</i> e <i>P. porophylla</i>			
Ápice			
Agudo (AGU)	Sim	Obtuso/Arredondado	
Formato			
Lobo lanceolado (LLAN)	Sim	Oblongo	
Bilobada (2LOB)	Sim	Trilobada	
Lobo médio proeminente (LOBPR)	Sim	Ausente	
Lobo lateral sectado (LOBS)	Sim	Não	
Subreniforme (SUBR)	Sim	Bilobada/Trilobada	
Variegação (VAR)	Presente	Ausente	
<i>P. campanulata</i>			
Formato			
Lanceolado-ovado (LOBOV)	Sim	Oblongo-Lanceolado	
Oblongo-lanceolado (LOBLAN)	Sim	Lanceolado	
Ápice da folha			
Atenuado (AAT)	Sim	Não	
Obtuso (AOB)	Sim	Agudo/Acuminado	
Base da Folha			
Cordada (BCOR)	Sim	Obtusa/Arredondada	
Margem da folha			

Inteira (INT)	Sim	Serreada	
Serreada na base (BMRGS)	Sim	Não	
Indumento			
Viloso/Ferrugínea (VILL)	Sim	Esparso	
Estípula			
Semi-ovada (ESTOVA)	Sim	Assimétrica	
Margem:			
Ligeiramente denteada (MINT)	Sim	Sectada/estipulado	
Profundamente denteada (MSEC)	Sim	Ligeiramente denteada	
Estipulada (MEST)	Sim	Não	
<i>P. mediterranea</i>			
Formato da folha			
Ovada (LOVA)	Sim	Não	
Oblongo-lanceolada (LOBLAN)	Sim	Não	
Lanceolada (LLAN)	Sim	Não	
Ápice da folha			
Acuminado (AAC)	Sim	Agudo	
Obtuso (AOB)	Sim	Agudo	
Base da folha			
Cordada (BCOR)	Sim	Truncada	
Subcordada (BSUB)	Sim	Truncada	
Coriácea (COR)	Sim	Subcoriácea	
Morfométricas:			
Nervura Central (nv_cen)	Todas spp.		cm
Largura máxima (Lg_mx)	-		cm
Largura a ¾ comprimento (Lg_3/4)	-		cm
Largura a ¼ comprimento (Lg_1/4)	-		cm
Comprimento máximo do lobo médio (Cp_lbmed)	Lobadas		cm
Largura máxima do lobo médio (Lg_lbmed)	-		cm
Comprimento máximo do lobo lateral (Cp_lblat)	-		cm
Largura máxima do lobo lateral (Lg_lblat)	-		cm
Angulo (ang)	-		Grau (°)
Comprimento máximo da estipula (Cp_est)	Exceto <i>Decaloba</i>		cm
Largura máxima estipula (Lg_est)	-		cm
Comprimento do Pecíolo (Cp_est)	Todas spp.		cm
Glândulas:			
Número no sino dos lobos (glan_sin)	<i>P. amethystina</i>		Número
Número no pecíolo (glan_pec)	Exceto <i>Decaloba</i>		Número
Oceolo (oce)	<i>P. porophylla</i>		Número

2.5 Análise estatística

2.5.1 Seleção de variáveis - Como as variáveis ambientais geralmente estão correlacionadas entre si, realizamos uma análise preliminar para seleção das variáveis finais através de matrizes de correlação, usando pacotes específicos (Murdoch e Chow 1996, Friendly 2002). Como variáveis finais, foram selecionados dados ambientais de elevação, luz do ambiente, bioclimáticas de temperatura e pluviosidade, macro e micro nutrientes do solo, pH x H₂O, matéria orgânica (MO) e propriedades do solo (Fig. 2).

Como estavam disponíveis variáveis ambientais distintas para associação com os dados morfológicos obtidos no campo e coleções botânicas as análises foram realizadas separadamente em dois grupos: A: dados de campo e B: Floresta Atlântica (banco de dados + campo) (Fig 2).

Para os dados de campo (Fig 2A), relacionamos as variações morfológicas com as variáveis ambientais de luz do ambiente, altitude, macro, micro nutrientes do solo (Ca, K, pH x H₂O, MO), bioclimáticas (Variação térmica diurna, Isotermalidade, BIO13, BIO19) e classificação do solo (Fig. 2A). Como número de amostras de solo obtidas foram menor que as demais variáveis ambientais esses dados foram utilizados somente na análise multivariada, de morfologia geral das folhas. Para *P. capsularis*, devido ao baixo número de indivíduos obtidos no campo (N = < 10 indivíduos), realizamos análises somente com registro para Floresta Atlântica (Fig. 2B).

E para os dados da Floresta Atlântica (Fig. 2B), utilizamos espécimes de coleções botânicas registrados na Floresta Atlântica somados as nossas coletas em campo (UC's) e relacionamos as variações foliares com altitude, classificação de solo, variáveis bioclimáticas e propriedades do solo (SoilGrids).

2.5.2 Morfologia geral das folhas e associação da variação abiótica.

Dados de campo - Para identificar a associação geral entre as variáveis abióticas e a variação morfológica foliar entre as populações naturais (UC's) dentro de cada espécie, conduzimos uma análise de Escalonamento Multidimensional não Métrico (NMDS). Tendo em vista que as variáveis morfológicas incluíram tanto medidas quantitativas quanto qualitativas (presença e ausência), utilizamos o índice de Gower como medida de similaridade (Gower 1971), após padronização de cada variável no intervalo de 0 a 1. As variáveis ambientais foram inseridas em vetores *a posteriori* a ordenação utilizando a função *envifit* (Oksanen et al. 2020). As análises foram conduzidas nos pacotes FD e vegan no R versão 4.0.3 (Laliberté e Legendre 2010; Oksanen et al. 2020) (Fig. 2). Os formatos foliares foram identificados nesta análise por população natural (UC's): PNC, PNI, PNSO, PEIB e PESB. E as diferenças morfológicas foliares entre os grupos (UC's) foram testadas usando análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), usando a função “adonis” do pacote pairwiseAdonis (Martinez 2020). Quando foram encontradas diferenças significativas, testes de PERMANOVA aos pares foram usados para determinar quais locais diferiam.

Floresta Atlântica – E para identificar a associação geral entre as variáveis abióticas e a variação morfológica foliar dentro de cada espécie, também conduzimos um NMDS utilizando o índice de Gower, onde também foram inseridas as variáveis ambientais em vetores *a posteriori* a ordenação. Nesta análise os principais formatos foliares de cada espécie foram classificados na análise considerando estudos anteriores (Cervi 1997; Milwad-de-Azevedo e Baumgratz 2004; Moraes et al. 2018) ou de acordo com Rizzini (1977). E a diferença entre os formatos foliares também foram testadas usando PERMANOVA, e testadas aos pares quando houve diferenças significativas. Todas as análises foram realizadas no programa R, versão 4.0.3 (R *Development Core Team* 2020).

2.5.3 Variação abiótica e atributos foliares individuais - Para avaliarmos a relação entre caracteres individuais das folhas e variáveis ambientais para cada uma das espécies, usamos o Modelo Misto Linear Generalizado com Máxima Verossimilhança Restrita, assumindo uma distribuição normal para dados morfológicos contínuos e binomiais para os qualitativos de presença e ausência com caracteres específicos para cada espécie (Bolker et al. 2009). Todos os modelos foram implementados no pacote “lme4” (Bates et al. 2015), utilizando o pacote DHARMA (Hartig 2020) para validação dos modelos. Para cada uma das variáveis morfológicas de cada espécie, selecionamos como melhor modelo aquele com os menores valores do critério de informação de Akaike para amostras reduzidas (AICc). O modelo mais simples foi selecionado no caso de diferenças nos valores de AIC inferiores a 2 (dois). Todas as análises foram conduzidas no Programa R, versão 4.0.3 (R *Development Core Team* 2020).

Dados de campo - Para a análise com os espécimes obtidas em campo consideramos como efeito fixo as propriedades variáveis climáticas (WordClim), altitude e luz do ambiente obtidas para cada indivíduo (Fig. 2A) e consideramos área de amostragem como efeito aleatório “UC”, necessário para considerar que vários indivíduos estão no mesmo local e isso pode influenciar em como estes são afetados pelas variáveis ambientais.

Floresta Atlântica – Já em macro escala consideramos como efeito fixo as propriedades químicas e físicas do solo (SoilGrids), variáveis climáticas (WordClim) e altitude (Fig 2B).

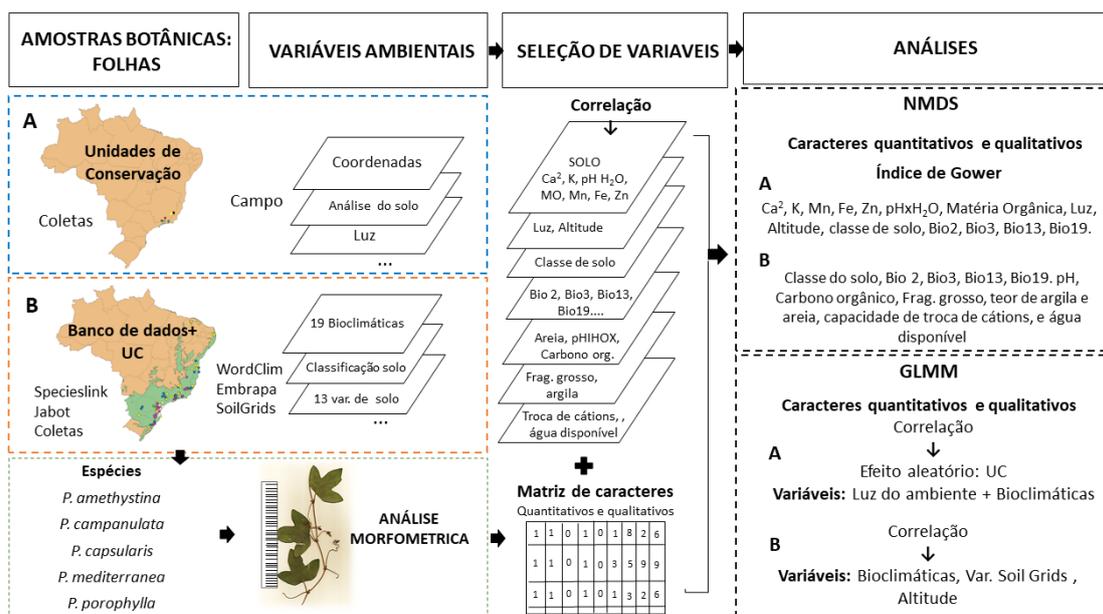


Figura 2. Fluxograma resumindo as etapas metodológicas e análises para avaliar a influência do ambiente sobre as variáveis morfológicas em *Passiflora*.

3. Resultados

3.1 Morfologia geral das folhas e associação da variação abiótica

Dados de campo - No NMDS com os dados de campo apresentaram valores de *stress* entre 10-17%. O menor valor de *stress* (9%) foi observado em *P. campanulata*, onde as folhas diferiram por localidade, ou seja, UC's ($R^2 = 0.73$; $p = 0,001$; Fig. 3b). Em menor intensidade, existe uma tendência de aglomeração de *P. amethystina* no PNI (pontos vermelhos), PNSO (pontos azuis) e PNC (pontos cinza) (Fig. 3a); e de *P. porophylla* de PNSO (pontos laranja, Fig. 3d), como indicado no diagrama de agrupamento de pontos das UC's (Fig. 3).

A análise de PERMANOVA confirmou que existe diferença no formato das folhas entre algumas localidades ($p < 0,05$), sendo que *P. campanulata* ($R^2 = 0,73$; $p = 0,001$) e *P. amethystina* ($R^2 = 0,52$; $p = 0,1$) foram as que mais difeririam por população. Em *P. campanulata*, somente as folhas de PNSO e PNC não diferiram entre si ($p > 0,05$). Já em *P. porophylla* e *P. mediterranea* somente duas populações se diferenciaram: PNC

e PNSO (PERMANOVA; $R^2= 0,30$; $p= 0.001$); PNI e PNC (PERMANOVA; $R^2= 0,30$; $p= 0.001$), respectivamente. Além disso, o diagrama do NMDS não apresentou agrupamento bem definido em *P. mediterranea* (Fig. 3c).

Quando relacionamos os resultados do NMDS com as variáveis ambientais, observamos que macro e micronutrientes, teor de MO, pH x H₂O do solo, variáveis climáticas e altitude, foram significativas para o formato foliar das espécies (Tabela 2). Ao contrário das demais, em *P. mediterranea* a elevação foi à única variável significativa (NMD1) (Fig. 3c; Tabela 2).

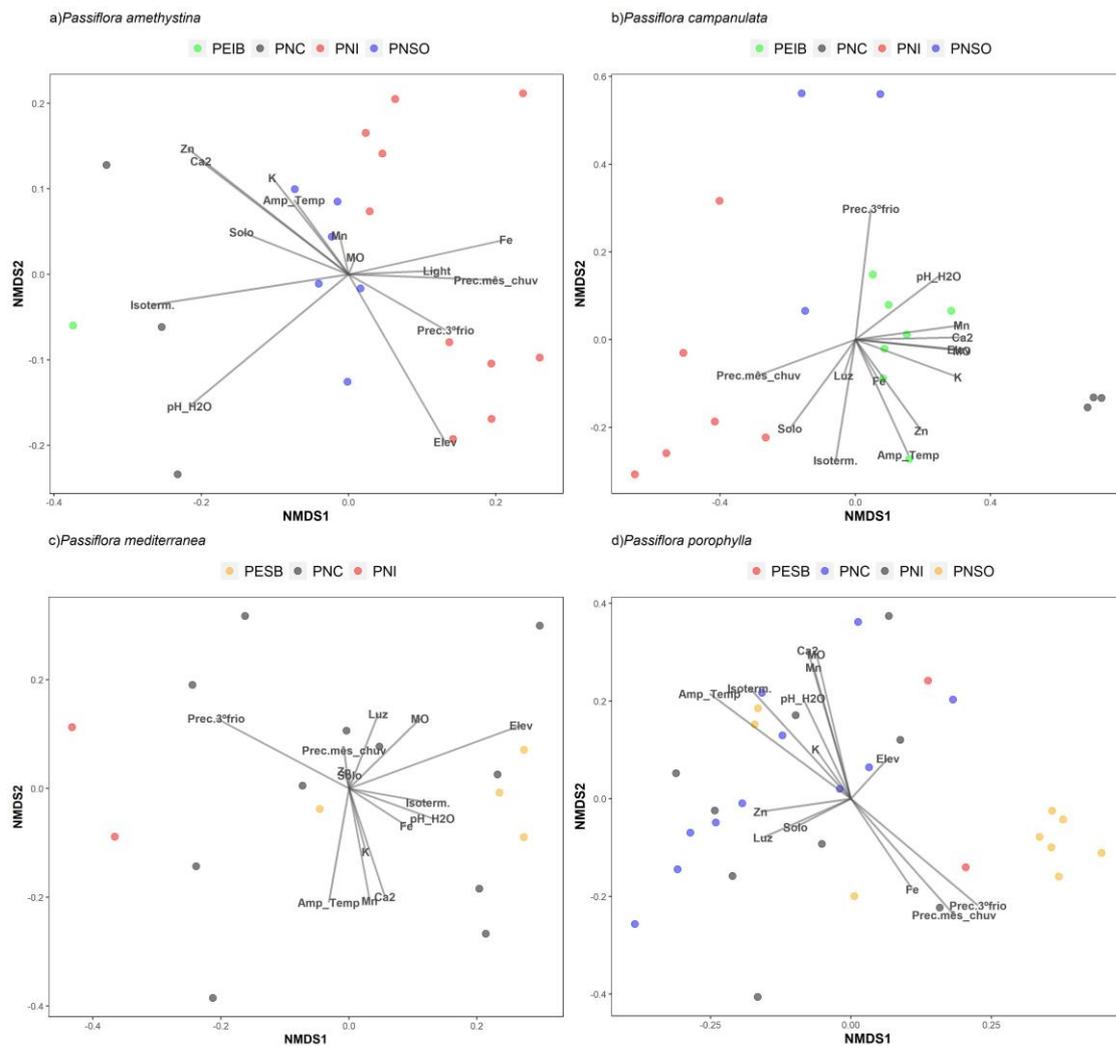


Figura 3. Diagrama de ordenação e vetores das variáveis ambientais produzidos pela análise NMDS (Escalonamento multidimensional não métrico) das matrizes de caracteres foliares de cinco espécies de *Passiflora* L obtidos em coletas nas UC's.

Tabela 2. Tabela dos vetores ambientais significativos produzidos pela análise NMDS (Escalonamento multidimensional não métrico) das matrizes de caracteres foliares de cinco espécies de *Passiflora* L obtidos em coletas nas UC's.

Espécie	Vetor ambiental	R ²	p-valor
<i>P. amethystina</i>	Elevação	0.6480	0.0459908 *
	Isotermalidade	0.8397	0.0003999***
	pH x H ₂ O	0.8213	0.0021996**
	Cálcio	0.6724	0.0329934 *
	Zinco	0.8108	0.0045991**
<i>P. campanulata</i>	Elevação	0.9314	0.045833*
	Precipitação no trimestre mais frio	0.9049	0.033333*
	Amplitude diurna média de temp.	0.9229	0.044444*
	Potássio	0.9858	0.002778**
	Cálcio	0.9962	0.005556 **
	Matéria Orgânica	0.9925	0.002778 **
	Manganês	0.9899	0.005556 **
<i>P. mediterranea</i>	Elevação	0.8490	0.005199 **
<i>P. porophylla</i>	Precipitação no trimestre mais frio	0.6543	0.003799 **
	Precipitação do mês mais chuvoso	0.6019	0.010598*
	Isotermalidade	0.5576	0.014797*
	Amplitude diurna média de temp.	0.7248	0.001600 **
	Cálcio	0.6488	0.007399 **
	Matéria Orgânica	0.6020	0.004399 **
	Manganês	0.5119	0.022595 *

*** p<0.001, ** p<0.01, *p<0.05, . p=0.05

Floresta Atlântica - No NMDS em macro escala (Fig. 4), o melhor valor *stress* obtido foi para *P. campanulata* (12%) e *P. capsularis* (14%), seguidos por *P. amethystina* (15%), *P. porophylla* (16%) e *P. mediterranea* (*stress*= 21%) (Fig, 4A-C, E). As folhas das espécies foram classificadas no NMDS por caracteres conhecidos (Fig. 4). E de acordo com análise de PERMANOVA, há diferença significativa entre todos os formatos foliares testados ($p= 0,001$) (Fig. 4). Os vetores ambientais também foram produzidos e relacionados aos formatos foliares (Tabela 3). *Passiflora amethystina* e *P. campanulata* obtiveram o maior número de vetores associados às variações morfológicas, seguido de *P. mediterranea*. Para *P. capsularis* e *P. porophylla*, nenhum vetor foi significativo ($p> 0.05$).

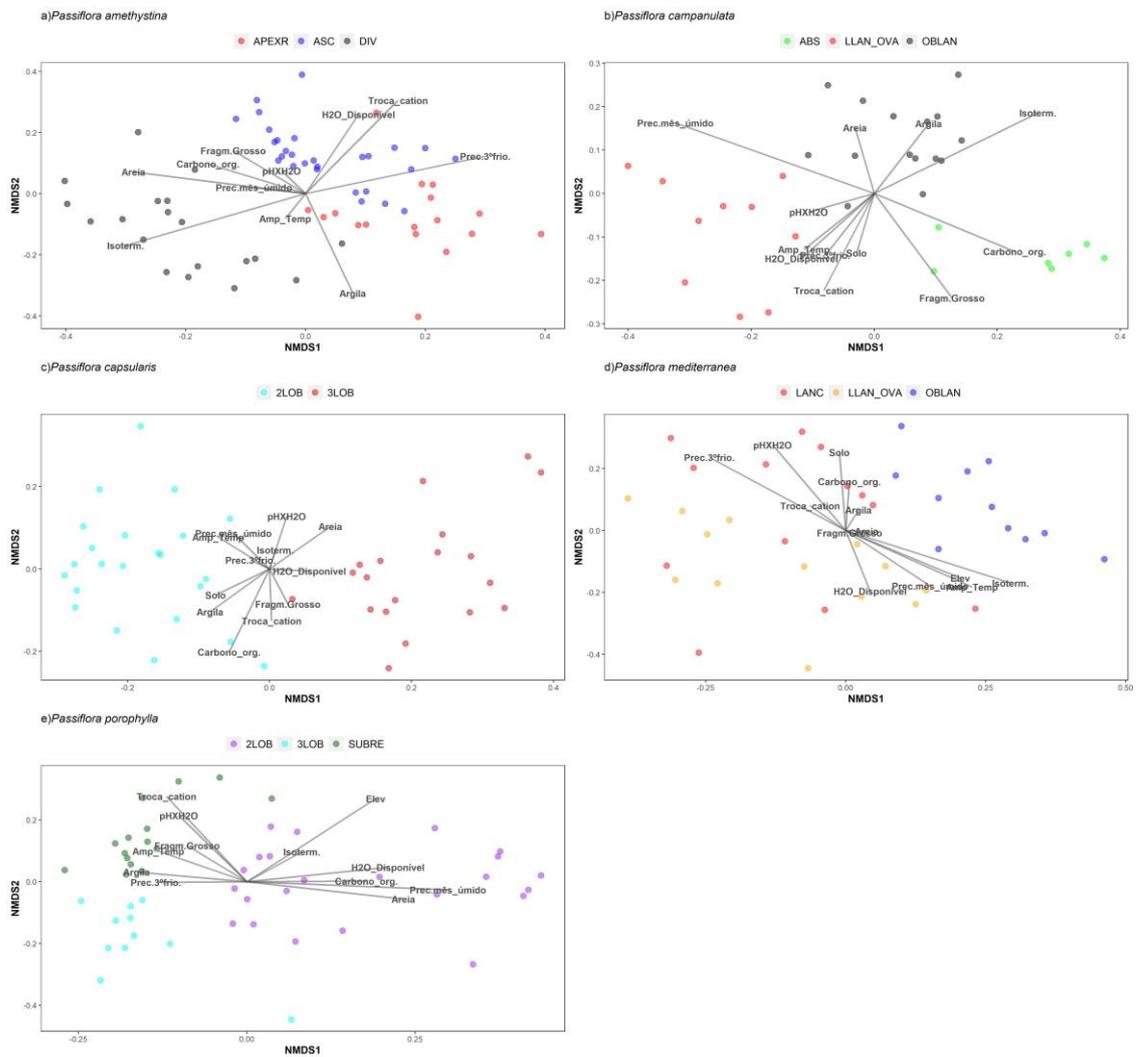


Figura 4. Diagrama de ordenação e vetores das variáveis ambientais registrados na Floresta Atlântica, produzidos pela análise NMDS (Escalonamento Multidimensional não Métrico) das matrizes de caracteres foliares das cinco espécies de *Passiflora* L. estudadas.

Tabela 3. Vetores ambientais significativos produzidos pela análise NMDS (Escalonamento multidimensional não métrico) das matrizes de caracteres foliares de cinco espécies de *Passiflora* L. registrados na Floresta Atlântica.

Espécie	Vetor ambiental	R ²	p-valor
<i>P. amethystina</i>	Precipitação no trimestre mais frio	0.1386	0.011998 *
	Isotermalidade	0.1564	0.005999***
	Teor de argila	0.1481	0.008198 **
	Capacidade de troca catiônica	0.1541	0.004999 **
	Água disponível	0.0991	0.044791 *
	Teor de areia	0.1152	0.024195 *
<i>P. campanulata</i>	Precipitação do mês mais chuvoso	0.4257	0.0005999***
	Isotermalidade	0.3433	0.0021996**
	Fragmentos grossos volumétricos	0.2402	0.0187962 *
	Teor de carbono orgânico	0.2277	0.0199960 *
<i>P. mediterranea</i>	Precipitação no trimestre mais frio	0.2441	0.02240 *
	Isotermalidade	0.2457	0.01960 *
	pH x 10 do solo em H ₂ O	0.1979	0.04339 *

*** p<0.001, ** p<0.01, *p<0.05, . p=0.05

Em *P. amethystina* as formas mais comuns agrupadas no NMDS (PERMANOVA, R²= 0,49659, p=0,001) foram: (1) lâminas com lobos ascendentes, oblongo-lanceolados a elípticos com largura mediana de 2,5 cm (1,6–4,6 cm) e ângulo médio de 57 ° (40°–60°) (ASC); (2) lâminas de lobos divaricados, lobos de largura menor (max. 3.6 cm) em relação ao comprimento, com formato lanceolado a oblongo-lanceolado e ângulo maior (62°–85°) (DIV) (Fig. 4a). O formato menos frequente foram (3) lâminas com lobos oblongos a obovados de ápice obtuso ou arredondado (APEXR) de largura maior (média 3 cm) (Fig. 5 A).

Em *P. campanulata* houve agrupamento de formatos distintos e de diferenças significativas (PERMANOVA, R²=0,58; p=0,001) entre lâminas de: (1) lobos lanceolados-ovados (LLAN_OVA) com comprimento (média 5,4 cm) e larguras dos lobos maiores (média 3,2 cm); (2) lobos são lanceolados a oblongo-lanceolados (OBLAN) de largura nos lobos menores (média 2,1 cm) e (3) lâminas e lobos de comprimento (média 2,4 cm) e largura menor (média 1,5 cm) lanceolados a oblongo-lanceolados, com indumento esparso e/ou ausência de glândulas (ABS) (Fig. 4b; Fig. 5 B).

Em *P. capsularis*, o NMDS formou dois grupos distintos (PERMANOVA, $R^2=0.4598906$; $p=0,001$) com folhas: (1) bilobadas com lobos laterais curtos (média 3,8 cm) ou alongados (média 5,4 cm) (2LOB) e (2) trilobadas com lobos laterais curtos (média 2,9 cm) (3LOB), com lobos médios proeminentes ou não e todos com ápice agudo a obtuso (Fig. 4c; Fig. 5C). Em *P. porophylla* houve agrupamento de formatos distintos (PERMANOVA, $R^2= 0,45$, $p= 0,001$) de lâminas foliares: (1) bilobadas com lobos agudos a obtusos (2LOB) com diferentes tipos de ápice e comprimento; (2) formato subreniformes de ápice arredondado (SUBRE) e (3) trilobado/orbtriangular de ápice agudo a arredondado (3LOB) (Fig. 4e; Fig 5E).

Em *P. mediterranea*, o diagrama apresentou pontos mais dispersos, com agrupamento mais definido dos pontos de lâminas oblongo-lanceoladas (OBLAN) (Fig 4d). No entanto, a análise de PERMANOVA indicou distinção entre os três grupos foliares: oblongo-lanceolados, lanceolados-ovados e lanceolados ($R^2= 0.37572$; $p= 0,001$).

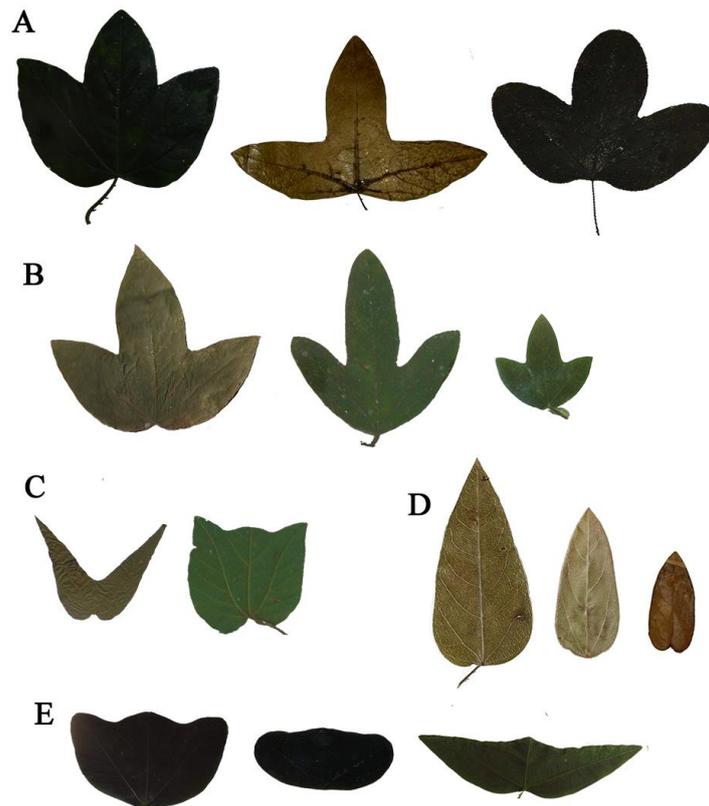


Figura 5. Formatos de folhas encontrados para as espécies: A= *Passiflora amethystina*, B= *P. campanulata*, C= *P. capsularis*, D= *P. mediterranea*, E= *P. porophylla*.

3.2 Variação abiótica e atributos foliares individuais

Dados de campo - Usando os dados de variação foliar obtidos no campo, para a maioria das espécies não encontramos nenhuma relação entre as características foliares individuais e as variáveis de ambientais (Tabela 4). Somente em *P. porophylla* encontramos a relação significativa com a luz e altitude (oceolos e variegação) com caractere qualitativo da folha. Para outros modelos de atributos de folha incluindo as variáveis abióticas nas populações naturais testadas, não diferiram do nulo modelo (Tabela 2).

Floresta Atlântica - Os caracteres morfológicos foram relacionados somente às variáveis climáticas e propriedades edáficas obtidas nos banco de dados. Os modelos

que melhor explicaram às características quantitativas de tamanho ou largura das folhas/lobos incluíram a relação positiva ou negativa com: teor de argila do solo (*P. amethystina*), pH x 10 do solo em H₂O, teor de carbono orgânico, isotermalidade (*P. campanulata*), precipitação no trimestre mais frio, (*P. campanulata*, *P. mediterranea*, *P. porophylla*), capacidade de água disponível no solo (*P. capsularis*), amplitude térmica diurna média e altitude (*P. porophylla*).

Já os modelos mais plausíveis para quatro caracteres qualitativos incluíram à relação com as variáveis: capacidade de troca catiônica, precipitação do trimestre mais frio (*P. campanulata*), teor de carbono orgânico (*P. campanulata* e *P. capsularis*), altitude (*P. porophylla*) e amplitude térmica diurna média (*P. mediterranea*). Para outros modelos de atributos de folha incluindo as variáveis abióticas não diferiram do nulo modelo (Tabela 2).

Tabela 4. Resultados dos melhores Modelos Lineares Generalizados Mistos para o efeito de variáveis abióticas (climáticas, propriedades químicas e físicas do solo, luz do ambiente) em caracteres foliares de cinco espécies de *Passiflora* L. Os modelos assumiram distribuição binomial (Variegação, lobo lanceolado, coriácea), binomial negativa (oceolos) ou gaussiana (demais variáveis). CA= Dados de campo; FA= Floresta Atlântica.

Espécie/caracteres	Grupo de análise	Preditoras	Estimativa	t/z-valor	p-valor
<i>Passiflora amethystina</i>					
Comprimento do lobo médio	FA	Teor de argila	-0.08825	-2.490	0.0155 *
Largura do lobo médio	FA	Teor de argila	-0.06531	-3.595	0.00065 ***
<i>Passiflora campanulata</i>					
Comprimento do lobo médio	FA	pH x 10 do solo em H ₂ O	0.4495	1.977	0.057
		Teor de carbono orgânico	-0.0996	-4.513	9.79e ⁻⁰⁵ ***
Largura do lobo médio	FA	Precipitação no trimestre mais frio	-0.0098	-2.668	0.01237 *
		Isotermalidade	-0.2304	-2.907	0.00693**
Lobo oblongo-lanceolado	FA	Capacidade de troca catiônica	-0.4463	-2.835	0.00459 **
<i>Passiflora capsularis</i>					
Largura máxima	FA	Capacidade de água disponível no solo	0.7483	3.406	0.00151 **

Ângulo divergente	FA	Capacidade água disponível no solo	2.2260	2.485	0.0172 *
Variegação	FA	Capacidade água disponível no solo	-1.02270	-1.956	0.0505 .
		Teor de carbono orgânico	0.12689	1.893	0.0583 .
<i>Passiflora mediterranea</i>					
Comprimento máximo	FA	Precipitação no trimestre mais frio	-0.009431	-2.864	0.00722 **
<i>Passiflora porophylla</i>					
Largura máxima	FA	Precipitação no trimestre mais frio	0.04898	3.083	0.00447**
Ângulo divergente	FA	Altitude	0.014774	3.635	0.000699 ***
		Amplitude térmica diurna média	-3.358244	-2.885	0.005946 **
Número de ocelos	CA	Luz do ambiente	0.0012243	2.376	0.0175 *
		Altitude	0.006459	2.068	0.0386 *
Variegação	CA	Luz do ambiente	-0.017652	-1.132	0.2577
	FA	Altitude	0.13407	3.047	0.00231 **

*** p<0.001, ** p<0.01, *p<0.05, p=0.05

4. Discussão

Nossos resultados indicam que a diferença de temperatura, precipitação e propriedades do solo podem influenciar em caracteres individuais, e na variação do formato geral entre populações naturais de espécies de *Passiflora*. As folhas trilobadas de *P. amethystina* e *P. campanulata* apresentaram maior resposta aos fatores ambientais, se diferenciando por população (Fig. 3A-B, Fig. 4B). No geral, espécies de folha trilobadas em *Passiflora* apresentam expressiva plasticidade, como observado na supersecção *Coccinea* (em *P. speciosa*), na série *Passiflora* (em *P. edulis*) e em outras espécies de *P. seção Dysosmia* (ex. *P. foetida*) (Araujo e Alves 2007; Moraes et al. 2018; Fernandes et al. 2020), provavelmente por terem maior resposta morfológica ao ambiente.

Em *P. campanulata*, especialmente, encontramos folhas foram bastante distintas e as variáveis ambientais parecem refletir as características da localidade de cada população (Fig 3-5 B). Esta espécie ocorre na região sul e sudeste do Brasil, concentradas dentro de UC's e em importantes remanescentes florestais, principalmente em campos de altitude e florestas ombrófilas (Bernacci et al. 2020; Moraes et al. 2020).

Enquanto na região do PEIB encontramos folhas lanceoladas, com indumento denso e ferrugíneo, mais ao sul da Serra da Mantiqueira, no PNI e entorno do estado do Rio de Janeiro, as folhas são mais lanceolada-ovadas, com indumento mais esparsos e menos ferrugíneo (Fig. 4B), ambas com estípulas dentadas a profundamente dentadas. Já na região norte da Serra da Mantiqueira, no PNC e no sul do Brasil (estado do Paraná), as folhas são menores (<5 cm) com indumento esparsos e estípulas ligeiramente dentadas (no PNC). Os resultados indicam que características de solo e clima relacionadas a esta espécie podem estar influenciando nessa diferenciação encontrada (Tab. 3, 4 e 5).

Os agrupamentos bem definidos das folhas em *P. campanulata*, *P. amethystina* e *P. porophylla* por região geográfica sugerem que os vetores ambientais relacionados correspondem à característica das áreas de ocorrência (Fig 3; Tabela 2). Associadamente, os resultados também indicam a importância dos macronutrientes (K e Ca), micronutrientes (Mn e Zn), MO e pH do solo na morfologia geral dessas espécies. Potássio, cálcio, manganês e Zinco são os principais nutrientes exigidos para o desenvolvimento saudável do maracujazeiro (Lima et al. 2006). Até o momento, pouco se sabia sobre a interação das espécies nativas com o solo em seu ambiente natural, futuros estudos devem ampliar a amostragem de solo para compreender melhor a variação morfológica relacionada aos fatores edáficos.

No subgênero *Decaloba*, apesar de inventários florísticos e estudos taxonômicos apontarem elevada plasticidade em *P. capsularis* e *P. porophylla* associado à distribuição geográfica (Milward-de-Azevedo e Baumgratz 2004, Moraes et al. 2018), nossos resultados mostram que os fatores ambientais podem influenciar menos que o esperado. Como é o caso de *P. capsularis* que apresentou poucos resultados significativos, está presente em diversas regiões do país e domínios fitogeográficos, se

adaptando bem a diferentes escalas climáticas (Bernacci et al. 2020), e encontramos mais de um formato de foliar sob as mesmas condições ambientais.

Por outro lado, *P. porophylla* apresentou maior resposta as condições ambientais, com diferenciação das folhas por população e resposta de caracteres de defesa, ocelos e variegação, a disponibilidade de luz e altitude. Os ocelos são tipos de nectários extraflorais que servem de atração de formigas contra herbivoria, porém representam um custo energético e nutricional para o indivíduo (Schowalter 2000). Considerando que as condições ambientais afetam o crescimento da planta, a capacidade e disposição de recursos para defesa e modula a atividade das formigas (Castro et al. 2018). Uma maior exposição à luz aumenta a produção de compostos defensivos para reduzir a herbivoria (Schowalter 2000), corroborando com nossos resultados.

Já a variegação é considerada uma forma de defesa visual de *Passiflora* contra a herbivoria muito frequente entre espécies de *Decaloba*, porém não há estudos que comprovem se as manchas esbranquiçadas nas folhas impedem ou diminuem a oviposição de *Heliconiine* (Castro et al. 2018). Nossos resultados indicaram uma relação positiva da variegação com altitude em *P. porophylla*. As condições abióticas ou estresses podem modular a eficiência de proteção da planta e taxa de crescimento da população de borboletas em um local (Fleming et al. 2005; Sobral-Souza et al. 2015; Castro et al. 2018). Desse modo, as variáveis ambientais também estariam relacionadas às populações de borboletas.

Apesar da baixa relação das folhas em *P. capsularis*, a largura, ângulo divergente dos lobos e variegação foram relacionadas positivamente a capacidade de água disponível no solo. O efeito da umidade no solo para maracujás está relacionado a absorção de nutrientes (Lucas 2002). Assim, o estresse hídrico reduz o acúmulo de

nutrientes na parte aérea da planta e limita o crescimento vegetativo, produzindo ramos menores com menor número de nós e comprimento (Menzel et al. 1986; Lucas 2002).

Também observamos que em solos menos argilosos, que são mais drenados e com boa retenção de água e nutrientes para as plantas, o comprimento e largura dos lobos das folhas de *P. amethystina* foram maiores. Espécies de *Passiflora* possuem estratégias distintas de aclimação (ex. Souza et al. 2018). Apesar de não conhecermos profundamente a biologia de cada uma, sabemos que em maracujás cultivados o desenvolvimento da planta é melhor nos solos arenosos ou levemente argilosos (Lima et al. 2006; Borges e Souza 2010).

Quanto as variáveis climáticas, a paleobotânica mostra que caracteres fisionômicos foliares também estão fortemente correlacionados à temperatura e à precipitação, o tamanho médio das folhas é relacionado principalmente à disponibilidade de água, e a denteação das margens à temperatura média anual (Royer 2005; Royer 2008), a exemplo. Do mesmo modo observamos a influência da precipitação e variação térmica diurna no tamanho (*P. campanulata*) e largura (*P. porophylla*) de lobos e folhas (*P. mediterranea*). E a precipitação no trimestre mais frio foi relacionada à *P. campanulata* e à *P. mediterranea*, que são espécies comuns em campos de altitude, que é um tipo de vegetação que possuem sazonalidade marcada (Assis e Mattos 2016), característica dessa variável climática.

Já isothermalidade que foi relacionada com morfologia geral das folhas de *P. amethystina*, *P. porophylla* e com a largura de lobos em *P. campanulata*, é a razão entre a variação térmica diurna média mensal pela variação de temperatura anual (BIO2/BIO7). Assim quanto maior a isothermalidade, maior a variação diária em relação a anual, influenciando na necessidade das espécies buscarem mecanismos que

possibilitem a adaptação diante das mudanças bruscas em curta escala de tempo (Costa et al. 2018), o que pode explicar sua associação a morfologia foliar.

Por fim, o clima atua como um grande filtro na ocorrência de características morfológicas das plantas em um determinado local (Ting-Ting Meng et al. 2009). Estudos testando as características morfométricas das floras regionais em gradientes climáticos em grande escala observaram que o tipo de folha, tamanho, fenologia e outros caracteres parecem refletir o clima de uma área (Ting-Ting Meng et al. 2009). Com isso, as variáveis climáticas de temperatura e precipitação que influenciaram em alguns atributos individuais da morfologia geral das folhas, tais como o formato de lobos, podem estar refletindo na verdade gradientes ambientais avaliados.

5. Considerações finais

Nossos resultados indicam que a diferença de temperatura, precipitação e propriedades de solo podem influenciar em caracteres individuais, e na variação do formato geral entre populações de espécies de *Passiflora*. E propriedades físicas e químicas do solo, variáveis climáticas de temperatura e precipitação estão relacionados ao tamanho e largura dos lobos e a alguns formatos específicos. A maioria dos estudos testando a influência do ambiente na morfologia das plantas e de *Passiflora* são realizados sob condições controladas de laboratórios e estufas de vegetação (ex. Freitas et al 2012; Cutri et al. 2013; Souza et al. 2018) ou em pequena escala no campo (ex. Krosnisk et al. 2017). Dessa forma, nossos resultados trazem uma nova perspectiva em *Passiflora*, refletindo, além de tudo, os gradientes climáticos e edáficos.

As folhas de *P. amethystina*, *P. campanulata* e *P. porophylla* mostraram maior resposta morfológica às diferenças entre localidades. *Passiflora campanulata*, em especial, nossos resultados revelam indícios de distinção entre populações de *P. campanulata* e elevada plasticidade, à exemplo do que ocorre em outras espécies da

seção *Dysosmia*. Somado aos problemas taxonômicos desta seção e a similaridade de *P. campanulata* com outras espécies do grupo da região sudeste do Brasil (Vanderplank 2013; Svoboda 2015), futuros estudos de revisão taxonômica e análises moleculares são fundamentais para a melhor compreensão da interação entre o ambiente e a diferenciação taxonômica.

Já caracteres de defesa da planta foram relacionados a luz do ambiente, altitude (*P. porophylla*) e água disponível no solo e teor de carbono orgânico (*P. capsularis*), assim como o tamanho do ângulo das folhas. E se tratando de um estudo em macro escala, nossos resultados em alguns casos parecem refletir o gradiente ambiental onde os indivíduos estão inseridos. Contudo, mais estudos em escala local serão necessários para melhor compreender a relação entre variáveis climáticas e edáficas com as variações das características morfológicas foliares encontradas no gênero.

Referências

- Agrawal AA, Conner JK, Johnson MTJ, Wallsgrove R (2002) Ecological genetics of an induced plant defence against herbivores: additive genetic variance and costs of phenotypic plasticity. *Evolution* 56: 2206–2213.
- Almeida RF (2012) Nutrição do Maracujazeiro. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 7(3): 12-17.
- AMBDATA: Variáveis ambientais para Modelos de Distribuição de Espécies (SDMs). Divisão de Processamento de Dados – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/referencias.php>. Acesso em: 1 julho 2020.
- Araujo D, Alves M (2007) Variabilidade morfológica de *Passiflora foetida* L.: Quantas variedades existem no estado de Pernambuco? *Revista Brasileira de Biociência*.

5(2): 825-854.

Assis MV, Mattos EA (2016) Vulnerabilidade da vegetação de campos de altitude às mudanças climáticas. *Oecologia Australis* 20(2): 162-174.

Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S (2015) Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1): 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01.

Benites VM, Schaefer CEGR, Mendonça ES, Martin Neto L (2001) Gênese morfologia e classificação do solo. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob campos de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 25: 661-674.

Borcard D, Gillet F, Legendre P (2011) *Numerical Ecology with R*. Springer, 301pp.

Borges AL, Souza LD (2010) Recomendações de calagem e adubação para maracujazeiro. Embrapa, Comunicado técnico 141: 1-4.

Bolker BM, Brooks ME, Clark CJ, Geange SW, Poulsen JR, Stevens MHH & White J SS (2009) Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in ecology & evolution*, 24(3), 127-135.

Brasileiro JCB (2012) Morfologia foliar comparada de *Passiflora* L. (Passifloraceae). Dissertação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Cappelatti L (2013) Plasticidade foliar em resposta á luz de cindo espécies de *Passiflora* em ecótonos campo-floresta no sul do Brasil. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Carvalho AJC, Martins DP, Monnerat PH, Bernardo S, Silva JA (2001) Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro-amarelo associados à estação fenológica, adubação potássica e lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura* 23(2): 403-408. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200041>.

Castro ECP, Zagrobelny M, Cardoso MZ, Bak S (2018) The arms race between

- heliconiine butterflies and *Passiflora* plants – New insights on an ancient subject. *Biological Reviews*. 93: 555-573. [https://doi: 10.1111/brv.12357](https://doi.org/10.1111/brv.12357).
- Cavalcante AMB, Duarte AS, Ometto JPHB (2020) Modeling the potential distribution of *Epiphyllum phyllanthus* (L.) Haw. under future climate scenarios in the Caatinga Biome. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 92(2): 1-12. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020180836>.
- Correa FV, Mussi S, Irving MA, Castro EV (2000) O Parque Nacional da Serra dos Órgãos: Caminhos nas montanhas. In: Irving MA, Correa FV, Zarattini AC. *Parques Nacionais do Rio de Janeiro: Desafios para uma gestão social da biodiversidade*. Mauad, Rio de Janeiro, 109-145p.
- Costa TR, Moura CC, Machado ELM, Bueno ML (2018) Modelagem preditiva da espécie *Lychnophora pohlii* SCH. BIP., no estado de Minas Gerais. *Nativa*, Sinop 6(1): 100-106. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i1.4696>.
- Cutri L, Nave N, Ami MB, Chayut N, Samach A, Dornelas MC (2013) Evolutionary, genetic, environmental and hormonal-induced plasticity in the fate of organs arising from axillary meristems in *Passiflora* spp. *Mech Dev* 30(1): 61-69.
- EMBRAPA (1999) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 412 p.
- Fick S, Hijmans RJ. WordClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315.
- Fleming TH, Serrano D, Nassar J (2005) Dynamics of subtropical population of the zebra longwing butterfly *Heliconius charithonia* (Nymphalidae). *Florida Entomologist* 88 (2): 169-179.
- Freitas JCO, Almeida AF, Lago MF, Souza MM, Souza-Junior JO (2012) Características morfológicas de plantas clonais de *Passiflora alata* crescidas em

- diferentes doses de nitrogênio e níveis de sombreamento. *Rev Bras Frutic* 34(3): 859-879.
- Friendly M (2002) Corrgrams: Exploratory displays for correlation matrices. *The American Statistician* 56: 316–324.
- Gilbert LE (1975) Ecological consequences of a coevolved mutualism between butterflies and plants. In: Gilbert, L.E; Raven, P.H (eds.) *Coevolution of animals and plants*. Austin: University of Texas Press, Pp 210–240.
- Gilbert LE (1982) The coevolution of a butterfly and a vine. *Sci Amer*. Pp110–21.
- Gower JC (1971) A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27:857-871.
- Hartig F (2020) DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models. R package version 0.3.3.0. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>.
- Hengl T, de Jesus JM, Heuvelink GBM, Gonzalez MR, Kilibarda M, Blagotić A, Kempen B. (2017). SoilGrids 250 m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS ONE* 12 e0169748.
- ICMBIO- Instituto Chico Mendes (2008) Plano de manejo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Encarte 3, Brasília, p85-119.
- ICMBIO (2013) Plano de manejo do Parque Nacional do Itatiaia. v1, v2, v3, Encarte 3, Brasília, p3-41.
- ICMBIO (2015) Plano de manejo do Parque Nacional do Caparaó. v1, Encarte 3, Brasília, p93-130.
- Imig DC, Milward-de-Azevedo MA, Cervi AC (2018) *Passifloraceae sensu stricto* de Minas Gerais, Brasil *Rodriguésia* 69(4): 1701-1735. Doi:10.1590/2175-7860201869415.

JABOT – Banco de Dados da Flora Brasileira. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico.

Disponível em: <http://jabot.jbrj.gov.br/v3/consulta.php> (acessado: 1 July 2020).

Killip EP (1938) The American species of Passifloraceae. Field Mus Nat Hist, Bot Series 19:1-613.

Krosnisek et al. (2017) New insights into floral morph variation in *Passiflora incarnate* L. (Passifloraceae) in Tennessee, U.S.A. Flora 236-237: 115-125.

Laliberté E, P Legendre (2010) A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. Ecology 91: 299-305.

Lima AA et al. (2006) A cultura do Maracujá. 3ed. Coleção Plantar 51. Embrapa 124pp.

Lucas AAT (2002) Resposta do Maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Deg) a lâmina de irrigação e doses de adubação potássica. Dissertação, Universidade de São Paulo, 88pp.

Martinez AP (2020) pairwiseAdonis: Pairwise multilevel comparison using adonis. R package version 0.4.

Milward-de-Azevedo MA, Baumgratz JFA (2004) *Passiflora* L. subgênero *Decaloba* (DC.) Rchb. (Passifloraceae) na Região Sudeste do Brasil. Rodriguésia 3(55): 85.

Menzel CM, Simpson DR, Winks CW (1987) Effect of temperature on growth, flowering and nutrient uptake of three passionfruit cultivars under low irradiance. Scientia Horticulturae 31: 259-268.

Mezzonato-Pires AC, Salimena FRG, Bernacci LC (2013) Passifloraceae na Serra Negra, Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia 64(1): 123-136.

Minas Gerais. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), Instituto Estadual de Florestas (IEF) (2007) Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. Belo Horizonte.

- Moraes AM, Milward-de-Azevedo MA, Faria APG (2018) Passifloraceae *stricto sensu* no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 69(2): 815-840.
- Moraes AM, Milward-de-Azevedo MA, Menini Neto L, Faria APG (2020) Distribution patterns of *Passiflora* L. (Passifloraceae *s.s*) in the Serra da Mantiqueira, Southeast Brazil. *Braz J Bot* 43(4): 999-1012. doi: 10.1007/s40415-020-00665-w.
- Murdoch DJ, Chow ED (1996) A graphical display of large correlation matrices. *The American Statistician* 50: 178–180
- Muylaert RL et al. (2018) Uma nota sobre os limites territoriais da Mata Atlântica. *Oecologia Australis* 22 (3): 302–311. doi:10.4257/oeco.2018.2203.09.
- Pichancourt JB, van Klinken RD (2012) Phenotypic plasticity influences the sizes, shape and dynamics of the geographic distribution of an invasive plant. *Plos one* 7(2): 13.
- Pires AA, Monnerat PH, Pinho LGR, Zampirolli PD, Muniz RA, Rosa RC (2009) Adubação orgânica e mineral sobre a composição química das folhas do maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Agroecologia*. 4(3): 36-48.
- Poorter H, Niinemets U, Poorter L, Wright IJ, Villar R (2009) Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta analysis. *New Phytologist* 182 (3): 565-588. doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02830.x.
- Poorter H, Niinemets Ü, Walter A, Fiorani F, Schurr U (2010). A method to construct dose–response curves for a wide range of environmental factors and plant traits by means of a metaanalysis of phenotypic data. *Journal of Experimental Botany* 61: 2043-2055.
- Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlinn D, Minchin PR, O’hara RB, Gavin L, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Szoecs E, Wagner H

- (2020) Vegan: Community Ecology Package. Version 2.5-7. Disponível em: <https://cran.r-project.org>, <https://github.com/vegandevs/vegan>. Acessado: 20 janeiro 2021.
- Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ, Hirota MM (2009) The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol Conserv* 142: 1141–1153. doi:10.1016/j.biocon.2009.02.021.
- Rizzini CT. (1977) Sistematização terminológica da folha. *Rodriguésia* 42:103-125.
- Rodela LG, Tarifa JR (2002) O clima da serra do Ibitipoca sudeste de Minas Gerais. *GEOUSP Espaço e Tempo* (11): 101-113. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2002.123649>
- Royer DL, Wilf P, Janesko, Kowalski E, Dilcher (2005) Correlations of climate and plant ecology to leaf size and shape: potential proxies for the fossil record. *Am j Bot* 92(7): 1141-1151. doi: 10.3732/ajb.92.7.1141.
- Royer DL, McElwain JC, Adams JM, Wilf P (2008) Sensitivity of leaf size and shape to climate within *Acer rubrum* and *Quercus kelloggii*. *New Phytologist* 179:808-817.
- Royer DL, Meyerson LA, Robertson KM, Adams JM (2009) Phenotypic plasticity leaf shape along a temperature gradient in *Acer rubrum*. *Plos One* 4(10): e7653.
- Silva MLS, Viana AES, São José AR, Amaral CLF, Matsumoto SN, Pelacani CR (2006) Desenvolvimento de mudas de maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims f. *falvicularpa* Deg.) sob diferentes níveis de sombreamento. *Acta Sci. Agron.* 28(4): 513-521.
- Scherer CC (2014) Conservação filogenética de nicho climático para espécies do gênero *Passiflora* L. (Passifloraceae) com ocorrência no Brasil. Dissertação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- SpeciesLink (2021) Sistema de informação distribuído para coleções biológicas: a integração do Species Analyst e do SinBiota (FAPESP). Centro de Referência em Informação Ambiental-CRIA. Disponível em: <http://splink.cria.org.br/>. Acessado 1 Janeiro 2021.
- Sobral-Souza T, Francini RB, Guimarães M, Benson WW (2015) Short-Term Dynamics reveals seasonality in subtropical *Heliconius* Butterfly. *Journal of Insects* 2015: 1-5. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/761058>.
- Souza PU, Lima LKS, Soares TL, Jesus ON, Coelho-Filho MA, Girard EA (2018) Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. To controlled water déficit. *Scientia Horticulturae* 229: 77-90.
- Svoboda H (2015) Untangling the systematics of *Dysosmia*. *Passiflora online Journal*. <<http://www.passionflow.co.uk/passiflora-online-journal.htm>>. Acessado em 03 de Setembro de 2020.
- Schowalter T (2000) *Insect Ecology: An Ecosystem Approach*. 2ed. Academic Prees, Oxford, UK, pp.572.
- Ting-Ting M, Jian N, Sandy PH (2009) Plant morphometric traits and climate gradients in northern China: a meta-analysis using quadrat and flora data, *Annals of Botany*, 104(6): 1217–1229. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp230>.
- Ulmer T, MacDougal JM (2004) *Passiflora: Passionflowers of the world*. Timber press, Portland, Oregon, 27-31pp.

Material Suplementar

Tabela S1. Variáveis climáticas e de solo obtidas em banco de dados e coleta de campo.

Fonte	Variáveis	Unidade
GPS/Shapefile	Elevação	m
Coleta no campo	Luz do Ambiente	LUX
	Macro e micronutrientes do solo (K, Ca, Mn e Zn), pH x H ₂ O e Matéria Orgânica.	%
Ambdata	DESC: Classe de Solo (Embrapa 1999) VEG: Tipo de vegetação (Ibge 1992)	Classe
WorldClim versão 2.0 (Fick & Hijmans, 2017)	BIO 1: Temperatura média anual	°C
	BIO2: Variação diurna média de temperatura (media do mês (max. temp. - min.temp.))	°C
	BIO3: Isotermalidade (BIO2/BIO7) x 100	%
	BIO4: Sazonalidade da Temperatura	°C
	BIO5: Temperatura máxima do mês mais quente	°C
	BIO6: Temperatura mínima do mês mais frio	°C
	BIO7: Faixa anual de temperatura (BIO5-BIO6)	°C
	BIO8: Temperatura média do trimestre mais úmido	°C
	BIO9: Temperatura média do trimestre mais seco	°C
	BIO10: Temperatura média do trimestre mais quente	°C
	BIO11: Temperatura média do trimestre mais frio	°C
	BIO12: Precipitação anual	mm
	BIO13: Precipitação do mês mais úmido	mm
	BIO 14: Precipitação do mês mais seco	mm
	BIO 15: Sazonalidade da precipitação	mm
	BIO16: Precipitação do trimestre mais úmido	mm
	BIO17: Precipitação do trimestre mais seco	mm
	BIO18: Precipitação do trimestre mais quente	mm
	BIO19: Precipitação do trimestre mais frio	mm
SoilGrids (Hengl et al. 2017)	BLDFIE: Densidade aparente (terra fina)	kg/m ³
	CECSOL: Capacidade de troca catiônica do solo	cmolc/kg
	CLYPPT: Conteúdo de argila (0-2 micro metro)	%
	CRFVOL: Fragmentos grossos volumétricos	% vol
	OCSTHA: Estoque de Carbono do solo	ton/ha
	OCDENS: Densidade de carbono orgânico do solo	kg/m ³
	ORCDRC: Teor de carbono orgânico do solo (fração de terra fina)	g/kg
	PHIHOX: pH x 10 em H ₂ O do solo	pH
	PHIKCL: pH x 10 em KCl do solo	pH
	SLTPPT: Conteúdo de lodo (2-50 micro metro)	% massa
	SNDPPT: Conteúdo de areia (50-2000 micro metro)	% massa
	AWCh1, Ch2, Ch3 Capacidade derivada de água no solo disponível	%
	WWP: Capacidade de água disponível no solo derivada até o ponto de murcha	%
	AWCtS: Teor de água saturada derivada	%

Tabela S2. Lista de espécimes usados na análise estatística. Nome do táxon: ame= *P. amethystina*; camp= *P. campanulata*; caps= *P. capsularis*; medi= *P. mediterranea*; poro= *P. porophylla*.

código	Estado, localização	Dados de coleta	Herbário
ame6	Minas Gerais, Parque Nacional do Itatiaia	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	NA
ame8	-	-	-
ame9	-	-	-
ame74	Rio de Janeiro, PNI	-	-
ame76	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
ame77	-	-	-
ame92	-	-	-
ame95	-	-	-
ame96	-	-	-
ame98	-	-	-
ame104	RJ, Parque Nacional da Serra dos Órgãos	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
ame109	-	-	-
ame118	-	-	-
ame120	-	-	-
ame122	-	-	-
ame124	-	-	-
ame125	-	-	-
ame53	Espírito Santo, Parque Nacional do Caparaó	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
ame55	-	-	-
ame20	MG, PNC	-	-
ame141	MG, Parque Estadual do Ibitipoca	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
ame289	Bahia, Camacã, Serra Bonita	<i>R.O. Perdiz, F. Matos & A. Amorim 278</i>	HUEFS
ame985	BA, Wenceslau Guimarães, Estação Ecológica Estadual Nova Esperança	<i>L.A. Mattos-Silva, S.C. Santana et al. 4415</i>	HUEFS
ame498	BA, Camacan, RPPN Serra Bonita	<i>L. Daneu & P.L.R. Moraes 91</i>	
ame234	Paraná, Curitiba, Bosque Zaninelli	<i>A.P. Lorenz & R. Cervi s.n.</i>	ICN
ame600	PR, Piraquara, Recreio da Serra	<i>M.L. Brotto, R.R. Völtz & R.R. Völtz 2390</i>	MBM

código	Estado, localização	Dados de coleta	Herbário
ame612	Santa Catarina, Timbé do Sul	<i>M. Verdi, D.H. Klettenberg & G. Klemz 2839</i>	FURB
ame907	Rio Grande do Sul, Torres, Colônia São Pedro	<i>K. Hagelund s.n.</i>	ICN
ame772	RS, Tristeza, Porto Alegre	<i>F. Recena s.n.</i>	ICN
ame551	RS, Lagoa do Jacaré, Dom Pedro de Alcântara	<i>G.D.S. Seger & M. Grings M 1004</i>	ICN
ame580	RS, Taquara	<i>A.R. Schultz 580</i>	ICN
ame619	São Paulo, Parque Nacional da Bocaina	<i>G. Martinelli 9288</i>	RB
ame624	SP, Santa Rita do Passa Quatro, Res. Florestal de Vassununga	<i>H.F. Leitão Filho, F.R. Martins, J. Semir 1539</i>	UEC
ame172	SP, São Pedro, Cachoeira da Peroba	<i>S. Gandolfi, R. Coletti-Junior, A.T. Cruz s.n.</i>	UEC
ame513	SP, Cunha, Parque Estadual da Serra do Mar	<i>J.B. Baitello 449</i>	UEC
ame503	SP, Tapiraí	<i>K.D. Barreto et al. 3098</i>	ESA
ame307	SP, Campinas, Mata de Santa Genebra	<i>C. Koschnitzke 27274</i>	UEC
ame610	ES, Castelo, Forno Grande	<i>C. Azevedo 284</i>	HUEFS
ame653	MG, Santa Maria do Salto	<i>J.A. Lombardi et al. 5356</i>	BHCB
camp5121	MG, Alto Caparaó, PNC	<i>L.S Leoni 3432</i>	RB
camp5125	-	<i>L.S Leoni 3747</i>	RB
camp130	-	<i>A.M. Moraes & A.P.G Faria 376</i>	CESJ
camp129	-	<i>A.M. Moraes & A.P.G Faria</i>	-
camp154	-	<i>A.M. Moraes & R.F. Tiburtino 381</i>	CESJ
camp9778	MG, Lima Duarte, Parque Estadual de Ibitipoca.	<i>A.S.M. Valente & F.S. Araújo 166</i>	CESJ
camp144	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp145	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp146	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp147	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp148	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp149	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp150	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp5875	-	<i>E.V.S.S. Medeiros 421</i>	RB
camp7082	-	<i>D. Monteiro 639</i>	RB
camp8087	MG, Itamonte, Serra Fina	<i>L.D Meireles, G.J Shepherd, R. Belinello 1476</i>	UEC

código	Estado, localização	Dados de coleta	Herbário
camp5751	MG, Passa Quatro, Serra Fina	<i>L.D. Meireles, J.A. Nunes, T.R. Cordeiro</i> 1569	UEC
camp3766	MG, Itamonte, Parque Nacional do Itatiaia.	<i>R. Marquete</i> 3435	RB
camp1	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp2	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp3	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp4	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp5	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp10	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
camp126	RJ, Teresópolis, Parque Nacional Serra dos Órgãos.	<i>N.B.G. Fernandes & A.M. Moraes</i> 7	HCTR
camp121	-	<i>N.B.G. Fernandes & A.M. Moraes</i>	-
camp128	-	<i>N.B.G. Fernandes & A.M. Moraes</i>	-
camp4823	PR, Quatro Barras	<i>A.C. Cervi et al.</i> 3055	MBM
camp5762	PR, Rio São João, Carambeí	<i>M.E. Engels, E.D. Lozano</i> 1900	MBM
camp6103	PR, Campina Grande do Sul, Serra do Ibitiraquire	<i>M.E. Engels, E.D. Lozano, M. Reginato, E.D. Lozano, M. Reginato</i> 2342	MBM
camp9132	PR, Guaratuba, Serra do Araçatuba, Morro dos Perdidos	<i>E.P. Santos et al.</i> 725	MBM
camp9097	SC, Campo Alegre, Serra do Quiriri	<i>J.M. Silva</i> 8482	MBM
caps12	MG, PNC	<i>A.M. Moraes s.n. & A.M. Moraes s.n.</i>	-
caps34	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
caps136	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
caps137	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
caps41	RJ, PNSO	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
caps142	MG, PEIB	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
caps151	-	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
caps2307	BA, Ribeirão do Largo	<i>A.M. Carvalho</i> 6921	HUEFS
caps7474	BA, Camacan, RPPN Serra Bonita	<i>R.A.X. Borges</i> 275	HUEFS
caps1859	BA, Camacan, RPPN Serra Bonita	<i>R.A.X. Borges, A.M. Amorim, R.O. Perdiz, Rocha, WD, L.C. Magnavita</i> 275	UEC
caps8166	BA, Ribeirão do Largo	<i>W.W. Thomas</i> 11447	HUEFS
caps2554	BA, Ilhéus	<i>J.L. Paixão</i> 25	NY
caps7944	Pernambuco, RPPN Pedra Danta	<i>D.A. Araujo et al.</i> 1941	NY

código	Estado, localização	Dados de coleta	Herbário
caps4656	Paraíba, Serra do Espinho, Pilões	<i>M.L. Guedes, D.S.C. Oliveira, E. Melo 19692</i>	ALCB
caps7947	PB		NY
caps9317	PB, Alagoa Nova	<i>M.L. Guedes 19475</i>	HUEFS
caps5365	Ceará, Guaramiranga	<i>M.A.M. Azevedo & D.J.L. Sousa 206</i>	UEC
caps5362	CE, Guaramiranga	<i>M.A.M. Azevedo & D.J.L. Sousa 212</i>	UEC
caps5373	CE, Ubajara	<i>M.A.M. Azevedo & D.J.L. Sousa 191</i>	UEC
caps5376	CE, Tianguá	<i>M.A.M. Azevedo & D.J.L. Sousa 186</i>	UEC
caps5359	CE, Guaramiranga	<i>M.A.M. Azevedo & D.J.L. Sousa 204</i>	UEC
caps5379	CE, Guaramiranga	<i>M.A.M. Azevedo & D.J.L. Sousa 210</i>	UEC
caps3911	PR, Rio Branco do Sul	<i>J.C. Lindeman 5230</i>	NY
caps6244	PR, Quatro Barras	<i>A.P. Lorenz s.n.</i>	ICN
caps9866	PR, Morretes	<i>J.M. Silva 51</i>	HUEFS
caps7647	PR, Rio Branco do Sul	<i>P.I. Oliveira 691</i>	HUEFS
caps3966	PR, Bocaiúva do Sul	<i>V.C. Souza, G.O. Romão, C.D.N. Rodrigues, A.P.T. Dantas 32012</i>	ESA
caps2868	PR, Campo Largo	<i>F. França 5080</i>	HUEFS
caps3909	SC, Itapiranga	<i>R. Reitz 16785</i>	NY
caps3530	SC, Schroeder,	<i>P. Schwirkowski 3320</i>	FURB
caps4998	SC, Florianópolis	<i>D.B. Falkenberg et al. 2589</i>	MBM
caps5953	SC, Corupá	<i>L.A. Funez 3331</i>	FURB
caps7229	RS, Porto Alegre	<i>L.R.M. Baptista s.n.</i>	ICN
caps2648	SP, Águas da Prata	<i>V.C. Souza, A.M. Giuliatti, S.atkins, R.M. C.M. Harley, C.M. Sakuragui 5001</i>	RB
caps0568	SP, Bom Sucesso de Itararé	<i>J.M. Torezan, L.I.A. Arima, J.A. Pimenta, J.C.F. Resende, D.V.O. Sifuentes 538</i>	ESA
caps3005	SP, Apiaí	<i>V.C. Souza, G.O. Romão, C.D.N. Rodrigues, A.P.T. Dantas 32095</i>	UEC
caps5188	SP, Eldorado	<i>M. Carboni et al. 150</i>	ESA
caps2679	SP, Eldorado	<i>J.C. Braidotti et al. 23</i>	ESA
caps9735	SP, Judiaí	<i>R. Goldenberg 141</i>	UEC
caps0376	ES, Santa Teresa, Estação Biológica Augusto Ruschi	<i>T.S. Nunes 1734</i>	HUEFS
caps2770	MG, Serra do Caraça, Catas Altas	<i>R.C. Motta, F.S. Faria & P.L. Viana 2891</i>	BHCB

código	Estado, localização	Dados de coleta	Herbário
caps3261	MG, Est. Ecológica UFMG	<i>E. Tameirão Neto & C.Y.K Matsuoka 392</i>	BHCB
medi15	MG, PNC	<i>A.M. Moraes s.n. & A.M. Moraes s.n.</i>	NA
medi21	-	-	-
medi23	ES, PNC	<i>A.M. Moraes & R.F. Tiburtino s.n.</i>	-
medi24	-	-	-
medi25	MG, PNC	-	-
medi26	ES, PNC	-	-
medi27	-	-	-
medi32	MG, PNC	-	-
medi37	-	-	-
medi56	ES, Pedra Escorada, PNC	<i>A.M. Moraes & R.F. Tiburtino s.n.</i>	-
medi58	MG, Pedra do Pato, PESB	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
medi65	MG, Pico do Grama, PESB	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
medi68	-	-	-
medi69	-	-	-
medi87	RJ, Trilha Ruy Braga, PNI	<i>A.M. Moraes, R.F. Tiburtino s.n.</i>	-
medi100	-	-	-
medi131	MG, PNC	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
medi0644	PR, Adrianópolis	<i>M.E. Engels, L.C. Fernanda Rocha, C. Michelin 1068</i>	FURB
medi3282	PR, Tijucas do Sul	<i>J.M. Silva, C.B. Poliquesi, E. Barbosa 2257</i>	ALCB
medi3856	PR, Paranaguá	<i>S.M. Silva & R.M. Britez 25100</i>	UEC
medi2124	PR, Pontal do Paraná	<i>J.M. Silva, D.P. Saridakis, D.P. Saridakis 8863</i>	MBM
medi7829	PR, Rio Branco do Sul	<i>M.L. Brotto et al. 1464</i>	MBM
medi3973	PR, Guaratuba	<i>O.S. Ribas 1359</i>	NY
medi8382	PR, Serra do Caetê, Rio Branco do Sul	<i>P.I. Oliveira 694</i>	MBM
medi1160	PR, Ilha do Mel, Praia do Miguel, Paranaguá	<i>S.M. Silva et al.</i>	MBM
medi8953	PR, Ilha da Cotinga, Paranaguá	<i>Tessmann, G. 3563</i>	MBM
medi486	SC, Parque Nacional da Serra do Itajaí, Blumenau,	<i>L.M. Ceolin s.n.</i>	FURB
medi9874	SC, Arroio Fagundes, Angelina	<i>A. Stival-Santos, E. Legal, S. Silveira 1902</i>	FURB
medi3942	SC, Blumenau	<i>M. Sobral s.n.</i>	FURB

código	Estado, localização	Dados de coleta	Herbário
medi9658	SC, José Boiteux	<i>A. Korte & A. Kniess 2766</i>	FURB
medi985	SC, Navegantes	<i>L.A. Funez 3365</i>	FURB
medi6558	SC, Ilha de Santa Catarina Rio Vermelho, Florianópolis	<i>D.B. Falkenberg 1991</i>	ICN
medi9736	SC, Tijucas	<i>A.C. Cervi 8135</i>	MBM
medi9597	SP, Parque Estadual de Carlos Botelho	<i>R. Farias et al. 600</i>	
medi2226	SP, Ilha Comprida	<i>H.F. Leitão Filho et al. 32797</i>	UEC
medi6942	MG, Fazenda Araras, Novo Cruzeiro	<i>J.R. Stehmann et al. 3583</i>	BHCB
medi6897	MG, Fazenda Araras, Novo Cruzeiro	<i>J.R. Stehmann et al. 3538</i>	BHCB
poro13	MG, PNC	<i>A.M. Moraes, R.F. Tiburtino s.n.</i>	NA
poro16	-	-	-
poro19	-	-	-
poro22	-	-	-
poro31	-	-	-
poro33	-	-	-
poro54	ES, PNC	<i>A.M. Moraes, R.F. Tiburtino s.n.</i>	-
poro132	MG, PNC	<i>A.M. Moraes, R.F. Tiburtino s.n.</i>	-
poro134	-	-	-
poro135	-	-	-
poro139	-	-	-
poro79	RJ, PNI	<i>A.M. Moraes, R.F. Tiburtino s.n.</i>	-
poro80	-	-	-
poro81	-	-	-
poro82	-	-	-
poro86	-	-	-
poro90	-	-	-
poro94	-	-	-
poro97	-	-	-
poro101	-	-	-
poro102	RJ, PNSO	<i>A.M. Moraes & N.B.G. Fernandes s.n.</i>	HCTR
poro111	-	-	-
poro112	-	-	-
poro113	-	-	-

código	Estado, localização	Dados de coleta	Herbário
poro114	-	-	-
poro115	-	-	-
poro116	-	-	-
poro119	-	-	-
poro127	-	-	-
poro64	MG, PESB	<i>A.M. Moraes s.n.</i>	-
poro63	-	-	-
poro6105	PR, Serra do Ibitiraquire, Campina Grande do Sul	<i>M.E. Engels et al. 2344</i>	MBM
poro5129	PR, São José dos Pinhais	<i>A.P. Lorenz & A.C. Cervi s.n.</i>	ICN
poro6243	PR, Quatro Barras	<i>A.P. Lorenz s.n.</i>	ICN
poro6459	PR, Serra do Bromado, Rio Branco do Sul	<i>J.M. Silva 800</i>	MBM
poro4741	PR, Usina Hidrelétrica Parigot de Souza, Antonina	<i>G. Hatschbach et al. 56158</i>	MBM
poro6849	SC, Fazenda Santo Antônio., Rio Rufino	<i>M.M.P. Floriani 304</i>	LUSC
poro9875	SC, São Francisco do Sul	<i>S. Dreveck & F.E. Carneiro 1921</i>	FURB
poro3944	SC, Corruchel., Pouso Redondo,	<i>M. Verdi 5877</i>	MBM
poro7193	SC, Oitenta, Ascurra	<i>L.A. Funez 4263</i>	FURB
poro6121	RS, Barra do Ouro, Reserva Biológica da Serra Geral	<i>A.P. Lorenz s.n.</i>	ICN
poro5484	-	<i>A.P. Lorenz s.n.</i>	ICN
poro0550	RS, Morrinhos do Sul	<i>J.A. Jarenkow & D.B. Falkenberg 2298</i>	ICN
poro3562	RS, CPCN/Pró-Mata, São Francisco de Paula	<i>C.A. Mondin 3222</i>	ICN
poro8628	RS, Três Cachoeiras	<i>R.A. Záchia 724</i>	ICN
poro7661	SP, Ubatuba	<i>A. Furlan et al. 1472</i>	UEC
poro8268	SP, Bom Sucesso de Itararé	<i>F. Chung et al. 232</i>	UEC
poro7021	SP, Itarare	<i>V.C. Souza 40020</i>	CEN
poro7026	MG, Novo Cruzeiro	<i>J.R. Stehmann et al. 3666</i>	BHCB

Capítulo 3

Uma nova espécie de *Passiflora* seção *Dysosmia* (Passifloraceae s.s.) para a Floresta Atlântica, Sudeste do Brasil

Manuscrito submetido para a revista *Phytotaxa* e formatado segundo as normas da revista.

Resumo

Passiflora caparaoensis, uma nova espécie de *Passiflora* (Passifloraceae s.s.), é descrita e ilustrada da porção norte da Serra da Mantiqueira, estado de Minas Gerais, Brasil. Esta nova espécie é semelhante a *P. campanulata* por ter um caule viloso, pecíolos e sépalas hirsutas, lâminas foliares trilobadas, sépalas e brácteas com nervura central, com ápice aristato e corona trisseriada. No entanto, é claramente distinguível pela ausência de glândulas nos pecíolos, estípulas com ápice aristado, margem ligeiramente dentada e terminando em glândulas, indumento esparso a glabro, filamentos da corona brancos com bandas vináceas a roxas, ovário e fruto glabro. Uma chave taxonômica para as espécies semelhantes de *P.* seção *Dysosmia* na Serra da Mantiqueira é fornecida, com base em caracteres florais e vegetativos.

Palavras-chave: Floresta nebulosa, *Passiflora*, taxonomia, Serra da Mantiqueira.

Abstract

Passiflora caparaoensis, a new species of *Passiflora* (Passifloraceae s.s.), is described and illustrated from the northern portion of the Serra da Mantiqueira, Minas Gerais state, Brazil. This new species is similar to *P. campanulata* in having a villous stem, hirsute petioles and sepals, 3-lobed leaf blades, sepals and bracts with central vein, aristate apex and corona triseriate. However, it is clearly distinguishable by the absence of glands in petioles, stipules with one central vein, aristate apex, margin slightly dentate and gland-tipped, sparse indumenta to glabrous, corona filaments white with vinaceous to purple bands, ovary and fruit glabrous. A taxonomic key to the similar species of *P.* section *Dysosmia* in the Serra da Mantiqueira is provided, based on flower and vegetative characters.

Keywords: Cloud forest, passionflower, taxonomy, Serra da Mantiqueira.

1. Introdução

Passiflora Linnaeus (1753: 955), com mais de 500 espécies (Pérez & d'Eeckenbrugge 2017), é o maior e mais diverso gênero de Passifloraceae *sensu stricto*. Killip (1938) reconheceu 22 subgêneros, várias seções e séries. Feuillet e MacDougal (2003) resumiram o grupo em quatro subgêneros: *P.* subg. *Astrophea* (DC.) Masters (1871: 629), *P.* subg. *Deidamioides* (Harms) Killip (1938: 25), *P.* subg. *Decaloba* (DC.) Reichenbach (1828: 132) e *P.* subg. *Passiflora*. Atualmente, *Tetrapathaea* (DC.) P.S.Green (1972: 552), delimitado por Krosnick *et al.* (2009) e *Tryphostemmatoides* (Harms) Killip (1938: 24), foram reconhecidos e apoiados filogeneticamente (Yockteng & Nadot 2004, Muschner *et al.* 2012, Krosnick *et al.* 2013, Buitrago *et al.* 2018), com seis subgêneros no total.

Dysosmia de Candolle (1822: 434-436) foi classificada por Feuillet e MacDougal (2003) como uma seção da superseção *Stipulata* (2003: 37) dentro do gênero *Passiflora*, que é conhecido por sua grande variação na morfologia foliar. Anteriormente classificado como um subgênero por Killip (1938), *Dysosmia* foi revisado por Vanderplank (2013), que reconheceu 21 espécies e vários táxons infraespecíficos. Esta seção pode ser distinguida pelas estípulas que são profundamente fendidas, frequentemente glandulares e altamente filiformes e pinatisectadas e frequentemente brácteas involucras glandulares e folhas com glândulas epidérmicas ou tricomas glandulares na superfície abaxial (Svoboda e Ballard Jr. 2018).

Dysosmia varia da porção sul da América do Norte até a América Central e do Sul e a região leste entre as ilhas do Caribe, com alguns registros de sua presença nos trópicos do Velho Mundo (Vanderplank 2013). Onze espécies foram listadas para o Brasil; a maioria delas é endêmica (Bernacci *et al.* 2020), e duas estão ameaçados de extinção (CNCFlora 2012, MMA 2014): *P. campanulata* Masters (1872: 615), *P. clathrata* Masters (1872: 580), *P. hypoglauca* Harms (1922: 296) (Em perigo - EN), *P. boticarioana* Cervi (2006: 385), *P. chrysophylla* Chodat (1902: 733), *P. foetida* Linnaeus (1753: 959), *P. lepidota* Masters (1872: 581), *P. setulosa* Killip (1938: 515) (EN), *P. vellozoi* Gardner (1845: 103), *P. vesicaria* Linnaeus (1759: 20) e *P. villosa* Vellozo (1831: 87).

Na região Sudeste do Brasil, a Serra da Mantiqueira, uma cordilheira de grande importância biológica, que abriga muitas espécies raras e endêmicas da flora, muitas delas ameaçadas de extinção (Machado-Filho *et al.* 1983, Drummond *et al.* 2005). Foram registradas para esta região aproximadamente 50 espécies de *Passiflora*, com seis espécies da *P.* seção *Dysosmia* (*P. campanulata*, *P. clathrata*, *P. foetida*, *P. setulosa*, *P. vellozoi* e *P. villosa*) (Moraes *et al.* 2020).

Durante expedições científicas realizadas ao longo da Serra da Mantiqueira, foi encontrada no Parque Nacional do Caparaó (PNC) uma população de *Passiflora* com características únicas, tais como pecíolo sem glândulas, filamentos de coroa branca com bandagens de azul a roxo, ovário e fruto glabro. O PNC está localizado na região do Caparaó entre os estados de Minas Gerais e o Espírito Santo (20°19' – 20°37'S e 41°43' – 41°53'W), na porção norte da cordilheira da Mantiqueira. Esta região possui amplo gradiente de altitude, variando de 997 a 2.890 m de altitude. Sua vegetação é caracterizada por diferentes fitofisionomias, incluindo floresta ombrófila densa (montana e alto montana), floresta estacional semidecidual montana e campos de altitude (ICMBio 2015). Esta nova espécie foi coletada em áreas de floresta nebulosa, na transição entre floresta ombrófila montana alta e campos de altitude. Após análise morfológica das estruturas vegetativas e reprodutivas e comparação com espécies semelhantes, descrevemos uma nova espécie da flora brasileira. Informações sobre sua distribuição, habitat, fenologia e conservação são incluídas.

2. Material e Método

2.1. Tratamento taxonômico

Durante estudos taxonômicos de Passifloraceae realizados entre 2017 e 2020 em diferentes áreas protegidas das serras da Mantiqueira e do Mar, os espécimes coletados no PNC foram depositados no herbário CESJ, analisados, descritos e ilustrados. O tratamento taxonômico e a comparação com outras espécies próximas da seção *Dysosmia* foram baseados em espécimes coletados em campo, coleções de herbários depositadas na RB e CESJ (siglas de Thiers, continuamente atualizadas) e registros disponíveis em bancos de dados *online*, como SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br/>) e JABOT (<http://rb.jbrj.gov.br/v2/consulta.ph.>).

Além disso, analisamos material de herbários estrangeiros (AS, B, K, P, S e US) e imagens digitais dos espécimes-tipo. As descrições originais foram consultadas (Vellozo 1831, Gardner 1845, Masters 1872, Killip 1938), bem como outros estudos taxonômicos (Killip 1938, Cervi & Bidá 1986, Bernacci 2003, Milward-de-Azevedo 2007, Mezzonato-Pires *et al.* 2013, Vanderplank 2013 e Imig *et al.* 2018). Todas as siglas de herbário seguem *Index Herbariorum* (Thiers 2021) e SiBBR - Sistema de Informação da Biodiversidade Brasileira (<https://collectory.sibbr.gov.br/collectory/>).

Os registros de ocorrência da nova espécie proposta foram plotados em um mapa. Além disso, calculamos a Área de Ocupação (AOO) e a Extensão de Ocorrência (EOO) usando a ferramenta GeoCAT, com largura de célula de 2 km (Ferramentas de Avaliação de Conservação, <http://geocat.kew.org/>) (Moat 2007), que fornecem a classificação do estado de conservação de acordo com os critérios da IUCN (2019).

Para comparar a distribuição geográfica do novo táxon proposto com *P. campanulata*, sua espécie mais próxima, os registros de ocorrência de ambos os táxons foram sobrepostos com *shapefiles* de território usando o software QGIS 3.4 (QGIS Development Team 2019). As coordenadas geográficas foram obtidas nos referidos bancos de dados *online* e coleções de herbários, e os registros foram confirmados por especialistas da família.

2.2. Análise estatística

Para destacar as diferenças entre o novo táxon proposto e *P. campanulata*, sua espécie mais próxima, realizamos uma análise morfométrica. Variáveis morfológicas foram medidas e pontuadas em 16 espécimes de herbário (AS, CESJ, K, MBM, P, RB, S, UEC, US) e 14 espécimes coletados em três populações naturais na Serra da Mantiqueira e Serra do Mar (Tabela 1). Analisamos uma única flor e folha totalmente

desenvolvida por espécime. No total, 13 caracteres quantitativos foram medidos e quatro caracteres qualitativos foram pontuados (Tabela 2). A matriz de dados foi padronizada no intervalo de 0 a 1 e foi realizada uma análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), com o índice Gower como medida de similaridade (Gower 1971). A análise foi realizada utilizando os pacotes FD e vegan (Laliberté & Legendre 2010, Oksanen *et al.* 2020). E para testar a diferença entre as espécies, usamos uma PERMOVA por meio da função “adonis” do pacote pairwiseAdonis (Martinez 2020). Todas as análises foram realizadas no programa R, versão 4.0.3 (R *Development Core Team* 2020).

Tabela 1. Lista de espécimes usados na análise estatística.

Código	Nome do Táxon	Estado, localização	Dados de coleta	Herbário
capar5121	<i>P.caparaoensis</i>	Minas Gerais, Alto Caparaó, Parque Nacional Caparaó.	<i>L.S Leoni 3432</i>	RB
capar5125		-	<i>L.S Leoni 3747</i>	RB
capar130		-	<i>A.M. Moraes & A.P.G Faria 376</i>	CESJ
capar129		-	<i>A.M. Moraes & A.P.G Faria</i>	-
capar154		-	<i>A.M. Moraes & R.F. Tiburtino 381</i>	CESJ
camp9778	<i>P.campanulata</i>	Minas Gerais, Lima Duarte, Parque Estadual Ibitipoca.	<i>A.S.M. Valente & F.S. Araújo 166</i>	CESJ
camp144		-	<i>A.M. Moraes</i>	-
camp145		-	<i>A.M. Moraes</i>	-
camp146		-	<i>A.M. Moraes</i>	-
camp147		-	<i>A.M. Moraes</i>	-
camp148		-	<i>A.M. Moraes</i>	-
camp149		-	<i>A.M. Moraes</i>	-
camp150		-	<i>A.M. Moraes</i>	-
camp5875		-	<i>E.V.S.S. Medeiros 421</i>	RB
camp7082		-	<i>D. Monteiro 639</i>	RB
camp8087		Minas Gerais, Itamonte, Serra Fina	<i>L.D Meireles, G.J Shepherd, R. Belinello 1476</i>	UEC
camp5751		Minas Gerais, Passa Quatro, Serra Fina	<i>L.D. Meireles, J.A. Nunes, T.R. Cordeiro 1569</i>	UEC
camp3766		Rio de Janeiro, Itamonte, Parque Nacional Itatiaia.	<i>R. Marquete 3435</i>	RB
camp1		-	<i>A.M. Moraes</i>	
camp2		-	<i>A.M. Moraes</i>	
camp3		-	<i>A.M. Moraes</i>	
camp4		-	<i>A.M. Moraes</i>	
camp5		-	<i>A.M. Moraes</i>	
camp10		-	<i>A.M. Moraes</i>	
camp126		Rio de Janeiro, Teresópolis, Parque Nacional da Serra dos Órgãos.	<i>N.B.G. Fernandes & A.M. Moraes 7</i>	HCTR

Código	Nome do Táxon	Estado, localização	Dados de coleta	Herbário
camp121		-	<i>N.B.G. Fernandes & A.M. Moraes</i>	
camp128		-	<i>N.B.G. Fernandes & A.M. Moraes</i>	
camp23327		Rio de Janeiro, Organ Mountains	<i>W. Lobb</i>	K
camp04593		-		
camp4823		Paraná, Jaguariahyva	<i>Dusén 16964</i>	S, US
camp44178		Paraná, Quatro Barras	<i>A.C. Cervi et al. 3055</i>	MBM
camp5762		Paraná, Paranaguá	<i>G. Hatschbach, A.R. Campos, A.R. Campos 57920</i>	ASU
camp6103		Paraná, Rio São João, Carambeí	<i>M.E. Engels, E.D. Lozano 1900</i>	MBM
camp9132		Paraná, Campina Grande do Sul, Serra do Ibitiraquire	<i>M.E. Engels, E.D. Lozano, M. Reginato, E.D. Lozano, M. Reginato 2342</i>	MBM
camp9097		Paraná, Guaratuba, Serra do Araçatuba, Morro dos Perdidos	<i>E.P. Santos et al.725</i>	MBM
camp9414		Santa Catarina, Campo Alegre, Serra do Quiriri	<i>J.M. Silva 8482</i>	MBM
		São Paulo, Apiahy, Camino de la Vila Velha	<i>Puiggari</i>	P

Tabela 2. Caracteres morfológicos descritivos e morfométricos usados na análise estatística.

Caracteres morfológicos (Código)	Estado	Unidade
Estipula		
Margem (Est_marg)	0= Inteira, 1= Ligeiramente denteada, 2= Profundamente sectada/denteada, 3= Denteada e longo-estipitada	
Bráctea		
Margem (B_marg)	0= Inteira, 1= Ligeiramente denteada, 2=Denteada, 3= Profundamente denteada a lacerada	
Glândula na margem (glan_marg)	0= Séssil, 1= Longo-estipitada	
Indumento do ovário	0= Glabro, 1= Piloso	
Morfométricos		
Nervura Central (nv_cen)		cm
Largura máxima (Lg_mx)		cm
Largura a $\frac{3}{4}$ do comprimento (Lg_3/4)		cm
Largura a $\frac{1}{4}$ do comprimento (Lg_1/4)		cm
Comprimento máximo do lobo médio (Cp_lbmed)		cm
Largura máxima do lobo médio (Lg_lbmed)		cm
Comprimento máximo do lobo lateral (Cp_lblat)		cm
Largura máxima do lobo lateral (Lg_lblat)		cm
Ângulo divergente (ang)		Grau (°)
Comprimento máximo da estipula (Cp_est)		cm
Largura máxima da estipula (Lg_est)		cm
Comprimento máximo do pecíolo (Cp_pec)		cm
Número de glândulas no pecíolo (glan_pec)		Número

3. Resultados

Chave para espécies de *Passiflora* seção *Dysosmia* da Serra da Mantiqueira, sudeste da Floresta Atlântica, Brasil.

1. Folhas profundamente lobadas a lobadas.....2
- 1'. Folhas superficialmente 3-lobadas.....4
2. Brácteas e estípulas com margens lacerado-dentadas, ambas as faces glabras.....1. *P. setulosa*
- 2'. Brácteas e estípulas com margens dentada a pinatifida, ambas as faces esparsas a densamente pilosas.....3
3. Pecíolos com 3 a 8 glândulas pediceladas; estípulas densamente vilosas, margem profundamente glandular-dentada; lâmina foliar com face abaxial densamente pubescente; ovário e fruto hirsuto a pubescente.....2. *P. campanulata*
- 3'. Pecíolos sem glândulas; estípulas esparsamente hirsuto, margem ligeiramente glandular-dentada; lâmina foliar com face abaxial esparsamente hirsuta; ovário e frutos glabros.....3. *P. caparaoensis*
- 4'. Pecíolo com 2–6 glândulas estipitadas, ovário hirsuto.....4. *P. vellozoi*
4. Pecíolo sem glândulas, ovário glabros.....5. *P. villosa*

3.1. Tratamento Taxonômico

Passiflora caparaoensis Moraes, Milward-de-Azevedo & Faria, *sp. nov.* (Figs. 1 e 2)

Diagnose:—Esta espécie é caracterizada por gavinhas rosa a vermelho escuro; estípulas assimétricas com ápice aristado, margem ligeiramente dentada terminando em glândulas, indumento esparso na superfície abaxial e glabro na superfície adaxial, pecíolos sem glândulas, lâminas foliares com 3 lobadas, margem inteira com tricomas,

superfície adaxial esparsamente pubescente, superfície abaxial esparsamente hirsuto com nervuras principais hispidas. Brácteas maculadas de rosa, ovadas a ovado-lanceolado, margem dentada terminando em glândulas, corona trisseriada com filamentos de bandeados de vináceo a púrpura, a 2 mm da base. Ovário e fruto glabro.

Typus:—BRAZIL. Minas Gerais: Alto Caparaó, Parque Nacional do Caparaó, Tronqueira, elev. 2,000 m.a.s.l., 24 Janeiro 2019, *A.M. Moraes & A.P.G. Faria 376* (Holotypus CESJ!).

Descrição:—**Trepadeira**, herbácea; indumento hirsuto a tricomas vilosos, unicelulares e filiformes. **Caule** cilíndrico, sulcado, esverdeado a avermelhado, viloso. Gavinhas rosa a vermelho escuro, hirsuto. **Estípulas** 0.9–1.6 × 0.4–0.7 cm, semi-ovada, assimétrico, ápice aristado, base oblíqua/assimétrica, margem ligeiramente dentada terminando em glândulas, uma veia central hirsuta terminando em arista, superfície abaxial esparsamente hirsuta, superfície adaxial glabra. **Pecíolos** com 0.7–1.7 cm de comprimento, hirsuto a hispído, glândulas ausentes. **Lâminas foliares** 3.2–6.5 × 4–6.9 cm, 1.7–2.9 × 1–1.9 cm (lm), 0.9–1.8 × 0.6–1.3 cm (ll), cartáceas, 3-lobadas, lóbulos oblongo-lanceolados, ângulo divergente 48°–50°, ápice agudo, apiculado, base arredondada a subcordada, margem inteira com tricomas, às vezes com base denteada terminando em glândula, superfície adaxial esparsamente pubescente, superfície abaxial moderadamente hirsuta com veias principais hispidas, nervuras verde-claro. **Brácteas** 1.2–1.9 × 0.7–1.3 cm, maculada de rosa a vináceo, persistente, verticilada, ovalada a ovalada-lanceolada, ápice agudo terminando em arista, base cordada, margem dentada terminando em glândula, nervura central hirsuta, indumento esparsamente hirsuto, maculado de rosa a vináceo, persistente, verticilado. **Pedúnculos** com 1.9–2.9 cm de

comprimento, solitários; **pedicelos** com 0.25–0.3 cm de comprimento. **Botões florais** ca. 1 cm, oval; **hipanto** 2.7–3 cm. **Flores** brancas a creme; **sépalas** 1–1.3 × 0.2–0.4 cm, ápice obtuso, superfície abaxial hirsuta, nervura central aristada com, indumento esparsamente hirsuto; **pétalas** ca. 0.7 × 0.1 cm, ápice agudo; **corona** trisseriada, dois filamentos externos de 0.9–1 cm de comprimento, filiforme, intercalados, ápice arredondado, bandas vináceas a roxa 0.2 cm da base, filamentos internos de 0.15–0.2 mm de comprimento, filiforme, ápice arredondado, branco a roxo; **opérculo** de 0.15–0.3 cm de comprimento, membranáceo, margem interna ondulada, ápice com filamentos de 0.1–0.2 mm de comprimento, ápice clavado a bilobado; **límen** 0.1–0.15 × 0.4–0.5 cm, cupuliforme; **androgínóforo** 0.5–1 cm de comprimento; **filamentos** de 0.4–0.5 cm de comprimento, **anteras** de 0.3–0.4 × 0.15–0.2 cm; **ovário** 0.35–0.4 × 0.2 cm, oblongo-lanceolado, glabro; **estiletos** de 0.4–0.9 cm de comprimento. **Fruto** baga ca. 3.6 × 2.0 cm, verde imaturo, ovoide, glabro. **Sementes** 0.5–0.6 × 0.25–0.3 cm, oblonga, testa foveolada.

Espécimes adicionais examinados:—*Passiflora caparaoensis*. BRAZIL. Minas Gerais: Alto Caparaó, Parque Nacional do Caparaó, 09 Setembro 1997, *L.S. Leoni 3747* (RB); 09 Janeiro 2021, *A.M. Moraes & R.F. Tiburtino 381* (Paratypus CESJ!).

Distribuição e habitat:—Até o momento, a distribuição de *P. caparaoensis* parece estar restrita ao PNC. Esta população conhecida ocorre em uma altitude de 1,990 a 2,200 m.a.s.l. em uma floresta de nebular, na área de transição entre floresta ombrófila de alta montanha e campos de altitude, perto do leito do rio. Nesse ambiente, as temperaturas podem ser extremamente baixas ao longo do ano (chegando a ca. min 4°C) (ICMBio 2015).

Etimologia:— O nome da nova espécie se refere à localização de seu registro, conhecida como região do Caparaó, entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, e que dá o nome ao Parque Nacional do Caparaó.

Fenologia:— Esta espécie foi coletada com botões, flores e frutos em janeiro e com flores em setembro.

Estado de Conservação— A população observada de *P. caparaensis* continha menos de dez indivíduos maduros. Em sua área de ocorrência, encontramos a presença de uma espécie invasora de samambaia, *Pteridium aquilinum* (L.) Kunth (1879: 11), e um fluxo contínuo de turistas. No momento, não temos conhecimento de nenhuma outra localidade onde a espécie persista. Portanto, sugerimos que a espécie pode ser considerada como Criticamente em Perigo (CR), um estado de conservação caracterizado como D, segundo os critérios da IUCN (2019), devido à sua pequena amplitude de distribuição (Área de Ocupação = 4 km²; Extensão de Ocorrência = 0,003 km²; Célula = 2 km), além dos demais fatores mencionados anteriormente.

Material adicional de espécies de *Dysosmia* para comparação:—*Passiflora campanulata*. BRASIL. Minas Gerais: Lima Duarte, Distrito de Conceição do Ibitipoca, Parque Estadual do Ibitipoca, Extremidade norte, 23 Março 2002, A.S.M. Valente & F.S. Araújo 166 (CESJ!). Rio de Janeiro: Teresópolis, Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Pedra do Sino, 22°27'24,0"S, 43° 01'17,3"W, 2,016 m.a.s.l., 14 Janeiro 2019, N.B.G. Fernandes & A.M. Moraes 7 (HCTR!). Organ Mountains, sem data, W. Lobb s.n. (K, Holotype). Paraná, Monte Alegre, 19 Abril 1912, P. Dusén 14078 (S, Holotype). *Passiflora setulosa*. BRASIL. Paraná: Jaguariahyva, Abril 1915, P.K. Dusén 16964 (S, Holotype, US, Isotypus). *Passiflora vellozoi*. BRASIL. Minas gerais: Baependi, Toca dos Urubus, 29 Dezembro 2004, F.M. Ferreira 917 (CESJ!). Rio de

Janeiro: Itatiaia, Trilha Ruy Braga, Parque Nacional do Itatiaia, 1308 m.a.s.l. 24
Setembro 2018 *A.M. Moraes & R.F. Tiburtino s.n.* (UFJF!). Petrópolis, Cachoeira da
Bromélia, Parnaso, 22°27'51,1"S, 43°05'24,4"W, 1047 m m.a.s.l., 2 Fevereiro 2018,
M.A. Milward-de-Azevedo et al. 481 (HCTR!). *Passiflora villosa*. BRAZIL. São Paulo:
São Paulo, 20 Novembro 1941, *B.J Pickel* 5512 (US).

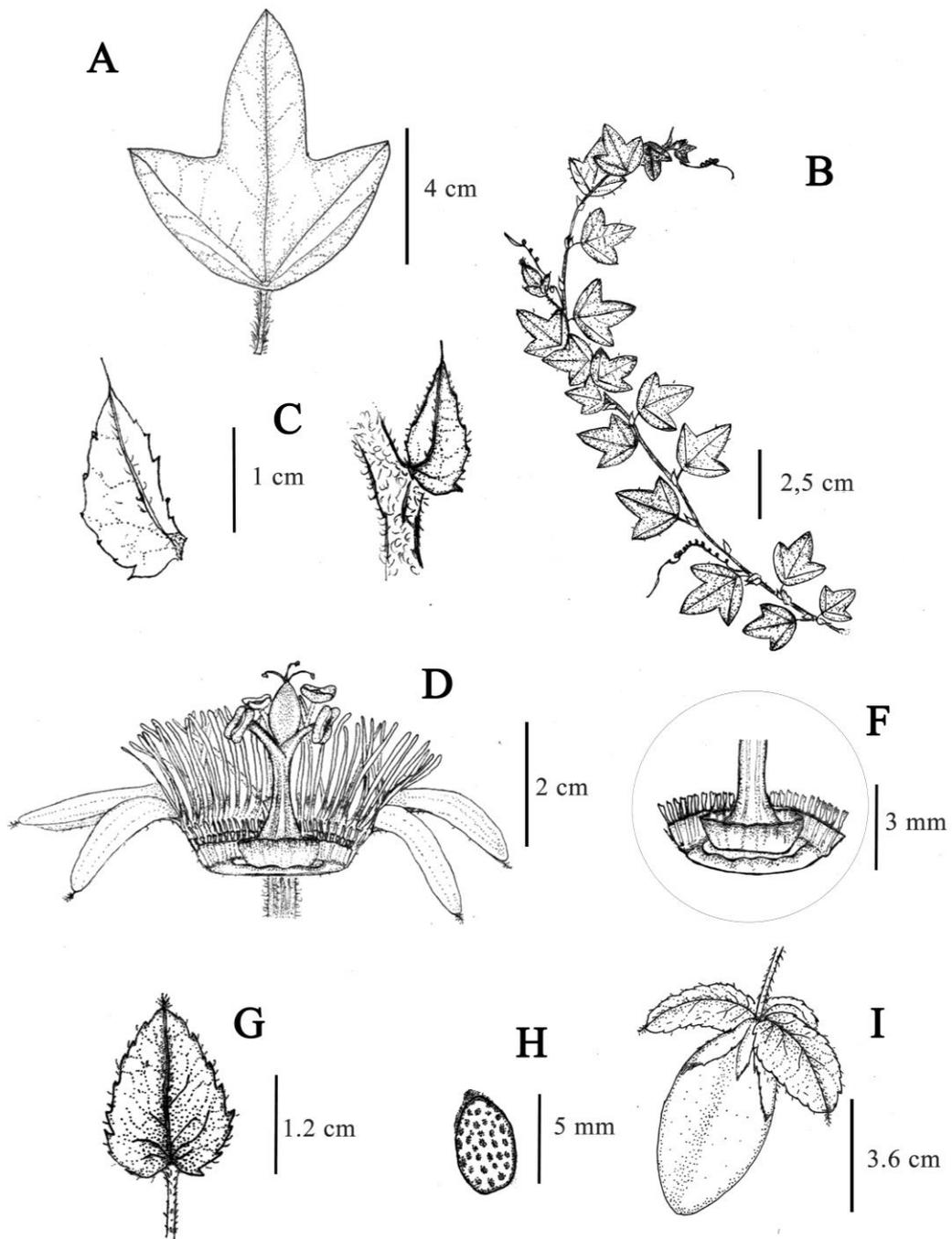


Figura 1. *Passiflora caparaoensis* Moraes, Milward-de-Azevedo & Faria: A. folhas, B. ramo, C. estipulas, D. corte longitudinal da flor, E. detalhe do opérculo e límen, F. Brácteas (A.M. Moraes & A.P.G. Faria 376), G. semente, H. fruto (A.M. Moraes & R.F. Tiburtino 381). Desenhado por Andreza M. Moraes.

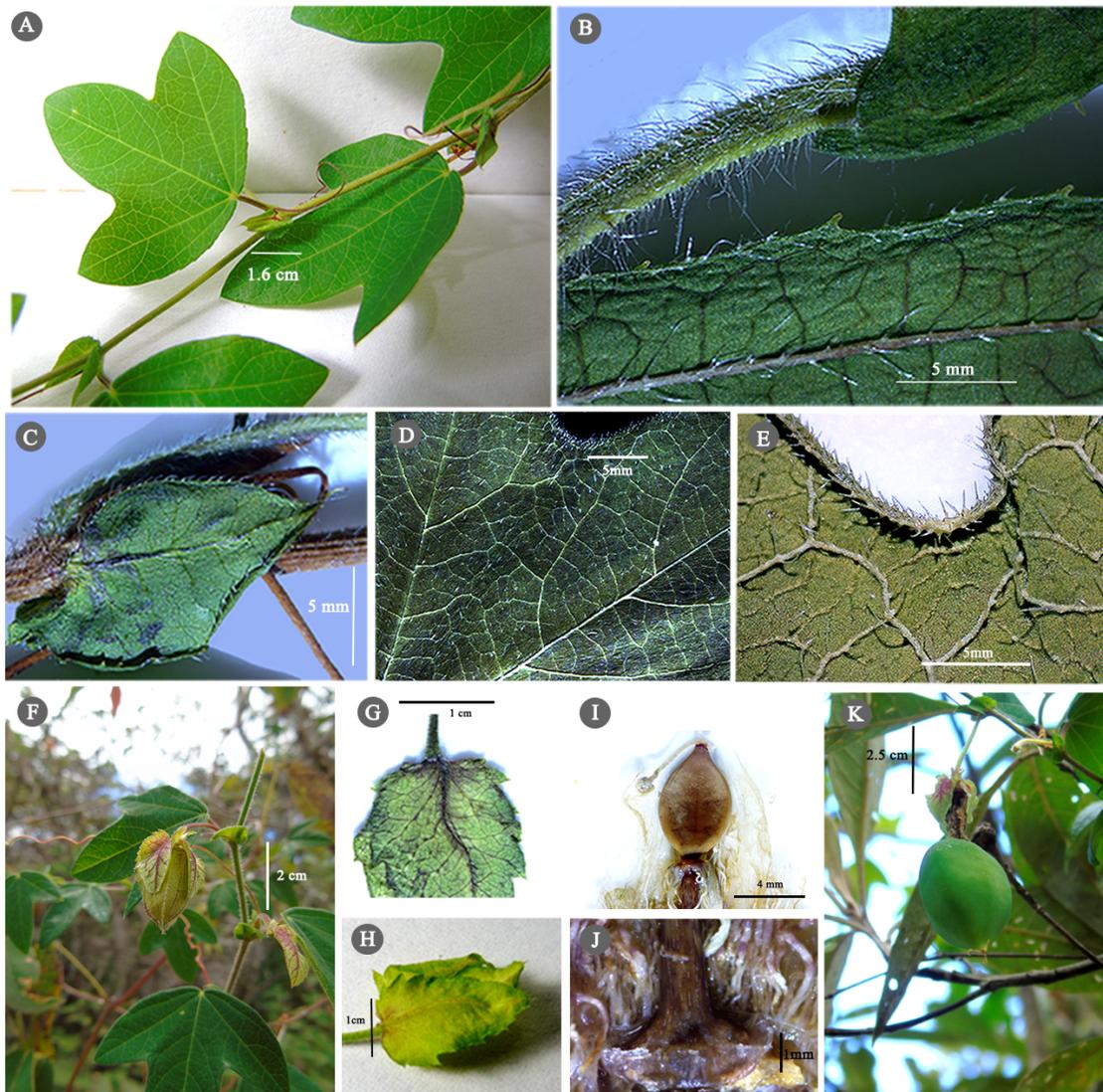


Figura 2. *Passiflora caparaoensis* Moraes, Milward-de-Azevedo & Faria: A. ramo com folhas, estímulas e gavinhas, B. detalhe do pecíolo sem glândulas e base da folha dentada terminando em glândulas C. estípula, D. adaxial das folhas, E. face abaxial das folhas, F. ramo com folhas e botão floral, G. detalhe das brácteas, H. brácteas envelhecidas, I. ovário, J. detalhe do opérculo e límen (A.M. Moraes & A.P.G. Faria 376), K. fruto (A.M. Moraes & R.F. Tiburtino 381). Fotografado por Ana Paula G. de Faria e Andreza M. Moraes.

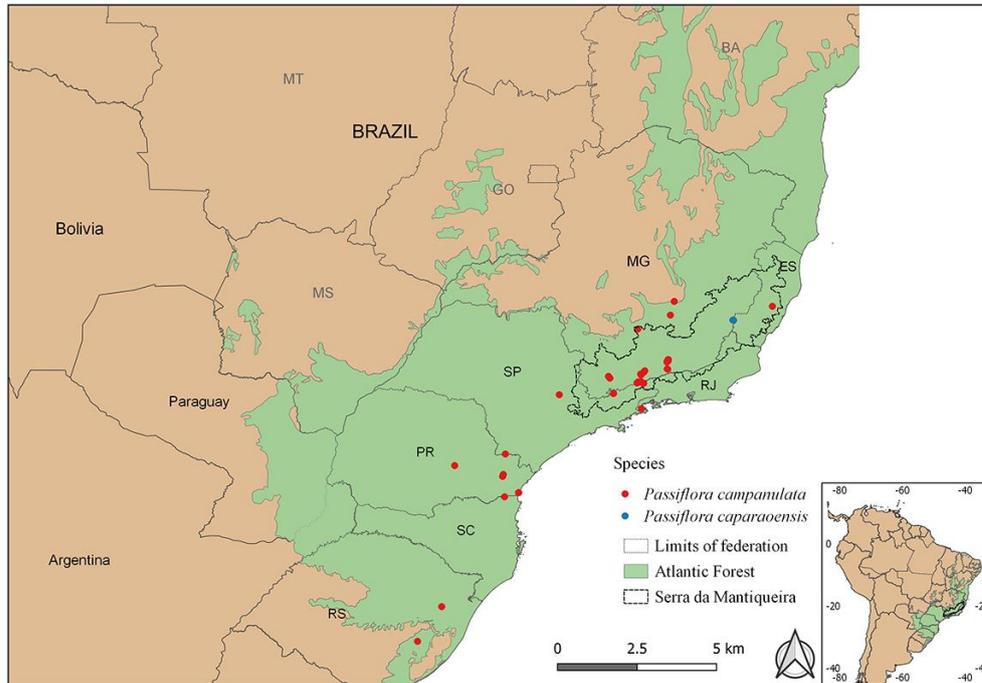


Figura 3. Mapa de distribuição geográfica *P. caparaoensis* Moraes, Milward-de-Azevedo & Faria e *P. campanulata* Mast. em Parque Nacional do Caparaó, Minas Gerais.

3.2. Análise estatística

O diagrama NMDS apontou dois grupos (estresse = 8%), um com tendência à aglomeração nos pontos vermelhos constituídos pelos indivíduos de *P. campanulata* e o outro com pontos azuis constituindo os indivíduos de *P. caparaoensis* (Fig. 4). A análise PERMANOVA confirmou a existência de uma diferença significativa entre *P. campanulata* e a nova espécie proposta ($p = 0,001$; $R^2 = 0,41$).

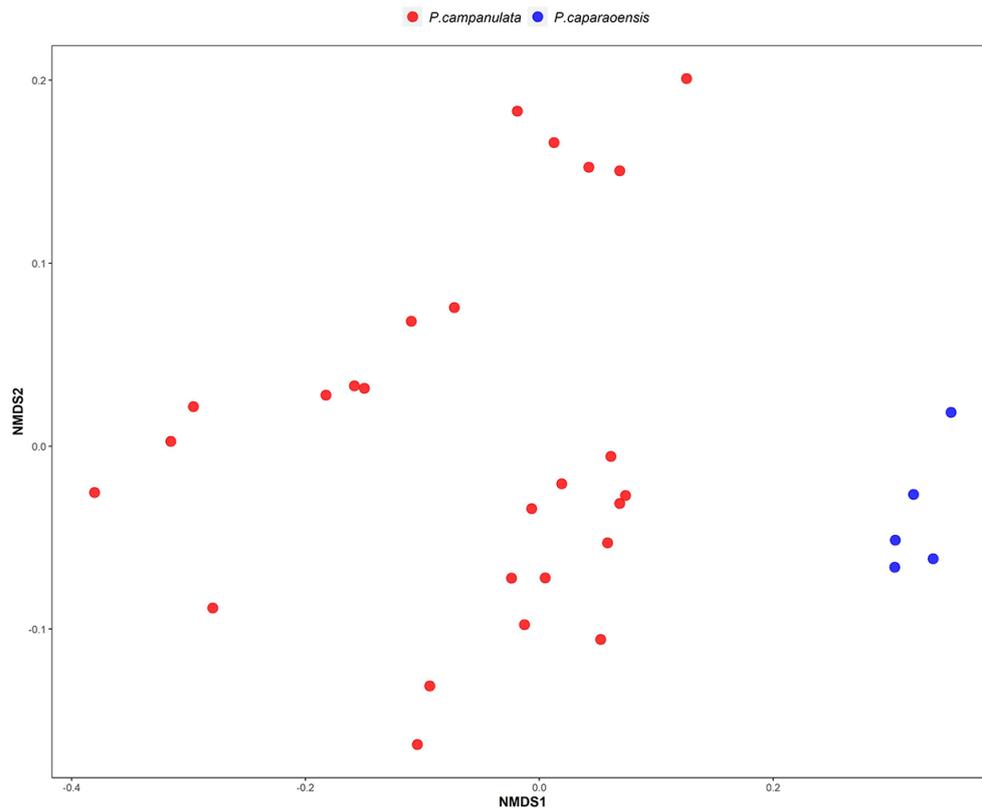


Figura 4. Diagrama de Ordenação produzido pela análise NMDS (Escalonamento Multidimensional Não Métrico) baseada na matriz de caracteres morfológicos *P. caparaensis* Moraes, Milward-de-Azevedo & Faria e *P. campanulata* Mast.

Tabela 3. Características diagnósticas de *Passiflora caparaoensis* Moraes, Milward-de-Azevedo & Faria, e espécies da seção *Dysosmia* intimamente relacionadas.

	<i>P. caparaoensis</i>	<i>P. campanulata</i>	<i>P. vellozoi</i>	<i>P. villosa</i>	<i>P. setulosa</i>
Estípulas	Assimétrico, semi-ovado, ápice com arista, base oblíqua, ligeiramente denteado, terminando em glândula. Superfície abaxial esparsamente hirsuta, superfície adaxial glabra.	Assimétrico, semi-ovado, ápice cuspidado a acuminado, base oblíqua, denteado a pinatífido, terminando em glândula a estipitado. Densamente viloso em ambas as superfícies.	Semi-ovado, ápice com dentes aristados, base assimétrica, lacerado-denteado, com ponta glandular. Vilosidades da superfície abaxial e glabras da superfície adaxial com tricomas na margem.	Ovado-lanceolado, ápice com dentes aristado, base assimétrica, lacerado-denteados, dentes aristados e terminando em glândulas. Glabro, com tricomas na margem.	Semi-oblongo, ápice lacerado, base assimétrica, glândula lacerado-denteada com ponta. Glabro com tricomas na margem e veia central excêntrica.
Pecíolos	Hirsutos a híspidos, glândulas ausentes.	Vilosos, 2 a 4 glândulas estipitadas.	Pilosos, 1 a 2 glândulas estipitadas.	Pilosos, glândulas ausentes.	Pilosos, 2 a 4 glândulas estipitadas.
Folhas	Trilobadas. Lobos oblongo-lanceolados, margem inteira e denteada na base, superfície adaxial pubescente e superfície abaxial esparsamente hirsuta.	Trilobadas. Lobos lanceolados a oblongo-lanceolados, margem inteira a serrilhada, superfície adaxial pubescente, superfície abaxial densamente vilosa.	Trilobadas. Lobos ovado-lanceolados, margem denteada, terminando em glândula, adaxial densamente vilosa e abaxial vilosa.	Ligeiramente trilobadas. Lobos largamente ovado-lanceolados, margem glandular-ciliada, densamente vilosa em ambas as faces.	Profundamente trilobadas. Lobos estreitamente elípticos, margem serreada, setulosa em ambas as faces.
Brácteas	Ovado a ovado-lanceoladas, margem denteadas, hirsutas.	Ovado-lanceoladas a lanceoladas, margem pinatífidas, denteadas, hirsutas.	Lanceoladas a oblongo-lanceolados, margem acerado-denteadas ou pinatífidas, pubérulo, ciliada.	Ovado-lanceoladas, Margem profundamente lacerado-denteadas e terminando em glândula, hirsuta.	Lanceoladas, lacerado-denteadas, densamente setulosa na margem, glabra.

Flores	Ovário oblongo-lanceolado, glabro. Três séries de filamentos: duas externas, branco, bandeado de azul a roxo a 2 mm da base, série interna branca a roxo.	Ovário globoso a oblongo, viloso. Três séries de filamentos: duas externas, branco, salteadas de rosa até cerca da metade, serie interna rosa pálido no ápice.	Ovário ovoide, hirsuto. Três séries de filamentos: duas externas, roxo pálido em direção à base, série interna roxa pálida.	Ovário ovoide a globoso, glabro. Três séries de filamentos: duas externas, branco bandeado com vermelho-roxeadado pálido, série interna rosa pálido.	Ovário elíptico a ovoide, glabro. Duas a três séries de filamentos: externas longas como as sépalas e pétalas, ligeiramente violáceas no terço superior, série interna branca.
---------------	---	--	---	--	--

4. Discussão

Passiflora campanulata, *P. vellozoi*, *P. villosa* e *P. setulosa*, espécies de *P. sect. Dysosmia* que ocorrem no sudeste do Brasil, também na Serra da Mantiqueira (Bernacci et al. 2020; Moraes et al. 2020), são quatro das cinco espécies trilobadas mais estreitamente relacionadas com *P. caparaoensis*.

Passiflora caparaoensis é semelhante a *P. campanulata* em suas folhas com lobos oblongo-lanceolados, além das estípulas assimétricas com margem dentada e brácteas oval a oval-lanceoladas com margem dentada (Fig. 1A-C, F; Fig. 2D-F, I; Tabela 3). Segundo Masters (1872), o espécime-tipo de *P. campanulata* apresenta folhas com lobos oblongo-agudos, margem serrilhada, mucronado, pecíolos com quatro glândulas estipitadas, estípulas lanceoladas, margem glandular serrilhada, flores com ovário oblongo e indumento hispido. *Passiflora caparaoensis*, por sua vez, é claramente distinguível pelos pecíolos sem glândulas, estípulas com margem ligeiramente dentada, glabras ou com indumento esparso, e lâminas foliares com lóbulos ovado-lanceolados. Também se distingue pelos filamentos corona brancos bandeado de vináceo a roxo a 2 mm da base, ovário e glabro do fruto (Fig. 1A-H; Fig. 2B-E, G-L). O ovário e o fruto glabro reforçam a delimitação desta nova espécie, visto que os caracteres reprodutivos, principalmente nas flores, são mais conservadores do que os vegetativos (Stace 1991). Além disso, a análise estatística apontou valores significativos que suportam as diferenças morfológicas entre *P. campanulata* e *P. caparaoensis* (Fig. 4).

Esta nova espécie foi encontrada exclusivamente na vegetação de floresta nublada de pastagens de grande altitude (ca.~1.900 m elev.). *Passiflora campanulata* foi registrada entre 1,700 a 2,000 m (por exemplo, Milward-de Azevedo 2007, Mezzonato-Pires et al. 2013, Fernandes 2019, Moraes et al. 2020). As distribuições parcialmente sobrepostas podem gerar erros na sua identificação. No entanto, os registros de *P.*

campanulata estão mais concentrados na porção sul da Serra da Mantiqueira e outras áreas da Mata Atlântica, com apenas um registro no estado do Espírito Santo. Já a *Passiflora caparaoensis* ocorre em um ponto isolado da porção norte da Serra da Mantiqueira (Fig. 3), o que também diferencia essas espécies.

Passiflora caparaoensis também apresenta semelhanças com *P. villosa* pela ausência de glândulas nos pecíolos, ovários glabros e frutos, além de uma corona com três séries de filamentos. No entanto, é distinguida pelos lóbulos claramente definidos, lâminas oblongo-lanceoladas mais curtas em tamanho, indumento esparso, brácteas e estípulas não lacerado-dentadas (Fig. 1A-C, F; Fig. 2. D,E, K,L; Tabela 3). *Passiflora villosa* difere por suas folhas amplamente ovado-lanceoladas, levemente trilobadas e indumento típico (Killip 1938, Bernacci 2003). *Passiflora vellozoi* está intimamente associada a *P. villosa* por sua forma de folha (Vanderplank 2013), mas difere claramente de *P. caparaoensis* pela mesma característica, além de diferenças nas estípulas, brácteas, glândulas nos pecíolos, ovário e densidade do indumento. *Passiflora setulosa* é a menos relacionada a *P. caparaoensis* (apenas pelos filamentos trisseriado e ovário glabro) e difere em outras características vegetativas e reprodutivas (Killip 1938) (Tabela 3).

A descoberta desta nova espécie é importante para estudos taxonômicos deste grupo com espécies altamente correlacionadas e para sua conservação. Os registros desta espécie na região da serra da Mantiqueira enfatizam a relevância desta área na proteção das Passifloraceae s.s. e a necessidade de intensificação dos estudos florísticos sobre sua expressiva biodiversidade.

Referências

- Bernacci, L.C. (2003) *Passiflora* L. (Passifloraceae). In Wanderley, M.G.L., Shepherd, G. J., Giulietti, A. M. & Krizawa, M. (eds.) Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo. RIMA, FAPESP, São Paulo, pp. 248-271.
- Bernacci, L.C., Nunes, T.S., Mezzonato, A.C., Milward-de-Azevedo, M.A., Imig, D.C., Cervi, A.C. (in memoriam) (2020) *Passiflora in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12506>. (acesso: 1 February 2021).
- Buitrago, M.A., MacDougal, J. & Coca L.F. (2018) *Passiflora kumandayi* (Passifloraceae), a new species from the Colombian Andes in a new section within subgenus *Decaloba*. *Phytotaxa* 344: 13–23. doi.org/10.11646/phytotaxa.344.1.2.
- Candolle, A. P. de (1822) Sur les plantes rares ou nouvelles qui ont fleuri dans le Jardin de Botanique de Genève pendant les années 1819, 1820 et 1821. *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève*, 1, pp. 431-463.
- Cervi, A.C. (2006) A new species of *Passiflora* (Passifloraceae) from Minas Gerais, Brazil. *Brittonia* 58: 385-387.
- Cervi, A.C. & Bidá, A. (1986) Redescrição de *Passiflora setulosa* Killip. *Collectanea Botanica* 14: 47-251.
- Chodat, R.H. (1902) Plantae Hasslerianae. *Bulletin de l'Herbier Boissier, sér. 2*, 2: 733-747.
- CNCFlora (2012) *Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2*. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/> (acesso: 11 Janeiro 2021).

- Drummond, G.M., Martins, C.S., Machado, A.B.M., Sebaio, F.A. & Antonini, Y. (Orgs.) (2005) *Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação*. 2 ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, pp. 94-106.
- Fernandes, N.B.G. (2019) *Diversidade taxonômica e aspectos ecológicos de Passifloraceae s.s. no Parque Nacional Serra dos Órgãos*. Dissertação, Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 77pp.
- Feuillet, C. & MacDougal, J.M. (2003) A new infrageneric classification of *Passiflora* L. (Passifloraceae). *Passiflora* 13: 34-38.
- Gardner, G. (1845) Contributions towards a Flora of Brazil. *In*: Hooker, W.J. (ed) *London Journal of Botany* 4: 103.
- Green, P.S. (1972) *Passiflora* in Australasia and the Pacific. *Kew Bulletin* 26, 3: 539-558.
- Gower, J.C. (1971) A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27:857-871.
- Harms, H.A.T. (1922) Neue arten der gattung *Passiflora* L. *Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis* 18: 294-299.
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (2015). Plano de manejo para Parque Nacional do Caparaó. *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio)*, 517pp.
- Imig, D.C., Milward-de-Azevedo, M.A. & Cervi, A.C. (2018) Passifloraceae *sensu stricto* de Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 69, 4: 1701-1735. doi.org/10.1590/2175-7860201869415.
- IUCN (2012) *Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and National Levels*. Version 4.0 Gland, Switzerland and Cambridge, UK IUCN.

Available from: <https://www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria> (acesso: 11 Janeiro 2021).

JABOT – *Banco de Dados da Flora Brasileira*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico.

Disponível em: <http://jabot.jbrj.gov.br/v3/consulta.php> (acesso: 1 Janeiro 2021).

Killip, E.P. (1938) The American Species of Passifloraceae. *Publications of the Field Museum Natural History, Botanical Series* 19: 1-603.

Krosnick, S.E., Ford, A. & Freudenstein, J. (2009) Taxonomic revision of *Passiflora* subgenus *Tetrapathea* including the monotypic genera *Hollrungia* and *Tetrapathea* (Passifloraceae), and a new species of *Passiflora*. *Systematic Botany* 34: 375– 385.

Krosnick, S.E., Porter-Utley, K.E., MacDougal, J.M., Jørgensen, P.M. & McDade L.A. (2013) New insights into the evolution of *Passiflora* subgenus *Decaloba* (Passifloraceae): Phylogenetic relationships and morphological synapomorphies. *Systematic Botany* 38: 692–713. doi.org/10.1600/036364413X670359.

Kuhn, F.A.M. (1879) Dennstaedtiaceae. In: Ascherson, P.F.A *et al.* (eds). *Botanik von Ost-Afrika* 3, 3: 11.

Laliberté, E. & Legendre, P. (2010) A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology* 91: 299-305.

Linnaeus, C. (1753). *Species Plantarum*. Stockholm, Sweden, *Imprensus Laurentii Salvii* 2: 955.

Linnaeus, C. (1759) *Flora Jamaicensis*. Uppsala, Sweden, Publisher Unknown, 27 pp.

Machado-Filho L., Ribeiro M.W. & Gonzalez, S.R. et al. (1983) Geologia. In: *Projeto RADAMBRASIL*. Folhas SF: 23/24. Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro v 32, pp 1-779.

Martinez, A.P. (2020) pairwiseAdonis: Pairwise multilevel comparison using adonis. R package version 0.4.

- Masters, M.T. (1871) Contributions to the natural history of the Passifloraceae. *The Transactions of the Linnaean Society of London* 27: 593-645.
- Masters, M.T. (1872) Passifloraceae. In: Martius, C.F.P. & Eichler, A.G. (Eds.) *Flora Brasiliensis, enumeratio plantarum in Brasilia hactenus detectarum* (vol. 13). Leipzig, Germany: F. Fleischer, pp. 531-628.
- Mezzonato-Pires, A.C., Salimena, F.R.G. & Bernacci, L.C. (2013) Passifloraceae na Serra Negra, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 64, 1: 123-136. doi.org/10.1590/S2175-78602013000100011.
- Milward-de-Azevedo, M.A. (2007) Passifloraceae do Parque Estadual de Ibitipoca, Minas Gerais. *Boletim de Botânica, Universidade de São Paulo* 25, 1: 71-79. doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v25i1p71-79.
- MAA - Ministério do Meio Ambiente (2014) *Portaria MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014. Lista nacional oficial de espécies da flora ameaçada de extinção*. Diário Oficial da União, 18/12/2014, Section 1, pp 110-121. Disponível em: http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf. (acesso em 23 Dezembro 2020).
- Moraes, A.M., Milward-de-Azevedo, M.A., Menini Neto, L. & Faria, A.P.G. (2020) Distribution patterns of *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s) in the Serra da Mantiqueira, Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 43, 4: 999-1012. doi.org/10.1007/s40415-020-00665-w.
- Morellato, L.P. (2000) Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32, 4b: 786-792.
- Muschner, V.C., Zamberlan, P.M., Bonatto, S.L. & Freitas, L.B. (2012) Phylogeny, biogeography, and divergence times in *Passiflora* (Passifloraceae). *Genetics and Molecular Biology* 35: 1036–1043. doi.org/10.1590/S1415-47572012000600019.

- Muylaert, R.L., Vancine, M.H., Bernnardo, R., Oshima, J.E.F., Sobral-Souza, T., Tonetti, V.R., Niebuhr, B.B. & Ribeiro, M.C. (2018) Uma nota sobre os limites territoriais da Mata Atlântica. *Oecologia Australis* 22, 3: 302–311. doi.org/10.4257/oeco.2018.2203.09.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858. doi.org/10.1038/35002501.
- Pérez, J.O., d’Eeckenbrugge, G.C. (2017) Morphological characterization in the genus *Passiflora* L.: as approach to understanding its complex variability. *Plant Systematic and Evolution* 303: 531-558. doi.org/10.1007/s00606-017-1390-2.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O’hara, R.B., Gavin. L., Simpson, GL., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H. (2020) Vegan: Community Ecology Package. Version 2.5-7. Disponível em: <https://cran.r-project.org>, <https://github.com/vegandevs/vegan>. (acesso 1 Janeiro 2021).
- Reichenbach, H.G. (1828). *Conspectus regni vegetabilis per gradus naturales evoluti*. Leipzig, Germany: C. Cnobloch.
- Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J., Hirota, M.M. (2009) The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142: 1141–1153. doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021.
- SpeciesLink (2021) *Sistema de informação distribuído para coleções biológicas: a integração do Species Analyst e do SinBiota (FAPESP)*. Centro de Referência em Informação Ambiental-CRIA. Disponível em: <http://smlink.cria.org.br/>. (acesso 1 Janeiro 2021).

- Stace, C.A. (1991) *Plant Taxonomy and Biosystematics*. 2nd Edition. Cambridge University Press. 272p.
- Stehmann, J.R., Forzza, R.C., Salino, A., Sobral, M., Costa, P.C. & Kamino, L.H.Y. (eds.) (2009) *Plantas da Floresta Atlântica*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 1 ed. JBRJ, Rio de Janeiro, pp. 498–499.
- Svoboda, H.T. & Ballard Jr, H.E. (2018) Phenetic and cladistics studies help clarify species assemblages in *Passiflora* section *Dysosmia* (Passifloraceae). *Brittonia* 70: 15-24. doi.org/10.1007/s12228-017-9495-z.
- Thiers, B. (2021) *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Disponível em: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/> (acesso 1 Janeiro 2021).
- Vanderplank, J. (2013) A revision of *Passiflora* section *Dysosmia*. Passifloraceae. *Curtis's Botanical Magazine* 30, 4: 318–387.
- Vellozo, J.M.C. (1831 [1827]). *Flora fluminensis icones* (Vol. 9). Paris, France: Senefelder.
- Yockteng, R. & Nadot, S. (2004). Phylogenetic relationships among *Passiflora* species based on the glutamine synthetase nuclear gene expressed in chloroplast (ncpGS). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 31: 379–396. doi.org/10.1016/S1055-7903(03)00277-X.
- Werneck, M.S., Sobral, M.E.G., Rocha, C.T.V., Landau, E.C. & Stehmann, J.R. (2011) Distribution and endemism of Angiosperms in the Atlantic Forest. *Natureza & Conservação* 9, 2: 188-193. doi.org/10.4322/natcon.2011.024.