



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Natália Brandão Gonçalves Fernandes

***Passiflora* L. na ecorregião da Serra do Mar: Diversidade, padrões de
distribuição e conservação com ênfase na Serra da Bocaina, Brasil**

Rio de Janeiro

2024

Natália Brandão Gonçalves Fernandes

***Passiflora* L. na ecorregião da Serra do Mar: Diversidade, padrões de distribuição e conservação com ênfase na Serra da Bocaina, Brasil**



Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof.^a Dra. Michaelle Alvim Milward de Azevedo

Rio de Janeiro

2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CTC/A

F363 Fernandes, Natália Brandão Gonçalves
 Passiflora L. na ecorregião da Serra do Mar: diversidade, padrões de
distribuição e conservação com ênfase na Serra da Bocaina, Brasil/ Natália
Brandão Gonçalves Fernandes. . – 2024.
 121 f.: il.

 Orientadora: Michaela Alvim Milward de Azevedo
 Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.

 1. *Passiflora* - Teses. 2. *Passiflora* - Bocaina, Serra da (RJ e SP) - Teses.
I. Azevedo, Michaela Alvim Milward de. II. Universidade do Estado do Rio
de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 582.842.7

Patricia Bello Meijinhos CRB7/5217 - Bibliotecária responsável pela elaboração da ficha catalográfica

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese,
desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Natália Brandão Gonçalves Fernandes

***Passiflora* L. na ecorregião da Serra do Mar: Diversidade, padrões de distribuição e conservação com ênfase na Serra da Bocaina, Brasil**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 07 de fevereiro de 2024

Orientadora: Prof.^a Dra. Michaelle Alvim Milward de Azevedo
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ

Banca examinadora

Prof.^a Dra. Dulce Gilson Mantuano
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Gustavo Martinelli
Jardim Botânico do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Luis Carlos Bernacci
Instituto Agrônomo de Campinas – IAC

Prof. Dr. Luiz Menini Neto
Universidade Federal de Juiz de Fora

Rio de Janeiro
2024

DEDICATÓRIA

Para todos os professores que passaram por mim
durante a vida e de alguma forma me permitiram aprender algo.

AGRADECIMENTOS

Dissolver quase cinco anos em algumas palavras de agradecimento me parece pouco viável entre as demandas me ofertadas até aqui, mas tentarei ser breve e devolver com afeto tudo o que ganhei nessa caminhada não só como profissional, mas como pessoa. Gostaria de agradecer a todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para que esse trabalho acontecesse e eu conseguisse chegar até aqui.

À CAPES pelo apoio e suporte financeiro para realização da pesquisa.

À Universidade do Estado do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-Graduação de Biologia Vegetal pelo ensino, extensão, zelo e valor aos alunos da instituição.

À minha família, Pai, Mãe, minha madrastra, meus irmãos, Francisco, Lukas, Tamires, Alessandro e Ana Paula, agradeço o carinho, apoio, partilha, paciência e compreensão das minhas ausências.

À minha orientadora, Michaele, cruzamos muitas linhas nesses dez anos trabalhando juntas, entre campos, jantares, discussões científicas, afeto, choro, Miguel e todas as outras milhões de coisas boas e as ruins que passamos para chegarmos até aqui. Obrigada pela confiança, amor, maracujás, por crescer comigo e me mostrar de forma pouco convencional que é possível fazer ciência com zelo. Grande parte dessa caminhada só aconteceu porque você sempre acreditou em mim mais do que tudo.

Aos meus amigos, família que escolhi e que me escolheu, obrigada pela direção, pelas conversas ruins, pela divisão da existência, dos planos, dos caminhos, cervejas, bares, músicas e cuidado. Ramona, Thayza, Guilherme, Gisele, Vinicius, Ygor, Maria Beatriz, Raissa e Rai existir é confortável quando estou com vocês, obrigada pelo incentivo e por me darem a sensação incrível de que absolutamente tudo é possível.

Aos meus professores, companheiros e amigos que dividiram campo, ciência, escrita e diálogos que me deixam ainda mais apaixonada pelo percurso científico. O modo como acredito na ciência, só é bonito porque ele dialoga diretamente com vocês: Luis, Léo, Erika, Maria Beatriz, Helder, Andreza, Tião, Brenda e Amanda.

Aos meus companheiros de treino Enio e Paulo, a rotina só não foi massacrante nos últimos tempos, porque vocês e estavam lá no final do dia, todos os dias. Obrigada pela troca, dedicação, paciência e obviamente pelas piadas ruins.

Ao meu centro de treinamento Guarda Alta e à dedicação com que me ensinam e me desafiam diariamente: João, Hugo, Luiz e Záulio, obrigada pelos ensinamentos e carimbos nos últimos meses, fez toda a diferença para que eu conseguisse chegar até aqui.

E finalmente, ao Belchior, nada no mundo me preparou para te perder no percurso, mas foi um prazer inenarrável dividir metade desses anos com você e ter sempre seus olhos deitados em mim nos momentos de escrita.

É a repetição de afirmações que leva à crença. E uma vez que a crença se torna uma convicção profunda, as coisas começam a acontecer.

Muhammad Ali

RESUMO

FERNANDES, Natália Brandão Gonçalves. *Passiflora* L. na ecorregião da Serra do Mar: diversidade, padrões de distribuição e conservação com ênfase na Serra da Bocaina, Brasil. 2024. 121f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

No Brasil são registradas cerca de 157 espécies do gênero *Passiflora* L. das quais 84 pertencem ao Domínio Atlântico. A Serra do Mar está totalmente inserida neste domínio e possui altos níveis de diversidade e endemismo. A ecorregião é formada por escarpas ao longo de grande parte da costa, no leste do Brasil, entre os estados do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Estudos de distribuição de espécies são capazes de retratar a diversidade da área, os padrões de riqueza e particularidade de cada espécie ao longo de um gradiente. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi analisar os padrões de distribuição atual e possíveis futuros de espécies de *Passiflora*, para toda a Serra do Mar, dando ênfase à Serra da Bocaina. Realizamos os levantamentos de espécies de *Passiflora* de todos os municípios pertencentes à Serra do Mar, por meio de herbários físicos e virtuais, considerando todos os registros para a área. Foram feitos mapas de riqueza e esforço de coleta para toda a ecorregião e considerados fatores como altitude, temperatura e fitofisionomia, a fim de estabelecer os padrões de distribuição. Realizamos cálculos de área de ocupação (AOO) e extensão de ocorrência (EOO) para delinear o grau de ameaça das espécies da área. Um total de 53 espécies de *Passiflora* foram encontradas para a ecorregião e responderam significativamente aos filtros ambientais. Dentre as espécies encontradas, 22 são endêmicas do Domínio Atlântico e 21 estão registradas como ameaçadas. Em seguida, realizamos modelos preditivos em cenários climáticos pré-estabelecidos para compreender como essas espécies responderiam às mudanças nos próximos 50 anos. Para evitar viés, incluímos todas as espécies com o número superior a 100 registros e modelamos para os anos de 2050 e 2070, em cenários pessimistas e otimistas. Foi prevista grande perda de adequabilidade ambiental na área da ecorregião para o gênero em previsões futuras, demonstrando o quanto essas espécies podem sofrer com as pressões climáticas exercidas sobre elas. Posteriormente, um dos maciços pertencentes a Serra do Mar, foi selecionado para expedições científicas, a Serra da Bocaina, a fim de saber se as espécies apresentariam o mesmo padrão de resposta pontualmente que num contexto geral. A Serra da Bocaina está inserida nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo e foram selecionadas três unidades de conservação para a coleta ativa do material (Área de Proteção Ambiental Cairuçu, Estação Ecológica de Tamoios e Parque Nacional da Serra da Bocaina). Em seguida, foram levados em consideração os intervalos de altitude e fitofisionomia da área, para compreender a distribuição pontual dos organismos. Encontramos 23 espécies de *Passiflora* na Serra da Bocaina, sete registradas pela primeira vez na área. A distribuição das espécies, em relação ao gradiente de altitude, teve uma resposta diferente daquelas encontradas em outros estudos. Apresentamos outros fatores que podem influenciar a distribuição desses organismos e a importância de compreender esses padrões para conservação do grupo.

Palavras-chave: Domínio Atlântico. Espécies Ameaçadas. Modelagem Climática. Mar de Morros. Passifloraceae.

ABSTRACT

FERNANDES, Natália Brandão Gonçalves. *Passiflora L. in the Serra do Mar ecoregion: diversity, distribution patterns and conservation with emphasis on Serra da Bocaina, Brazil*. 2024. 121f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Brazil has records of around 157 species of the genus *Passiflora* L., 84 of which belong to the Atlantic Domain. The Serra do Mar is entirely within this domain and has high levels of diversity and endemism. The ecoregion is formed by escarpments along much of the coast in eastern Brazil, between the states of Rio de Janeiro and Rio Grande do Sul. Species distribution studies are able to portray the diversity of the area, the patterns of richness and particularity of each species along a gradient. The aim of this study was therefore to analyze the current and possible future distribution patterns of *Passiflora* species throughout the Serra do Mar, with an emphasis on the Serra da Bocaina. We carried out surveys of *Passiflora* species from all the municipalities belonging to the Serra do Mar, using physical and virtual herbaria, considering all the records for the area. Richness and collection effort maps were made for the entire ecoregion and factors such as altitude, temperature and phytogeography were taken into account in order to establish distribution patterns. We calculated the area of occupancy (AOO) and extent of occurrence (EOO) to delineate the degree of threat to the species in the area. A total of 53 species of *Passiflora* were found for the ecoregion and responded significantly to the environmental filters. Of the species found, 22 are endemic to the Atlantic Domain and 21 are registered as threatened. We then ran predictive models under pre-established climate scenarios to understand how these species would respond to changes over the next 50 years. To avoid bias, we included all species with more than 100 records and modeled them for the years 2050 and 2070, in pessimistic and optimistic scenarios. A major loss of environmental suitability in the ecoregion area was predicted for the genus in future forecasts, demonstrating how much these species may suffer from the climatic pressures exerted on them. Subsequently, one of the massifs belonging to the Serra do Mar was selected for scientific expeditions, the Serra da Bocaina, in order to find out whether the species would show the same pattern of response on a specific basis as in a general context. The Serra da Bocaina is located in the states of Rio de Janeiro and São Paulo and three conservation units were selected for the active collection of material (Cairuçu Environmental Protection Area, Tamoios Ecological Station and Serra da Bocaina National Park). The altitude and phytogeography of the area were then taken into account in order to understand the point distribution of the organisms. We found 23 species of *Passiflora* in the Serra da Bocaina, seven recorded for the first time in the area. The distribution of the species in relation to the altitude gradient was different from that found in other studies. We present other factors that may influence the distribution of these organisms and the importance of understanding these patterns for the conservation of the group.

Keywords: Atlantic Domain. Climate Modeling. *Mar de morros*. Passifloraceae. Threatened Species.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de delimitação original da ecorregião da Serra do Mar, no Sul e Sudeste do Brasil, utilizando quadrículas de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$.	27
Figura 2 – Riqueza de espécies e esforço de coleta de <i>Passiflora</i> L. na ecorregião da Serra do Mar, Sul e Sudeste do Brasil.	31
Figura 3 – Mapa de elevação da ecorregião da Serra do Mar, Sul e Sudeste do Brasil.	35
Figura 4 – Resultado da Análise de Correlação Canônica (CCA) com as variáveis climáticas mais correlacionadas com a riqueza de espécies de <i>Passiflora</i> L. na Serra do Mar.	37
Figura 5 – Média anual de temperatura na Serra do Mar, Brasil, em relação as espécies de <i>Passiflora</i> L.	38
Figura 6 – Precipitação no trimestre mais seco do ano em relação à ocorrência de espécies de <i>Passiflora</i> L., na ecorregião da Serra do Mar, Brasil	39
Figura 7 – Análise de similaridade da composição de espécies de <i>Passiflora</i> L. (Passifloraceae s.s.) na ecorregião da Serra do Mar, Brasil.	44
Figura 8 – Ocorrência de espécies de <i>Passiflora</i> L. na ecorregião da Serra do Mar, Brasil	50
Figura 9 – Adequabilidade de habitat no período atual na Serra do Mar, Brasil.	54
Figura 10 – Adequabilidade de habitat em 2050, na Serra do Mar, Brasil.	55
Figura 11 – Adequabilidade de habitat em 2070, na Serra do Mar, Brasil.	56
Figura 12 – Mapa de delimitação das Unidades de Conservação inseridas na Serra da Bocaina, nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, Brasil	62
Figura 13 – Distribuição por quadrículas de riqueza e esforço de coleta de espécies de Passifloraceae s.s., na Serra da Bocaina, Brasil.	67
Figura 14 – Registro de espécies de <i>Passiflora</i> L. com quadrículas ($0.05^\circ \times 0.05^\circ$) de materiais de herbário e expedições científicas, na Serra da Bocaina, Brasil.	68
Figura 15 – Espécies de <i>Passiflora</i> L. nas fitofisionomias ocorrentes na Serra da Bocaina, Brasil.	69
Figura 16 – Similaridade da composição florística de <i>Passiflora</i> L. na Serra da Bocaina, Sudeste, Brasil	70
Figura 17 – Análise multidimensional não-métrica de espécies de <i>Passiflora</i> L. nas encostas de montanha da Serra da Bocaina, Brasil	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ocorrência de espécies de <i>Passiflora</i> L. (Passifloraceae s.s.) na ecorregião da Serra do Mar, Sul e Sudeste do Brasil.	31
Tabela 2 – Resultado da Análise de Correlação Canônica (CCA) entre a riqueza de espécies <i>Passiflora</i> L. e variáveis ambientais, na ecorregião da Serra do Mar, Brasil.....	32
Tabela 3 – Espécies de <i>Passiflora</i> L. endêmicas de áreas de domínio Atlântico com ocorrência na ecorregião da Serra do Mar, Sudeste e Sul, Brasil.....	40
Tabela 4 – Resultado da análise de multicolinearidade com os seus respectivos VIF e valores de AUC para o gênero <i>Passiflora</i> L., na Serra do Mar, em quatro métodos de modelagem diferentes.....	53
Tabela 5 – Espécies de <i>Passiflora</i> L. para a Serra da Bocaina, Brasil	65

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AOO	Área de Ocupação
APA	Área de Preservação Permanente
AUC	Área sob a curva
BIO1	<i>Annual Mean Temperature</i>
BIO2	<i>Mean Diurnal Range</i>
BIO3	<i>Isothermality</i>
BIO4	<i>Temperature Seasonality</i>
BIO5	<i>Max Temperature of Warmest Month</i>
BIO6	<i>Min Temperature of Coldest Month</i>
BIO7	<i>Temperature Annual Range</i>
BIO8	<i>Mean Temperature of Wettest Quarter</i>
BIO9	<i>Mean Temperature of Driest Quarter</i>
BIO10	<i>Mean Temperature of Warmest Quarter</i>
BIO11	<i>Mean Temperature of Coldest Quarter</i>
BIO12	<i>Annual Precipitation</i>
BIO13	<i>Precipitation of Wettest Month</i>
BIO14	<i>Precipitation of Driest Month</i>
BIO15	<i>Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)</i>
BIO16	<i>Precipitation of Wettest Quarter</i>
BIO17	<i>Precipitation of Driest Quarter</i>
BIO18	<i>Precipitation of Warmest Quarter</i>
BIO19	<i>Precipitation of Coldest Quarter</i>
CCA	Análise de correlação canônica
CCSM4	<i>Community Climate System Model</i> versão 4 (CCSM4)
CNCFlora	Centro Nacional de Conservação da Flora
CR	Criticamente em Perigo
Cfb	Clima Oceânico Temperado
DD	Insuficiência de Dados
EN	Em Perigo
EOO	Extensão de Ocorrência
ESEC	Estação Ecológica

EW	Extinta na Natureza
GAM	Modelo aditivo generalizado
GCM	Modelos climáticos globais
GLM	Modelo linear generalizado
HadGEM2-ES	<i>Hadley Centre Global Environment Model</i> versão 2
HB	Herbário <i>Bradeanum</i>
HRJ	Herbário da Universidade do Estado do Rio de Janeiro
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes Biodiversidade
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature</i>
JABOT	Jardim Botânico do Rio de Janeiro
LC	Pouco Preocupante
m	Metro
MAXENT	Máxima entropia
MIROC5	<i>Model for Interdisciplinary Research On Climate</i> versão 5
MMA	Ministério do Meio Ambiente e das Mudanças Climáticas
NT	Quase Ameaçada
NYBG	<i>New York Botanical Garden</i>
PARNA	Parque Nacional
R	Herbário do Museu Nacional
RB	Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro
RBMA	Reserva da Biosfera da Mata Atlântica
RCP	<i>Representative Concentration Pathways</i>
SDM	Modelagem de Distribuição de Espécies
SiBBr	Sistema de informação sobre a biodiversidade brasileira
Splink	<i>SpeciesLink</i>
Spp	Espécies
VIF	Fator de inflação e variância
VU	Vulnerável
WWF	<i>World Wide Fund</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
1.1 Passifloraceae	15
1.2 Domínio Fitogeográfico de Floresta Atlântica	17
1.3 Distribuição geográfica	29
2 OBJETIVO GERAL	23
2.1 Objetivos específicos	23
3 <i>PASSIFLORA</i> L. NA ECORREGIÃO DA SERRA DO MAR E AS RELAÇÕES COM GRADIENTES AMBIENTAIS, NO SUL E SUDESTE, BRASIL	
3.1 Introdução	25
3.2 Material e métodos	26
3.2.1 <u>Área de estudo</u>	26
3.2.2 <u>Obtenção de dados</u>	27
3.2.3 <u>Análise espacial</u>	28
3.2.4 <u>Conservação</u>	29
3.2.5 <u>Similaridade</u>	30
3.3 RESULTADOS	30
3.3.1 <u>Análise espacial</u>	30
3.3.2 <u>Conservação</u>	39
3.3.3 <u>Similaridade</u>	43
3.4 DISCUSSÃO	44
3.4.1 <u>Análise espacial</u>	44
3.4.2 <u>Conservação</u>	46
3.4.3 <u>Similaridade</u>	47
4 MODELAGEM CLIMÁTICA DE ESPÉCIES DE <i>PASSIFLORA</i> L. NA ECORREGIÃO DA SERRA DO MAR, SUL E SUDESTE, BRASIL	
4.1 Introdução	48
4.2 Material e métodos	50
4.2.1 <u>Área de estudo</u>	50
4.2.2 <u>Seleção de Táxons</u>	51
4.2.3 <u>Modelagem</u>	51
4.3 RESULTADOS	52

4.4	DISCUSSÃO	56
5	DIVERSIDADE TAXONÔMICA E PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE <i>PASSIFLORA</i> L. NA SERRA DA BOCAINA, BRASIL	
5.1	Introdução	59
5.2	Material e métodos	60
5.2.1	<u>Área de estudo</u>	60
5.2.2	<u>Levantamento de material e expedições científicas</u>	62
5.2.3	<u>Análise de padrões de distribuição geográfica</u>	63
5.2.4	<u>Similaridade</u>	64
5.3	RESULTADOS	64
5.4	DISCUSSÃO	71
6	DISCUSSÃO GERAL	75
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
	REFERÊNCIAS	81
	ANEXO – Artigo “Diversity of the <i>Passiflora</i> L. in the Serra do Mar ecoregion and the relationships with environmental gradients, South and Southeast, Brazil” publicado na revista Acta Botânica Brasilica (FERNANDES; MORAES; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2023)	98
	APÊNDICE - Lista de municípios que pertencem aos limites originais da ecorregião da Serra do Mar, Brasil	112

INTRODUÇÃO

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Passifloraceae

A família Passifloraceae Juss. ex Roussel *sensu lato* (s.l.) agrupa as famílias Passifloraceae Juss. ex Roussel, Turneraceae Kunth ex DC. e Malesherbiaceae D.Don, devido à caracteres químicos e morfológicos similares, que demonstram uma relação significativa entre estes táxons (THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP II, 2003). Essas semelhanças consistem, sobretudo, na presença de glicosídeos ciclopentanóides cianogênicos, nas sementes com arilo encontradas nas Turneraceae e na presença de uma corona nas espécies da família Malesherbiaceae (APG II, 2003). Após essa alteração, a família passou a englobar cerca de 932 espécies, 37 gêneros, e a compor quatro subfamílias: *Passifloroideae* Burnett, *Malesherbioideae* Burnett, *Pibirioideae* Chase & Christenhusz e *Turneroideae* (Kunth ex DC.) Eaton (APG IV, 2014; MAAS et al., 2019; STEVENS, 2001; THE PLANT LIST, 2013).

Passifloraceae *sensu stricto* (s.s.), atual subfamília *Passifloroideae*, integra cerca de 17 gêneros e aproximadamente 750 espécies, e apresenta distribuição geográfica em regiões tropicais e subtropicais, com maior diversidade na Região Neotropical (FEUILLET; MACDOUGAL 2007). Segundo Bernacci et al. (2020), o Brasil apresenta registro de quatro gêneros: *Ancistrothyrsus* Harms, *Dilkea* Mast., *Mitostemma* Mast. e *Passiflora* L. e engloba cerca de 166 espécies, a maior parte pertencente ao último gênero citado. As áreas de Domínio Atlântico no país apresentam mais da metade das espécies registradas para o território brasileiro e contabilizam 86 espécies (BERNACCI et al., 2020).

O gênero *Passiflora* é caracterizado, principalmente, por trepadeiras lenhosas e herbáceas, folhas alternas, gavinhas axilares e nectários extraflorais no pecíolo e/ou nas lâminas foliares; flores com androginóforo e corona de filamentos, cinco estames, três ou quatro carpelos e um lóculo, além de frutos bagas ou cápsulas (MILWARD-DE-AZEVEDO et al., 2012). A presença da corona de filamentos é um atributo marcante na subfamília *Passifloroideae*, a estrutura é reconhecida como a mais especializada e desenvolvida de toda a família Passifloraceae (ULMER; MACDOUGAL, 2004). A complexidade desse caractere,

que se apresenta em séries circulares, pode diversificar de uma fina membrana até algumas séries de filamentos, que frequentemente, possuem cores exuberantes e variações em seu tamanho, cor e combinações (CERVI, 1997).

A corona tem um papel ecológico importantíssimo na atração de polinizadores e tem função de auxiliar no pouso, servindo como plataforma (VARASSIN; TRIGO; SAZIMA, 2001). A interação entre espécies de Passifloraceae s.s. e seus polinizadores, que incluem vespas, morcegos, beija-flores, abelhas e borboletas, apontam as complexas relações evolutivas desses organismos (SAZIMA, 1999). A íntima relação com as espécies do gênero *Heliconius* (KLUK, 1780) (Lepidoptera: Nymphalidae) também indicam interações de grande relevância ecológica, não só devido ao consumo das folhas pelas larvas de borboletas (EHRlich; RAVEN, 1964), como também, pelo fato das espécies de *Passiflora* serem uma das únicas hospedeiras de suas larvas (BENSON; BROWN; GILBERT, 1975).

Para além dos papéis ecológicos, as espécies também possuem grande relevância econômica, em função da produção em escala comercial, tanto para fins alimentícios, quanto para fins medicinais (SOUZA; LORENZI, 2005). *Passiflora alata* Curtis e *P. edulis* Sims, por exemplo, são altamente comercializadas e possuem frutos amplamente consumidos (MATSUURA; FOLLEGATTI, 2004). Espécies como *P. actinia* Hook, *P. caerulea* L. e *P. foetida* L., são constantemente utilizadas em fármacos ansiolíticos, além disso, outras espécies do grupo também apresentam propriedades medicinais, que incluem anti-helmínticos e anti-espasmódicos (MILWARD-DE-AZEVEDO, 2008).

O principal estudo taxonômico que compreende Passifloraceae s.s. foi realizado por Killip (1938), nas Américas e é considerado o mais completo para o gênero *Passiflora*. Cervi (1997), Mezzonato-Pires et al. (2020) e Milward-de-Azevedo et al. (2012) revisaram espécies brasileiras do mesmo gênero e contribuíram para a compreensão de questões taxonômicas e diversidade do grupo. Estudos em áreas de Domínio Atlântico também foram importantes para compreender as características desse gênero, suas relações ecológicas e distribuição geográfica (BERNACCI; VITTA, 1999; BERNACCI, 2003; BERNACCI et al., 2005; BORGES; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2017; BORGES et al., 2020; FERNANDES; MORAES; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2023; FERNANDES; YAZBECK; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2022; IMIG; MILWARD DE AZEVEDO; CERVI, 2018; MADER et al., 2009; MEZZONATO-PIRES; SALIMENA; BERNACCI, 2013; MILWARD-DE-AZEVEDO; BAUMGRATZ, 2004; MILWARD-DE-AZEVEDO; FERNANDES, 2021; MONDIN; CERVI; MOREIRA, 2011; MORAES et al., 2018, 2020; PESSOA, 1994, 1997; SACCO, 1980; SARMENTO; MEZZONATO-PIRES; TROVÓ, 2020).

1.2 Domínio fitogeográfico da Floresta Atlântica

O Brasil é a região com maior biodiversidade do mundo e compreende cerca de 20% da flora do globo (GIULIETTI et al., 2005; SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE A BIODIVERSIDADE BRASILEIRA, 2020). Grande parte da flora do país ocorre em fitofisionomia de Floresta Ombrófila Densa, correspondente principalmente à Floresta Amazônica e Floresta Atlântica (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000). O Domínio Atlântico é um dos principais *hotspots* de biodiversidade mundial e é listado como um dos pontos críticos globais de conservação (MITTERMEIER et al., 2004; ZACHOS; HABEL, 2011; MYERS et al., 2000). No Brasil, este domínio compreende desde regiões litorâneas até os planaltos e serras localizados entre o interior do Rio Grande do Norte e o Rio Grande do Sul, ao longo de toda a costa (SILVA; CASTELETTI, 2005). As características geológicas e geomorfológicas são diversificadas por todo o domínio, sendo encontrados terrenos relativamente planos mais ao Sul do país até os complexos mamelonares, chamados de “mares de morros” onde soerguem dois grandes maciços, com abrupta variação altitudinal, que separa a Serra da Mantiqueira, cadeia montanhosa interior, da Serra do Mar, maciço mais próximo ao litoral (WORLD WIDE FUND, 2011).

A riqueza de angiospermas no Domínio Atlântico, dentro do território brasileiro, foi estimada em cerca de 15.700 espécies (COELHO et al., 2017; FLORA DO BRASIL, 2020; STEHMANN et al., 2011). O último estudo para a Floresta Atlântica como um todo foi de Werneck (2011), que contabilizou cerca de 2.006 espécies endêmicas de angiospermas. Apesar dos níveis de diversidade e endemismo, o grau de ameaça à conservação do Domínio Atlântico é alarmante (RIBEIRO et al., 2011), tendo a cobertura florestal reduzida para 12,4% de sua extensão original, corroborando ainda mais a importância de estudos voltados para conservar a região (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2021; RIBEIRO et al., 2009). Mesmo com a redução de território, as características particulares do relevo, concomitante ao regime de chuvas e as divisões de unidades fitogeográficas colaboram para a manutenção da biodiversidade na área (PINTO et al., 2006).

A Serra do Mar é um dos principais remanescentes de Domínio Atlântico no país e é representada por um conglomerado de escarpas festonadas, que percorrem o litoral leste, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (GONTIJO-PASCUTTI et al., 2012; WWF, 2008). A delimitação geomorfológica exata da Serra do Mar e seus limites geográficos ainda não é consenso entre os autores (RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA, 2008). A

revisão da delimitação da Serra do Mar, que inclui o estado do Espírito Santo foi realizado pelo WWF (2011), porém, é uma abordagem complexa devido ao tamanho considerável da área e pelo estado pertencer à ecorregião das Florestas Costeiras Baianas. Em 1995, Dinnerstein et al., definiram “ecorregião” como uma área extensa, com condições ambientais heterogêneas que determinam a ocorrência de comunidades que compartilham processos ecológicos críticos. Algum tempo depois, Ferreira et al. (2001) apresentaram o conceito como um instrumento para apontar uma unidade de análise de paisagem, que reconhecesse áreas prioritárias para conservação.

Sendo assim, os limites originais da chamada “ecorregião” da Serra do Mar é representado por cerca de 1.500 km de extensão, que incluem as regiões Sul e Sudeste do Brasil, abrangendo os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (GONTIJO-PASCUTTI et al., 2012; WWF, 2011). A área está totalmente inserida no Domínio Atlântico, com fitofisionomias que variam entre Restinga, Florestas Ombrófilas Densas, Florestas Ombrófilas Mistas, Florestas Estacionais Deciduais e Semideciduais e Campos de Altitude, e é caracterizada como uma das regiões mais diversas do país, com altos níveis de endemismo e aspectos singulares de relevo (ALMEIDA, 2016; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1992). Fatores abióticos característicos da área foram considerados para estabelecer a delimitação da ecorregião, visto que podem influenciar diretamente a fauna e a flora (WWF, 2008).

A Serra do Mar retém grande parte da umidade vinda do oceano, conferindo um caráter úmido às encostas voltadas ao litoral, sendo assim, as áreas de planícies litorâneas são muito extensas possibilitando a ocorrência de restingas (PEIXOTO et al., 2016). Na direção oeste as características do relevo são atravessadas por planaltos e pela existência de cadeias montanhosas, que provocam chuvas orográficas, muitas vezes formando “ilhas úmidas”, e dão às áreas serranas um índice pluviométrico muito mais elevado (DAVIS; NAGHETTINI, 2000; PEIXOTO et al., 2016). É importante salientar que existe uma variação climática entre as polaridades dessas vertentes, colaborando como um fator que delimita a distribuição dos organismos (INSTITUTO CHICO MENDES DE BIODIVERSIDADE, 2007).

O mosaico de Serras, que compõe a Serra do Mar, é separado por “pequenos maciços” com características de escarpas, que se formam ao longo de grande parte da costa leste brasileira (*i.e.* Serra dos Órgãos, Serra da Bocaina, Serra do Piloto, Serra das Araras, Serra de Paranapiacaba e etc.) (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998; IBGE, 2006). Estudos de maior amplitude em áreas como a cadeia da Serra do Mar são extremamente necessários para compreender os padrões de distribuição geográfica das espécies. Entretanto, é necessário levar

em consideração o quanto esse padrão seria modificado caso os estudos fossem realizados a nível local, por exemplo, a distribuição de espécies em um desses “pequenos maciços” ao longo da ecorregião (IBGE, 2006).

Fernandes et al. (2022) encontraram padrões significativos relacionando a distribuição da riqueza e abundância de espécies de *Passiflora* com gradientes de altitude, precipitação e vertente de montanha para a Serra dos Órgãos. Deste modo, salienta-se a importância de esmiuçar os estudos entre esses pequenos maciços para delinear se esses padrões se sustentam tanto de forma local, quanto ao longo de toda a cadeia da Serra do Mar.

A Serra da Bocaina faz parte do mosaico de maciços da Serra do Mar e é composta por 10 unidades de conservação, englobando nove municípios nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006). O mosaico encontra-se em uma área prioritária de conservação, divididas em três categorias: “extremamente alta”, “muito alta” e “alta”, em função da presença de importantes microbacias e do uso sustentável da flora ameaçada de extinção no Domínio Atlântico (LOYOLA et al., 2014). A área onde está inserida a Serra da Bocaina é parte do Corredor da Biodiversidade da Serra do Mar (MMA, 2006).

As fitofisionomias da região compreendem desde vegetações de restinga até campos de altitude, atingindo 2.088m na zona de amortecimento do Parque Nacional da Serra da Bocaina (RBMA, 2008). Entretanto, a maior parte das características fitofisionômicas da Serra é composta por Floresta Ombrófila Densa (MMA, 2006). O clima é caracterizado como tropical úmido, com índices pluviométricos sazonais na vertente norte da Serra, enquanto na vertente sul, onde estão inseridas as regiões litorâneas, isso é menos contrastante (ICMBIO, 2002). As regiões mais elevadas possuem clima tropical de altitude, temperaturas mais baixas e precipitações mais intensas (ICMBIO, 2002).

1.3 Distribuição geográfica

A distribuição geográfica das espécies é vista como uma expressão de caráter ecológico e evolutivo de grande complexidade, principalmente, quando relacionadas a fatores externos, que podem limitar e selecionar as particularidades de cada táxon (LOMOLINO, 2006). Estudos relacionados a gradientes ambientais evidenciam que as variações locais do gradiente ocasionam heterogeneidade de *habitat* e podem delinear a distribuição dos

organismos e assim modificar os padrões baseados no tamanho da área (PANSONATO, 2011; RAHBECK, 1995; VALENCIA, 2004).

As características da vegetação ao longo de um gradiente indicam suas origens biogeográficas e colaboram para a compreensão dos padrões de distribuição. Porém, mesmo com esforços relevantes, poucos padrões têm sido estabelecidos e sua validação depende se as análises são amplas ou pontuais (MOLZ, 2011). Em gradientes de altitude, por exemplo, são evidenciados dois padrões principais, um indica a redução do número de espécies de acordo com o aumento da altitude, outro aponta um aumento da riqueza em altitudes intermediárias (GRYTNES, 2003; RAHBECK, 1995). Estudos desse tipo são capazes de retratar uma grande diversidade porque evidenciam diferenças muito claras entre o topo e o sopé de uma montanha, sobretudo, quando unidos a fatores abióticos (GRYTNES, 2003).

Todavia, para estabelecer essa variação de riqueza é necessário que exista *habitat* natural por todo o gradiente (FERNANDES et al., 2022; GRYTNES, 2003; GRYTNES; VEETAS, 2002; RAHBECK, 1995). A grande problemática de constatações como essa é a constante pressão antrópica e as divisões subjetivas de fitofisionomia. As fitofisionomias são delineadas seguindo as formações do relevo, ou seja, podem ser diferenciadas de acordo com a altitude e latitude onde está a vegetação, conforme as características de sua composição (IBGE, 2012; IVANAUSKAS; ASSIS, 2009). O intuito dessa divisão é apontar a intrínseca relação entre o aumento da altitude e a diminuição da temperatura, devido a quantidade de estudos que apresentaram correlação entre estes fatores e a composição florística (GARTLAN et al., 1986; OLIVEIRA FILHO et al., 1998; VAN DEN BERG; OLIVEIRA-FILHO, 1999).

Em áreas do Domínio Atlântico, por exemplo, os intervalos delimitados pelas cotas numéricas de altitude, que tem como objetivo indicar a relação direta da composição da vegetação com a elevação da montanha e a diminuição da temperatura (*e.g.* campos de altitude acima de 2.000m) nem sempre representam a condição real do gradiente (IBGE, 2012; MOLZ, 2011; VELOSO, 1991). Intrínseco a isso, estudos como o de Gartlan et al. (1986), Oliveira-Filho et al. (2000) e Van Den Berg e Oliveira-Filho (1999), apresentaram outros fatores que também estão altamente relacionados às fitofisionomias e, portanto, a composição da vegetação, como as particularidades hídricas da área e os aspectos do solo, alusivo à altitude e à topografia.

Apresento nesta tese doutoramento uma análise acerca da distribuição geográfica de espécies de *Passiflora* ao longo de toda a ecorregião da Serra do Mar. Espécimes de herbários físicos e virtuais foram utilizadas para compreender como esses táxons respondem a filtros ambientais e se distribuem ao longo de um gradiente de elevação. Desta forma, aponto quais

outros fatores estão relacionados e que podem determinar a permanência e preferência desses táxons ao longo de uma cadeia de montanha. Além disso, utilizo estudos como listas nacionais e regionais para indicar espécies possivelmente ameaçadas e de distribuição restrita pertencentes à Serra do Mar.

Apresento a distribuição potencial dos táxons com maior número de ocorrência na ecorregião, para prever a adequabilidade ambiental frente às mudanças climáticas, em cenários otimistas e pessimistas. Em seguida, aponto como filtros ambientais de temperatura e pluviosidade, por exemplo, podem limitar a ocorrência das espécies e diminuir seus registros ao longo de uma escala temporal, devido as pressões exercidas pelas mudanças climáticas.

Apresento ainda uma análise local da distribuição geográfica de espécies de *Passiflora* na Serra da Bocaina, um dos maciços inseridos dentro da Serra do Mar. No estudo, além de materiais analisados em herbários físico e virtuais, incluímos expedições científicas com coleta ativa e marcação das espécies para apontar sua distribuição geográfica e seu comportamento ao longo de um gradiente estabelecido desde restinga até ecótonos de florestas ombrófilas e campos de altitude. Aponto também a importância de estabelecer estudos amplos e locais, para compreender que a distribuição dessas espécies depende não só do gradiente em que estão inseridas, mas da composição da vegetação do entorno e sua posição na cadeia de montanha.

Hipóteses

Devido à fatores relacionados ao gradiente de altitude, como temperatura e chuvas orográficas, a riqueza de espécies de *Passiflora* vai variar ao longo de uma faixa de elevação, onde altitudes mais baixas vão apresentar um maior número de espécies, enquanto altitudes mais elevadas terão um declínio. Em consequência das mudanças climáticas, o aumento da temperatura e a variação da pluviosidade vão influenciar de maneira direta no modo como espécies de *Passiflora* respondem a uma dinâmica temporal preditiva, em uma cadeia de montanha. Espera-se que a área de ocorrência das espécies seja reduzida em cenários climáticos pessimistas pré-estabelecidos. A riqueza de espécies de *Passiflora* ao longo de um gradiente de altitude vai variar de acordo com o tamanho da área onde estão inseridas, em análises pontuais, espera-se que fatores associados à vertente da montanha (*i.e.* vertentes

continental e oceânica) e as características da vegetação no entorno, também influenciem na distribuição das espécies.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi ampliar o conhecimento da diversidade taxonômica do gênero *Passiflora* na ecorregião da Serra do Mar, com ênfase na Serra da Bocaina, contribuindo com aspectos ecológicos e conhecimento acerca dos fatores que limitam a distribuição geográfica destes táxons. Além de apontar espécies endêmicas, ameaçadas e/ou raras dar subsídio a metodologias que auxiliem em sua conservação e manejo, no cenário atual e futuro.

2.1 Objetivos Específicos

- Ampliar o conhecimento da flora de *Passiflora* na ecorregião da Serra do Mar, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, com ênfase nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo;
- Mapear a distribuição das espécies dentro da ecorregião da Serra do Mar, levando em consideração todos os táxons registrados em herbários; Além de dar ênfase na Serra da Bocaina com coletas ativas nas Unidades de Conservação: Estação Ecológica de Tamoios (ESEC Tamoios), Área de Proteção Ambiental Cairuçu (APA Cairuçu) e Parque Nacional da Serra da Bocaina (PARNASB);
- Analisar aspectos ecológicos relacionados à distribuição geográfica nas diferentes altitudes, correlacionando com métodos de conservação, tanto para a ecorregião da Serra do Mar, quanto isoladamente para a área da Serra da Bocaina;
- Avaliar o estado de conservação das espécies, de acordo com as categorias da IUCN e indicar as espécies raras, dentro da ecorregião da Serra do Mar;
- Realizar a modelagem da distribuição potencial das espécies de ampla distribuição na ecorregião da Serra do Mar;
- Analisar aspectos ecológicos relacionados à distribuição das espécies nas vertentes oceânica e continental, na Serra da Bocaina;

- Gerar dados de biodiversidade associadas às condições ambientais, e alimentar bancos de dados tais como SiBBr, splink, JABOT, além de prover informações estratégicas para órgãos ambientais que subsidiam a tomada de decisão e, especialmente nas demandas em relação à gestão e aos múltiplos usos das áreas da ecorregião da Serra do Mar, aliada à proteção ambiental.

3 *PASSIFLORA* L. NA ECORREGIÃO DA SERRA DO MAR E AS RELAÇÕES COM GRADIENTES AMBIENTAIS, NO SUL E SUDESTE, BRASIL – **ANEXO A**

3.1 Introdução

Espécies do gênero *Passiflora*, possuem ampla distribuição nas regiões tropicais, subtropicais e principalmente, nas neotropicais (ULMER; MCDUGAL, 2004). Em um estudo de *Passiflora* subgênero *Decaloba*, Fernandes e Milward-de-Azevedo (2021), analisaram a distribuição ampla e restrita das espécies nessas regiões e apontaram grande parte dessa ocorrência no Brasil. Estudos que relacionam espécies de *Passiflora* à fitofisionomias, como o de Mondin et al. (2011) no Sul do Brasil, demonstram uma preferência por habitats de Floresta Ombrófila Densa, mas não explicam, por exemplo, os fatores limitantes para a ocorrência dessas espécies. Vale salientar que, no Brasil, a maior parte das espécies vegetais estão concentradas em Floresta Ombrófila Densa (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000).

Estudos como os de Fernandes, Yazbeck e Milward-de-Azevedo (2022), Kessler (2002), Moraes et al. (2018; 2020) e Ocampo-Pérez et al. (2007; 2010) demonstram que as espécies de *Passiflora* estão diretamente ligadas à filtros ambientais e respondem significativamente à gradientes, além de apontar as complexas relações entre esses táxons e o ambiente onde ocorrem. Esses filtros ambientais que incluem área total considerada, latitude, altitude, precipitação e as interações entre esses fatores, demonstram a complexidade dessas relações em função da ocorrência de espécies (LOMOLINO, 2001; MCCAIN, 2009).

Em território brasileiro são registradas cerca de 157 espécies pertencentes ao gênero *Passiflora* (BERNACCI et al., 2020), divididas em quatro subgêneros: *Astrophea* (DC.) Mast., *Decaloba* (DC.) Rchb., *Deidamioides* (Harms) Killip e *Passiflora*. A Região Sul do país que conta com os estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul apresenta cerca de 36 espécies, enquanto a Região Sudeste, que inclui o Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo contabiliza 76 espécies (BERNACCI et al., 2020). É importante salientar que a maior parte da área da Serra do Mar fica localizada no eixo do Rio de Janeiro e São Paulo, no Sudeste do país (WWF, 2011).

Estudos citados para ecorregião da Serra do Mar, na Região Sudeste, incluem para o estado do Rio de Janeiro: Fernandes, Yazbeck e Milward-de-Azevedo (2022), Milward-de-

Azevedo et al. (2004), Milward-de-Azevedo (2014), Milward-de-Azevedo e Fernandes (2021), e Pessoa (1994, 1996) e para o estado de São Paulo: Bernacci e Vitta (1999), Bernacci (2003) e Cervi (1992). Enquanto isso, na Região Sul do país, destacam-se os estudos de Cervi (1981) para o Paraná, Sacco (1962, 1980) para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, respectivamente, e apenas para o Rio Grande do Sul: Mäder et al. (2009) e Mondin et al. (2011). Em relação à ecologia e conservação do grupo, alguns estudos abrangem parte da ecorregião da Serra do Mar, sendo Fernandes, Yazbeck e Milward-de-Azevedo (2022), Milward-de-Azevedo e Fernandes (2021) e Moraes et al. (2020).

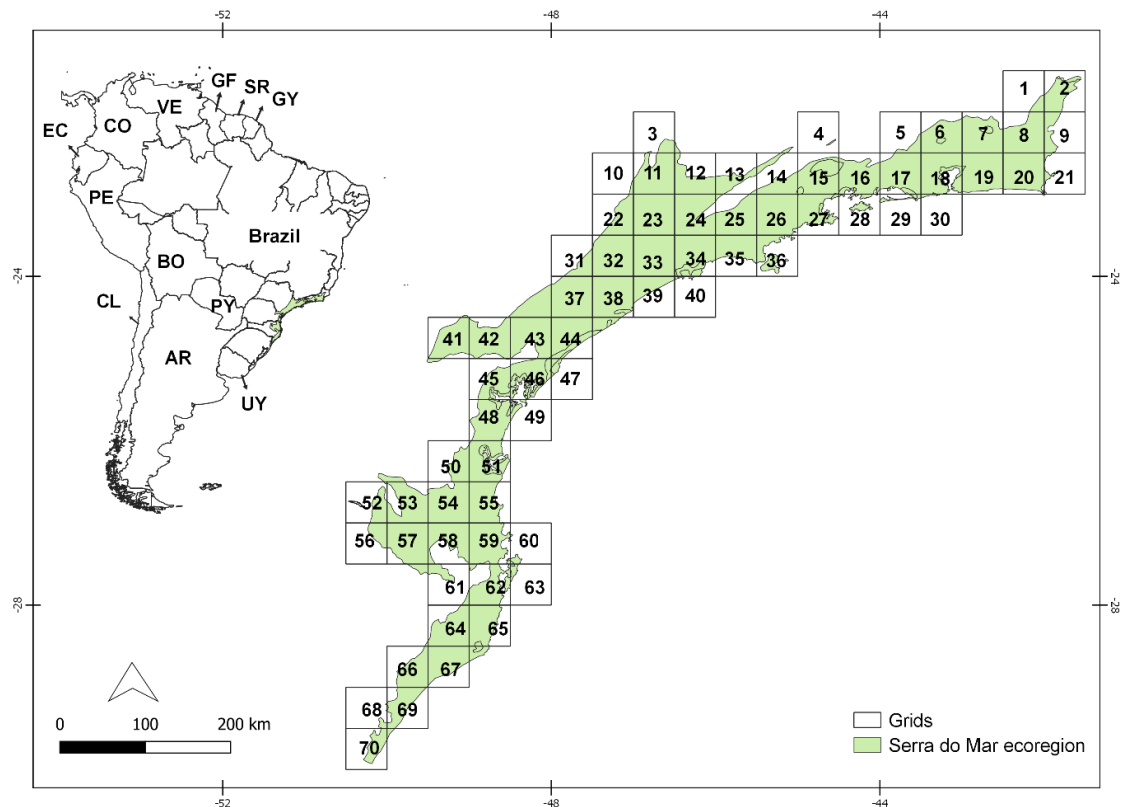
Portanto, esse estudo teve como objetivo avaliar os padrões de distribuição de *Passiflora* na Serra do Mar e sua relação com variáveis ambientais. Além de avaliar o estado de ameaça das espécies encontradas e identificar possíveis lacunas de coleta na área de estudo.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de Estudo

Os limites originais correspondentes a Serra do Mar são de 113.411 km², abrangendo 364 municípios (Apêndice) inseridos nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Figura 1), nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (WWF, 2011). As classificações da vegetação variam de Restinga a Campos de Altitude, passando por Floresta Ombrófila Baixo Montana, Montana e Floresta Ombrófila Alto Montana, além de Florestas Ombrófilas Mistas e Florestas Estacionais Deciduais e Semideciduais (WWF, 2011). Utilizamos o limite original da Serra do Mar, onde a área é delimitada de forma contínua e abrange todas as fitofisionomias pertencentes a ecorregião, disponibilizada em formato *shapefile* pela *World Wide Fund for Nature* (WWF, 2008). Para tanto, foram utilizados 364 municípios, e a área foi dividida em grades (0.5° × 0.5°) correspondentes aos pontos de ocorrência (Figura 1).

Figura 1 – Delimitação original da ecorregião da Serra do Mar, no Sul e Sudeste do Brasil.



Legenda: Limites da ecorregião da Serra do Mar com quadrículas de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ referentes às análises utilizadas. AR = Argentina; BO = Bolívia; CL = Chile; CO = Colômbia; EC = Ecuador; GF = Guiana Francesa; GY = Guiana; PE = Peru; PY = Paraguai; SR = Suriname; UY = Uruguai; VE = Venezuela.

Fonte: A autora, 2022.

3.2.2 Obtenção de dados

Os dados de ocorrência de *Passiflora* na Serra do Mar foram obtidos a partir de amostras de espécimes depositadas em herbários (licença SISGEN A387E5D), disponíveis em sistemas de gerenciamento de coleções científicas, como Species Link (<http://inct.florabrasil.net/>), JABOT (<http://jbrj.gov.br>) e Reflora (<http://reflora.jbrj.gov.br/>). Todos os municípios da região da Serra do Mar foram examinados (Apêndice), e a busca de material foi realizada para cada um deles separadamente. Foram utilizados registros de espécies definidos por especialistas do grupo para materiais sem imagens de exsicatas disponíveis. Além disso, os espécimes foram verificados utilizando imagens de exsicatas disponíveis no site, para definir material não identificado e confirmar espécies quando necessário. Em seguida, confirmamos e revisamos a nomenclatura taxonômica de acordo com

Tropicos.org (<https://www.tropicos.org/home.aspx?langid=66>), Flora do Brasil 2020 (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>) e International Plant Names Index (<https://www.ipni.org/>), em caso de discordância entre as fontes, a nomenclatura utilizada foi a registrada na Flora do Brasil.

3.2.3 Análise especial

Através das localizações fornecidas pelos coletores, as coordenadas geográficas obtidas foram sobrepostas ao *shapefile* da Serra do Mar (WWF, 2008), no *software* QGIS versão 3.16 (2020), e a ocorrência foi comparada com os limites da área. Dentro desses aspectos, avaliamos o padrão de distribuição das espécies utilizando o mesmo *software* com quadrículas de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, para analisar a riqueza de *Passiflora* e o esforço de coleta na área da Serra do Mar.

Os valores de altitude foram extraídos diretamente dos arquivos rasters, de acordo com o ponto de ocorrência de cada espécime. Quando os valores não foram apresentados, os dados de altitude foram extraídos do ponto de ocorrência, com o auxílio do *raster* de elevação WorldClim (FICK; HIJMANS, 2017), juntamente com o *software* QGIS versão 3.16 (2020). Para padronizar as classes e evitar o enviesamento dos dados, as matrizes de presença/ausência foram computadas em 11 classes de altitude espaçadas em intervalos de 199 metros, em um gradiente altitudinal de 0 a 2.199m (i.e, 0-199, 200-399, 400-599, 600-799, 800-999, 1.000- 1.199, 1.200- 1.399, 1.400-1.599, 1.600- 1.799, 1.800, 1.999-1.999, 2.000-2.199). Utilizamos uma análise polinomial quadrática para avaliar a relação da altitude com a riqueza de *Passiflora*.

Obtivemos 19 variáveis bioclimáticas da base de dados do WorldClim (disponível em: <https://www.worldclim.org/>) (FICK; HIJMANS, 2017). Os valores médios das variáveis foram extraídos de cada quadrícula da Serra do Mar (Figura 1). Para selecionar as melhores variáveis, utilizamos uma Análise Factorial à semelhança de Sobral-Souza et al. (2015). Escolhemos como variáveis finais, com base nos maiores valores absolutos, a Temperatura Média Anual (BIO1), a Precipitação do Mês mais Úmido (BIO13), a Sazonalidade da Precipitação (Coeficiente de Variação) (BIO15), a Precipitação do Trimestre mais Seco (BIO17) e a Precipitação do Trimestre mais Quente (BIO18). Também adicionamos o número de registros para testar o possível efeito de enviesamento da amostra.

Assim, para avaliar a correlação da composição de *Passiflora* na Serra do Mar com os gradientes ambientais, utilizamos a Análise de Correlação Canônica (CCA) (BRAAK, 1987). A matriz de esforço de coleta das espécies consistiu no número de indivíduos por quadrícula. A matriz de variáveis ambientais incluiu os valores médios das cinco variáveis mais correlacionadas. Todas as análises anteriores foram realizadas no programa R versão 4.0.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

Para representar graficamente o resultado, realizamos também uma análise de regressão polinomial quadrática para testar a relação da riqueza (variável dependente) em função das variáveis bioclimáticas de temperatura e precipitação (variáveis independentes), obtidas a partir da CCA, utilizando o software Past 1.8.1 - Paleontological Statistics (HAMMER et al., 2008). Além disso, realizamos a sobreposição da ocorrência das espécies com as camadas *rasters* das variáveis bioclimáticas para visualizar a distribuição dos registros ao longo da cadeia de montanhas.

3.2.4 Conservação

Cálculos de Extensão de Ocorrência (EOO) e Área de Ocupação (AOO) foram realizados para avaliar o *status* de conservação das espécies endêmicas da Floresta Atlântica encontradas na Serra do Mar. Além disso, comparamos listas nacionais e estaduais, bem como outros estudos, para apontar a categoria que as espécies já avaliadas estavam inseridas (BERNACCI, 2003; BERNACCI et al., 2005; BIODIVERSITAS, 2005; CERVI 1997; CONSEMA, 2002; CNCFlora, 2012; DURIGON et al. 2009; LISTA OFICIAL DAS ESPÉCIES DA FLORA NATIVA DO RIO GRANDE DO SUL AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO, 2014; LISTA OFICIAL DAS ESPÉCIES DA FLORA DO ESTADO DE SANTA CATARINA AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO, 2014; MILWARD-DE-AZEVEDO; FERNANDES, 2021; MMA, 2008, 2022; SMA-SP, 2004; 2016).

A classificação das espécies endêmicas da Floresta Atlântica foi baseada na Flora do Brasil (2020). Os cálculos de EOO e AOO foram realizados utilizando a ferramenta GeoCAT (BACHMAN et al., 2011) (<http://geocat.kew.org/editor>), com quadrículas de 2 km para o cálculo de AOO, conforme recomendado pela *International Union for Conservation of Nature* - IUCN (2022). Para as espécies com populações restritas ao território da Serra do Mar sugerimos categorias de ameaça de acordo com o Critério B da União Internacional para a

Conservação da Natureza (IUCN), com base na distribuição geográfica dos organismos (IUCN, 2022). Em relação às espécies com um ou dois pontos de ocorrência, esses parâmetros não foram avaliados, pois não formam o polígono necessário para a realização dos cálculos e as espécies foram classificadas como Dados Insuficientes (DD).

3.2.5 Similaridade

Para avaliar a composição florística da *Passiflora* na Serra do Mar, foi utilizada a análise de agrupamento UPGMA com o índice de Jaccard. As quadrículas de ocorrência ($0.50^\circ \times 0.50^\circ$) foram comparadas utilizando o *software* Biodiverse 2.1, que permite a análise de agrupamento de dados biogeográficos (LAFFAN et al., 2010).

3.3 RESULTADOS

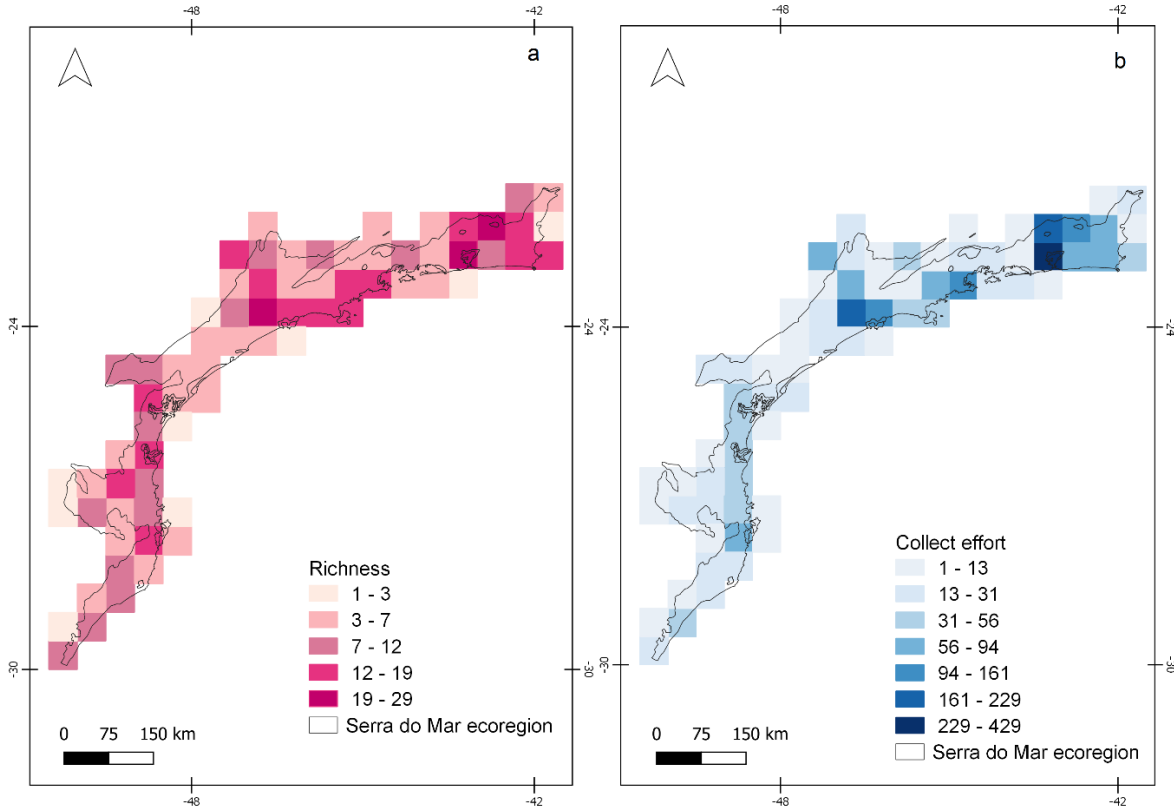
3.3.1 Análise espacial

Foram registradas 53 espécies para a Serra do Mar (Tabela 1), de um total de 3.246 registros obtidos. Destes, 107 foram descartados devido à impossibilidade de identificação do material. O estado com o maior número de registros foi o Rio de Janeiro (1.138 coletas), seguido por São Paulo (1.110 coletas), Santa Catarina (464 coletas), Paraná (400 coletas) e Rio Grande do Sul (134 coletas), que obteve o menor número de registros.

Em relação à riqueza de espécies, o maior número foi encontrado nas quadrículas 7 e 18, nas áreas mais ao nordeste da Serra do Mar (municípios do Rio de Janeiro, Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo, no Estado do Rio de Janeiro) (Figura 2a). Ao mesmo tempo, a quadrícula 18 apresentou o maior número de registros (nos municípios do Rio de Janeiro, Petrópolis e Teresópolis, no estado do Rio de Janeiro), seguida pelas quadrículas 4 e 5, também ao nordeste da Serra do Mar (Figura 2b). As espécies mais representativas na Serra do Mar, considerando o número de registros, foram *P. amethystina* Mikan, com 345

ocorrências, e *P. porophylla* Vell. com 256. Dentre as espécies registradas na Serra do Mar, 22 são endêmicas de Floresta Atlântica e 12 são restritas a ambientes de Floresta Ombrófila Densa (Tabela 1).

Figura 2 – Riqueza de espécies e esforço de coleta de *Passiflora* L. na ecorregião da Serra do Mar, Sul e Sudeste do Brasil.



Legenda: a. Riqueza de espécies de *Passiflora* L., na Serra do Mar; b. Esforço de Coleta de *Passiflora* L. na Serra do Mar.

Fonte: A autora, 2023.

Tabela 1 - Ocorrência de espécies de *Passiflora* L. na Serra do Mar, Brasil. (Continua)

Espécie	Grids	Ocorrência/Estado	Vegetação
<i>Passiflora actinia</i> Hook	18	RJ, SP, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila e Floresta Estacional
<i>Passiflora alata</i> Curtis	37	RJ, SP, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila, Floresta Estacional e Restinga

Tabela 1 - Ocorrência de espécies de *Passiflora* L. na Serra do Mar, Brasil. (Continuação)

<i>Passiflora amethystina</i> Mikan	41	SP, RJ, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora caerulea</i> L.	7	RJ, SP, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila e Floresta Estacional
<i>Passiflora campanulata</i> Mast.	10	RJ, SP, PR, SC	Campo de altitude
<i>Passiflora capsularis</i> L.	46	SP, RJ, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila, Floresta Estacional e Restinga
<i>Passiflora catharinensis</i> Sacco	5	SP, PR, SC	Floresta Ombrófila e Campo de Altitude
<i>Passiflora cervii</i> M.A.Milward-de-Azevedo	5	SP, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila, Floresta Estacional e Restinga
<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	3	SP	Floresta Estacional
<i>Passiflora clathrata</i> Mast.	3	SP	Floresta Estacional
<i>Passiflora deidamioides</i> Harms	10	RJ, SP	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora edulis</i> Sims	48	RJ, SP, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila, Floresta Estacional e Restinga
<i>Passiflora eichleriana</i> Mast.	17	SP, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora elegans</i> Mast.	3	SP, RS, SC	Floresta Ombrófila e Floresta Estacional
<i>Passiflora elliptica</i> Gardner	1	RJ	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora farneyi</i> Pessoa & Cervi	3	RJ	Restinga
<i>Passiflora filamentosa</i> Cav.		RJ	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora foetida</i> L.	11	RJ, SP, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila e Campo de altitude

Tabela 1 - Ocorrência de espécies de *Passiflora* L. na Serra do Mar, Brasil. (Continuação)

<i>Passiflora haematostigma</i> Mast.	Mart. ex 23	RJ, SP, PR, SC	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora imbeana</i> Sacco	4	RJ	Ecótono: Floresta Ombrófila e Campo de Altitude
<i>Passiflora ischnoclada</i> Harms	3	SP	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora junqueirae</i> Imig & Cervi	2	RJ	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora kermesina</i> Link & Otto	4	RJ	Floresta Ombrófila e Restinga
<i>Passiflora lepidota</i> Mast.	1	SP, PR	Floresta Estacional
<i>Passiflora loefgrenii</i> Vitta	11	SP, PR, SC	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora malacophylla</i> Mast.	3	RJ, SP, SC	Floresta Ombrófila e Floresta Estacional
<i>Passiflora marginata</i> Mast.	3	SP, RJ	Campo de Altitude
<i>Passiflora mediterranea</i> Vell.	29	RJ, SP, PR, SC	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora mendoncae</i> Harms	8	RJ, SP, PR, SC	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora miersii</i> Mast.	17	RJ, SP, PR	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora misera</i> Kunth	11	RJ, SP, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila, Floresta Estacional e Restinga
<i>Passiflora morifolia</i> Mast.	8	SP, PR, RS, SC	Floresta Estacional
<i>Passiflora mucronata</i> Lam.	15	SP, RJ	Restinga
<i>Passiflora odontophylla</i> Glaz.	Harms ex 2	RJ	Floresta Ombrófila

Tabela 1 - Ocorrência de espécies de *Passiflora* L. na Serra do Mar, Brasil. (Continuação)

<i>Passiflora ovalis</i> Vell. ex M.Roem.	6	RJ, SP	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora pentagona</i> Mast.	8	RJ	Restinga
<i>Passiflora pohlii</i> Mast	3	SP	Floresta Ombrófila e Floresta Estacional
<i>Passiflora porophylla</i> Vell.	40	RJ, SP, RS, SC	Floresta Ombrófila e Floresta Estacional
<i>Passiflora racemosa</i> Brot.	7	RJ, SP	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora reitzii</i> Sacco	1	SC	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora rhamnifolia</i> Mast.	11	RJ, SP	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora saxicola</i> Gontsch.	2	RJ	Restinga
<i>Passiflora setacea</i> DC.	7	RJ	Restinga
<i>Passiflora setulosa</i> Killip	1	SP, PR	Floresta Estacional
<i>Passiflora sidifolia</i> M.Roem.	15	RJ, SP	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora silvestris</i> Vell.	7	RJ	Restinga
<i>Passiflora speciosa</i> Gardner	4	RJ	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora suberosa</i> subsp. <i>litoralis</i> (Kunth) Port.-Utl. ex M.A.M. Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev.	32	RJ, SP, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila, Floresta Estacional e Restinga
<i>Passiflora tenuifila</i> Killip	7	RJ, SP, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila, Floresta Estacional
<i>Passiflora transversalis</i> M.A.Milward-de-Azevedo	2	SP, PR, RS, SC	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora truncata</i> Regel	18	RJ, SP, PR, SC	Floresta Ombrófila

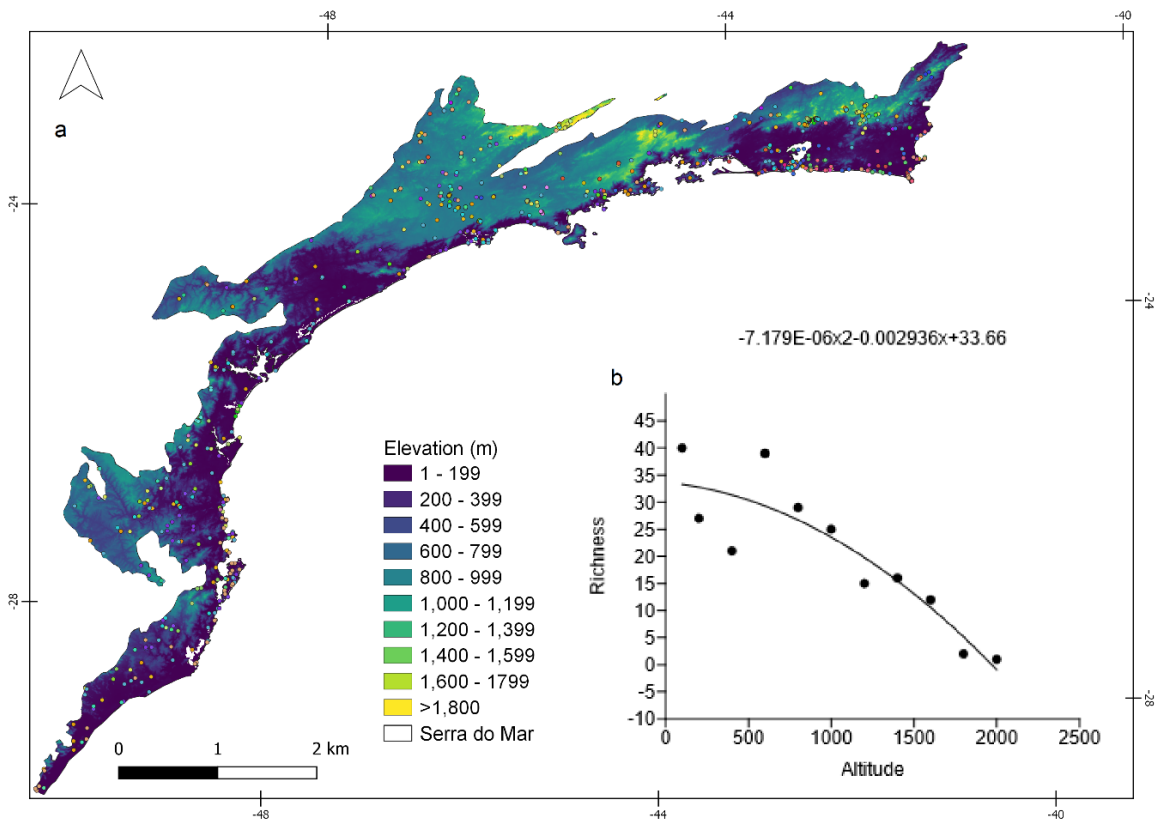
Tabela 1 - Ocorrência de espécies de *Passiflora* L. na Serra do Mar, Brasil. (Conclusão)

<i>Passiflora vellozoi</i> Gardner	13	RJ, MG, SP, PR, SC	Floresta Ombrófila
<i>Passiflora villosa</i> Vell.	6	RJ, SP, PR, SC	Floresta Ombrófila

Legenda: Espécies de *Passiflora* registradas na área da Serra do Mar, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil; PR = Paraná; RJ = Rio de Janeiro; RS = Rio Grande do Sul; SC = Santa Catarina; SP = São Paulo.
Fonte: A autora, 2023.

A análise polinomial quadrática relacionando a riqueza de espécies de *Passiflora* com a altitude mostrou uma diminuição do número de espécies em função do aumento do gradiente de altitude (Figura 3 a-b) ($R^2=80\%$, $p=0.001$). A maior riqueza foi registrada entre 1-199m de altitude, com 40 espécies, seguida de 600-899m com 39 espécies. Por outro lado, a menor riqueza foi registrada acima dos 2.000m com apenas uma espécie.

Figura 3 – Mapa de elevação da ecorregião da Serra do Mar, Sul e Sudeste do Brasil.



Legenda: a Mapa de elevação da Serra do Mar, Brasil; b. Riqueza de espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.) em função da altitude na Serra do Mar, Sul e Sudeste do Brasil.
Fonte: A autora, 2023.

Os resultados da análise de correlação canônica mostram os valores mais elevados do primeiro eixo, o que representa uma estreita relação com o gradiente. O segundo eixo, apesar de ter um valor mais baixo, também foi altamente correlacionado (Tabela 2). Foram encontradas cinco variáveis correspondentes, sendo que duas delas apresentaram maior correlação, sendo: a Temperatura Média Anual (BIO1) altamente explicada no eixo 1 e a Precipitação do Trimestre mais Seco (BIO17) altamente explicada no eixo 2 (Figura 4). O teste de permutação de Monte Carlo indicou uma relação entre a composição de espécies e as variáveis ambientais nos eixos de ordenação ($p=0.001$).

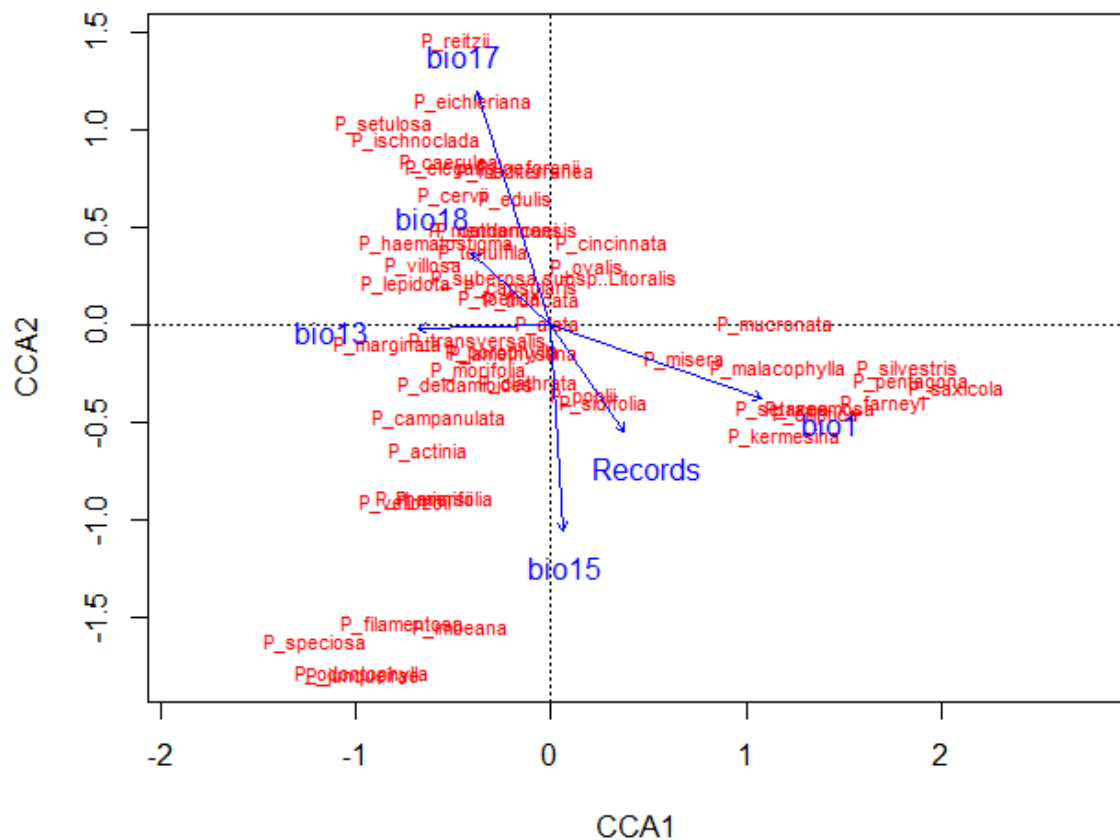
Tabela 2 - Análise de Correlação Canônica (CCA) entre a riqueza de espécies de *Passiflora* L. e variáveis ambientais, na Serra do Mar.

CCA	Axe I	Axe II
Autovalor	0.3960	0.2908
Proporção Explicada	0.3842	0.2822
Proporção Cumulativa	0.3842	0.6664
Variáveis		
Média anual de temperatura (BIO 1)	0.7935	-0.2796
Precipitação do mês mais chuvoso (BIO 13)	-0.5016	-0.0167
Precipitação sazonal (Coeficiente de variação) (BIO 15)	0.0461	-0.7774
Precipitação no trimestre mais seco (BIO 17)	-0.2834	0.8766
Precipitação no trimestre mais quente (BIO 18)	-0.2995	0.2697

Legenda: Resultado da Análise de Correlação Canônica (CCA), com as cinco variáveis bioclimáticas de maior correlação com a riqueza de espécies de *Passiflora* L., na ecorregião da Serra do Mar, Brasil.

Fonte: A autora, 2023.

Figura 4 – Análise de Correlação Canônica (CCA) entre as variáveis climáticas e as espécies de *Passiflora* L. na Serra do Mar.

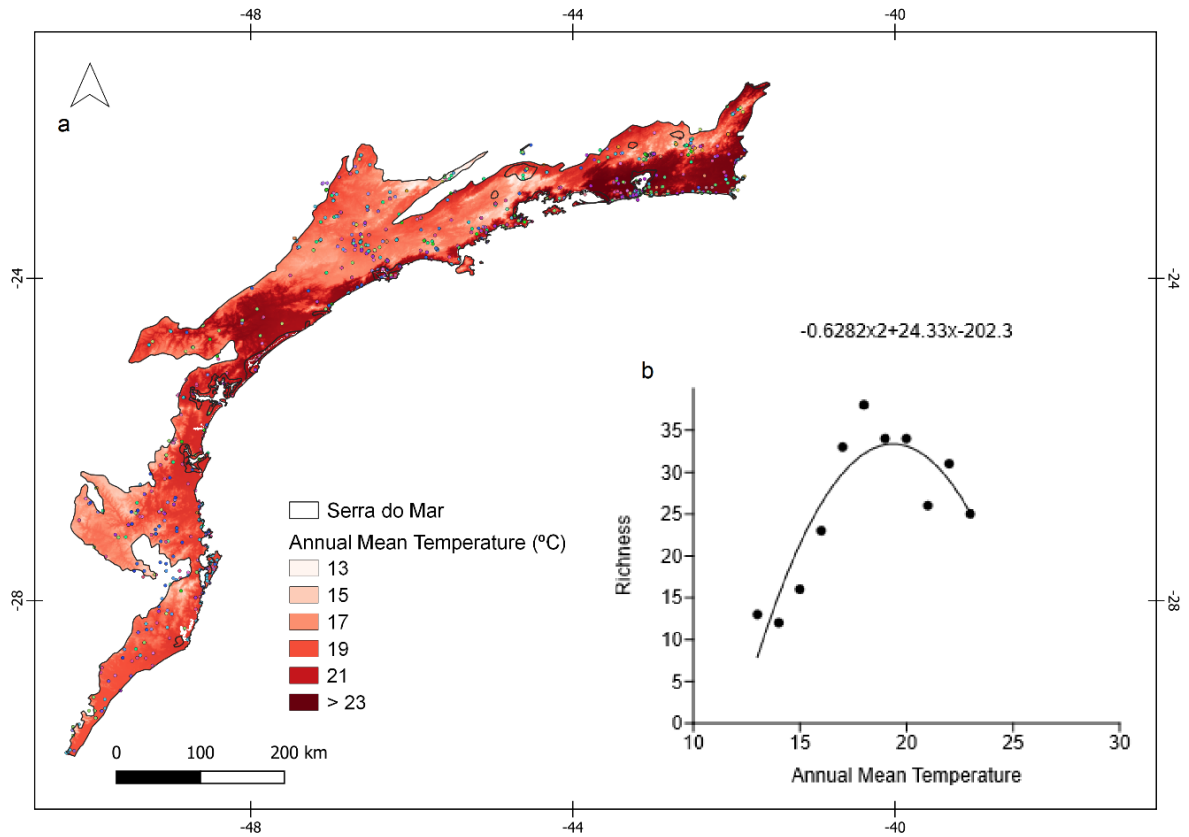


Legenda: Resultado da Análise de Correlação Canônica (CCA) com as cinco variáveis mais correlacionadas com espécies de *Passiflora* L. na Serra do Mar, Brasil. BIO 1= Temperatura média anual; BIO 13= Precipitação do mês mais chuvoso; BIO 15 = Precipitação sazonal (Coeficiente de variação); BIO 17= Precipitação no trimestre mais seco do ano; BIO 18 = Precipitação trimestre mais quente do ano.

Fonte: A autora, 2023.

A análise polinomial quadrática das variáveis bioclimáticas mostrou que a temperatura média anual teve uma estreita relação com o número de espécies de *Passiflora* ($R^2= 80\%$, $p=0.001$) (Figura 5a-b), a maior riqueza foi registrada onde a média está próxima de 20 °C. Em temperaturas médias baixas a riqueza foi menor, além disso, também tendeu a diminuir quando essa média foi acima de 23 °C. A outra variável, de Precipitação do Trimestre mais Seco, mostrou uma correlação negativa com o número de espécies ($R^2= 66\%$, $p=0.01$), indicando uma diminuição da riqueza à medida que a precipitação média deste período aumenta (Figura 6 a-b).

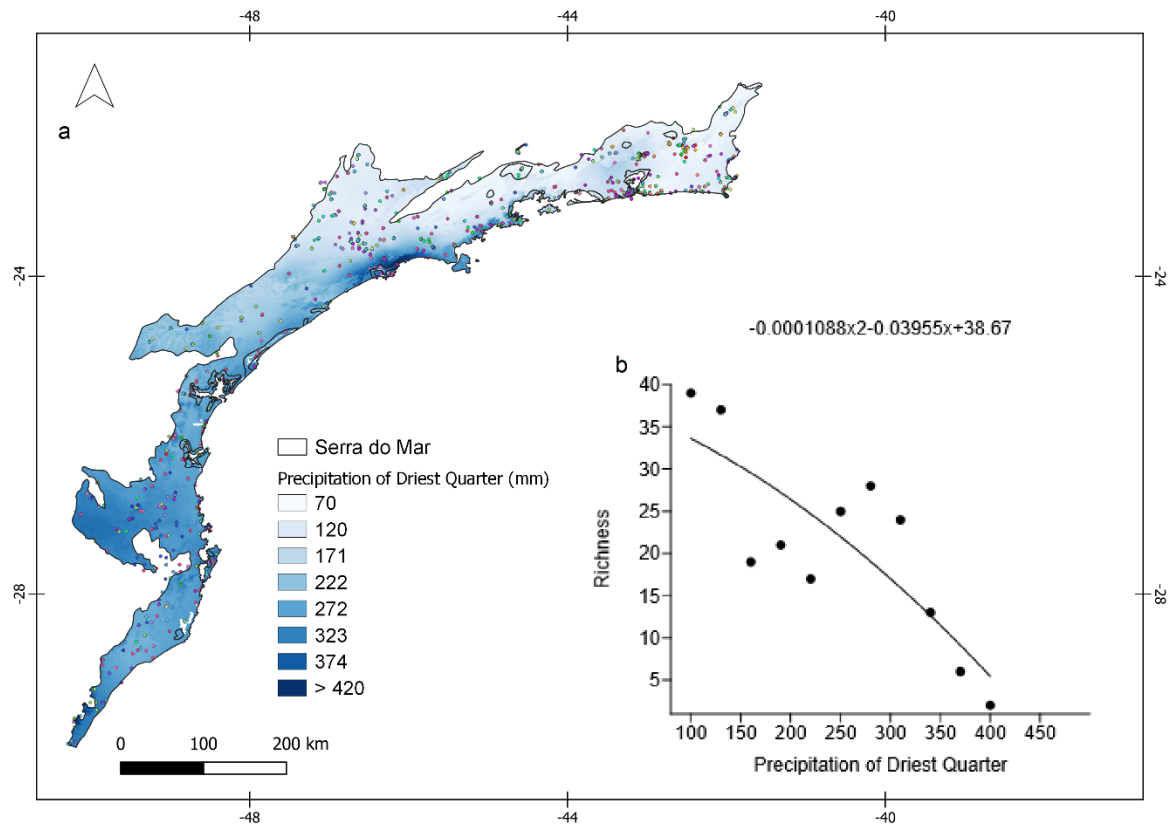
Figura 5 – Média anual de temperatura na Serra do Mar, Brasil, em relação as espécies de *Passiflora* L.



Legenda: a. Temperatura média anual da Serra do Mar, Sul e Sudeste do Brasil; b. Riqueza de espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.) em função da temperature media na ecorregião da Serra do Mar.

Fonte: A autora, 2023.

Figura 6 – Precipitação no trimestre mais seco do ano em relação a ocorrência de espécies de *Passiflora* L., na ecorregião da Serra do Mar.



Legenda: a. Precipitação em milímetros (mm) do trimestre mais seco do ano, na ecorregião da Serra do Mar; b. Riqueza de espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.) em função da precipitação do trimestre mais seco, na Serra do Mar, Brasil.

Fonte: A autora, 2023.

3.3.2 Conservação

Encontramos 17 espécies ameaçadas entre as espécies endêmicas que já foram avaliadas (Tabela 3), *P. setulosa* Killip e *P. ischnoclada* Harms foram as únicas encontradas como "Extinto na Natureza" e "Criticamente em Perigo", respectivamente. Além disso, seis espécies foram apresentadas nas categorias "Em Perigo" e outras seis apareceram como "Vulneráveis", duas espécies estão listadas como "Raras". Sugerimos também as categorias de seis espécies, duas ainda não avaliadas, *P. cervii* M.A.Milward-de-Azevedo como "Pouco Preocupante" para a Extensão de Ocorrência e "Em Perigo" para a Área de Ocupação, e *P. elliptica* Gardner como "Em Perigo" para ambos os cálculos.

Seis espécies apresentaram sua distribuição restrita ao território da Serra do Mar (Tab. 3): *P. elliptica*, *P. farneyi* Pessoa & Cervi e *P. imbeana* Sacco no estado do Rio de Janeiro, *P.*

ischnoclada no estado de São Paulo, *P. reitzii* Sacco no estado de Santa Catarina e *P. truncata* Regel com ocorrências registradas ao longo de toda a Serra do Mar. Dentre as espécies que apresentaram maior amplitude de distribuição (valores de AOO e EOO), na área da Serra do Mar, quatro foram as mais representativas: *P. actinia* Hook. apresentou a maior amplitude de distribuição, seguida por *P. mediterranea* Vell., *P. truncata* e *P. vellozoi* Gardner. Entretanto, sete espécies apresentaram a menor amplitude de distribuição: *P. junqueirae* Imig & Cervi, com uma pequena área de distribuição, depois *P. farneyi*, *P. filamentosa* Cav., *P. imbeana*, *P. ischnoclada*, *P. loefgrenii* Vitta e *P. marginata* Mast.

Tabela 3 – Espécies de *Passiflora* L. endêmicas de áreas de domínio Atlântico com ocorrência na ecorregião da Serra do Mar, Sudeste e Sul, Brasil. (Continua)

Espécie	Distribuição (km ²)		Categorias Sugeridas	Categorias Oficiais	Referência
	EOO	AOO			
<i>Passiflora actinia</i> Hook	206.404	228	-	EN/VU	CONSEMA (2002); Durigon et al. (2009) - VU; Lista das espécies ameaçadas da flora do Rio Grande do Sul (2014) – EN
<i>Passiflora catharinensis</i> Sacco	119.424	40	-	VU	Lista de espécies ameaçadas da flora de Santa Catarina (2014)
<i>Passiflora cervii</i> M.A.Milward-de-Azevedo	119.902	36	LC/EN	NE	Presente estudo B2ab (ii,iii)
<i>Passiflora deidamioides</i> Harms	17.361	52	-	EN	Milward-de-Azevedo e Fernandes (2021)
<i>Passiflora elliptica</i> Gardner	20	12	EN	NE	Presente estudo B1b (i,ii,iii) + 2ab (ii,iii)

Tabela 3 – Espécies de *Passiflora* L. endêmicas de áreas de domínio Atlântico com ocorrência na ecorregião da Serra do Mar, Sudeste e Sul, Brasil. (Continuação)

<i>Passiflora farneyi</i> Pessoa & Cervi	1.28	36	EN	VU	Martinelli et al. (2018); Presente estudo B1b (ii,iii) + 2b (i,iii)
<i>Passiflora filamentosa</i> Cav.	5.425	16	-	Rara	Bernacci et al. (2005)
<i>Passiflora imbeana</i> Sacco	7.234	28	VU/EN	EN	CNCFlora (2012); Martinelli et al. (2013, 2018); Milward-de- Azevedo e Fernandes (2021); MMA (2022); Presente estudo B1b (ii, iii) + B2b (ii, iii)
<i>Passiflora ischnoclada</i> Harms	851	28	EN	CR/VU	CNCFlora (2012), MMA (2022); SMA-SP (2016) - CR; MMA (2008); Biodiversitas (2005); Presente estudo B1ab(i, ii, iii) + B2b (i, ii, iii)
<i>Passiflora junqueirae</i> Imig & Cervi	0,502	8	-	EN	Milward-de-Azevedo e Fernandes (2021)
<i>Passiflora lepidota</i> Mast.	-	-	-	DD	
<i>Passiflora loefgrenii</i> Vitta	9.613	60	-	NE	
<i>Passiflora marginata</i> Mast.	9.525	24	-	EN	Bernacci (2003)

Tabela 3 - Espécies de *Passiflora* L. endêmicas de áreas de domínio Atlântico com ocorrência na ecorregião da Serra do Mar, Sudeste e Sul, Brasil. (Continuação)

<i>Passiflora mediterranea</i> Vell.	189.061	356	-	NE	
<i>Passiflora mendoncae</i> Harms	96.895	128	-	VU	Bernacci (2003)
<i>Passiflora odontophylla</i> Harms ex Glaz.	-	-		NE	
<i>Passiflora ovalis</i> Vell. ex M.Roem	10.137	64	-	VU	Bernacci (2003)
<i>Passiflora pentagona</i> Mast.	12.921	84	-	VU	Bernacci (2003)
<i>Passiflora racemosa</i> Brot.	41.641	144	-	VU	SMA-SP (2004)
<i>Passiflora reitzii</i> Sacco	CR* (last record 1957)	DD		Rare/VU	Cervi (1997) - Rara; Lista de espécies ameaçadas da flora de Santa Catarina (2014) – VU; Presente estudo – dados insuficientes para análise de ameaça.
<i>Passiflora rhamnifolia</i> Mast.	34.905	68	-	NE	
<i>Passiflora setulosa</i> Killip	-	-	-	EN	Bernacci (2003) - EW; SMA (2004) - VU; CNCFlora (2012) – EN.

Tabela 3 – Espécies de *Passiflora* L. endêmicas de áreas de domínio Atlântico com ocorrência na ecorregião da Serra do Mar, Sudeste e Sul, Brasil. (Conclusão)

<i>Passiflora sidifolia</i> M.Roem.	56.549	116	-	NE	
<i>Passiflora truncata</i> Regel	175.653	164	LC/EN	EN	Milward-de-Azevedo e Fernandes (2021); Presente estudo B2b(ii,iii)
<i>Passiflora vellozoi</i> Gardner	174.747	84	-	NE	NA

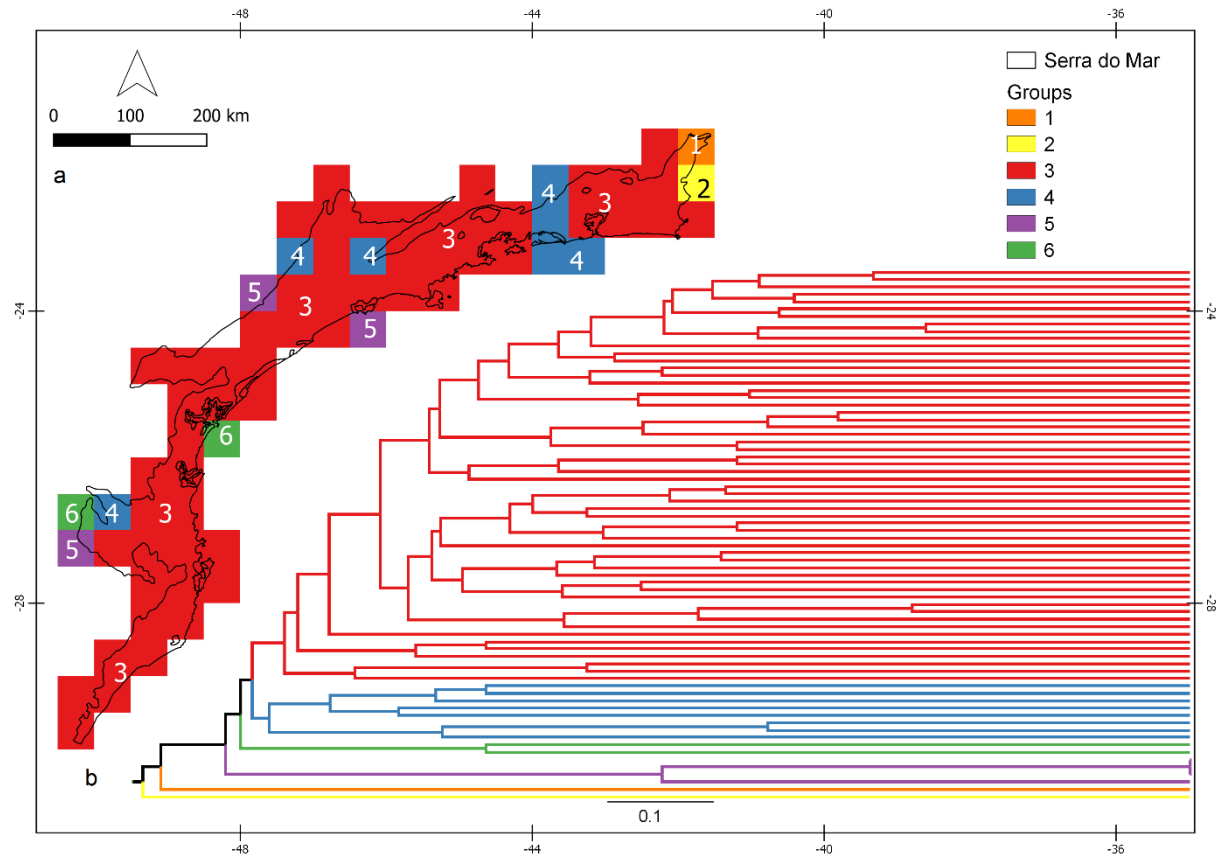
Legenda: EOO = Extensão de Ocorrência; AOO = Área de Ocupação; CR = Criticamente em Perigo; DD = Insuficiência de Dados; EN = Em Perigo; LC = Pouco Preocupante; NT = Quase Ameaçada; VU = Vulnerável; EW = Extinta na Natureza; NE = Não Avaliada.

Fonte: A autora, 2023.

3.3.3 Similaridade

A análise de similaridade, considerando a composição geral das espécies de *Passiflora* na Serra do Mar (Figura 7a), gerou um dendrograma com seis grupos, dois deles isolados (Figura 7b). O grupo principal (Grupo 3, vermelho) concentra um maior número de quadrículas, que se estende por toda a área da Serra do Mar e agrupa espécies de ampla distribuição, como *P. alata* Curtis, *P. amethystina* Mikan, *P. capsularis* L., *P. edulis* Sims, *P. haematostigma* Mart. ex Mast., *P. mediterranea* Vell., *P. porophylla* Vell. e *P. suberosa* subsp. *litoralis* (Kunth) Port.- Utl. ex M.A.M. Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev. Enquanto os grupos 1, 2 e 4 foram diferenciados com base na composição da região nordeste da Serra do Mar, abrigando espécies com distribuição mais restrita como *P. catharinensis*, *P. farneyi*, *P. filamentosa*, *P. imbeana* e *P. ischnoclada*. É possível observar que a porção nordeste da Serra do Mar abrange áreas mais heterogêneas quanto à composição de espécies. Enquanto isso, as áreas Centro-Oeste e Sudoeste da Serra caracterizaram-se por apresentarem maior homogeneidade. Os grupos 5 e 6 apresentaram poucas espécies em relação às outras áreas, por isso se tornaram grupos distintos.

Figura 7 – Análise de similaridade de espécies de *Passiflora* L. na ecorregião da Serra do Mar, Brasil.



Legenda: a. Composição florística de espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.) obtidas pelo método UPGMA, com quadrículas (0.50° x 0.50°) de ocorrência na Serra do Mar, Brasil; b. Dendrograma de similaridade gerado com o índice de Jaccard.

Fonte: A autora, 2023.

3.4 DISCUSSÃO

3.4.1 Análise espacial

Neste estudo, constatamos a maior riqueza de *Passiflora* nas áreas que abrangem os maciços no interior da Serra do Mar e exatamente onde estão as principais Unidades de Conservação. O chamado "mar de morros", na Serra do Mar, mostra que os complexos mamelonares representam as principais paisagens do Domínio Atlântico (GRAEFF, 2015). A distribuição de espécies em um gradiente de altitude, definido por características do terreno, pode mostrar distinções evidentes na diversidade ao longo de uma montanha (GRYTNES,

2003). Assim, a estrutura do terreno da Serra do Mar é um fator relevante na distribuição de plantas trepadeiras, uma vez que espécies de *Passiflora* respondem significativamente a gradientes de altitude (FERNANDES; YAZBECK; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2022; MORAES et al., 2018, 2020; OCAMPO-PÉREZ; D'EECKENBRUGGE; ANDY, 2010).

Fernandes, Yazbeck e Milward-de-Azevedo (2022), em um estudo sobre a riqueza de espécies de *Passiflora* em função da altitude na Serra dos Órgãos, cadeia de montanha pertencente à Serra Mar, encontraram maior riqueza de espécies no intervalo médio (1.000-1.300m) do gradiente de elevação. Entretanto, no presente estudo, encontramos uma correlação negativa, onde a riqueza diminuiu com o aumento da altitude. Contudo, nossos resultados corroboraram os resultados obtidos por Moraes et al. (2020), em que há redução da riqueza de *Passiflora* com o aumento da altitude, além de outros estudos com lianas que também encontraram padrões semelhantes, como Carvalho e Melis (2013), Hernandez et al. (2012), Malizia et al. (2004) e Sainje et al. (2019).

A temperatura foi um fator relevante na compreensão da distribuição de *Passiflora*. Encontramos a maior riqueza de espécies onde a temperatura média anual varia entre 19 °C e 23 °C. Locais com temperaturas muito baixas apresentam um déficit no balanço hídrico porque não mantêm a mesma umidade que as zonas mais quentes e fazem com que as lianas se estabeleçam melhor em locais com temperaturas mais elevadas (BARRY, 1992; HU; RIVEROS-IREGUI, 2016; STEPHENSON, 1990). Um exemplo disso é que temperaturas muito baixas podem impedir a transporte hídrico em espécies de lianas, o que explica a baixa riqueza encontrada neste estudo (EWERS, 1985).

Em contraste com o resultado encontrado para a temperatura, a Precipitação do Trimestre Mais Seco apresentou uma correlação negativa com a riqueza de espécies de *Passiflora*. Observamos uma diminuição no número de espécies à medida que nos deslocamos para o sul da Serra do Mar, onde a maior precipitação foi registrada no período mais seco. Mesmo assim, as áreas dessa região sofrem menor influência da variação do relevo (PANDOLFO, 2002), enquanto a porção norte da Serra do Mar sustenta a umidade das áreas nesses períodos através de chuvas orográficas e nevoeiros.

3.4.2 Conservação

De acordo com estudos e Listas Oficiais Nacionais e Estaduais (BERNACCI, 2003, 2005; CERVI, 1997; CNCFlora, 2012; CONSEMA, 2002; DURIGON et al., 2009; LISTA DA FLORA AMEAÇADA DE EXTINÇÃO DOS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL, 2014; LISTA DA FLORA AMEAÇADA DE EXTINÇÃO DE SANTA CATARINA, 2014; MARTINELLI; MORAES, 2013, 2018; MILWARD-DE-AZEVEDO; FERNANDES, 2021; SEMA/GTZ-PR, 1995; SMA-SP, 2004;), pelo menos 21 espécies encontradas na área da Serra do Mar estão classificadas em algum nível de ameaça. Um exemplo é *P. farneyi*, restrita à vegetação de Restinga. Vale ressaltar que este tipo de vegetação vem sofrendo perdas significativas de *habitat* devido à expansão urbana, ameaçando ainda mais as espécies endêmicas e restritas (GUERRA, 2005; LEME, 2000; RIBEIRO; OLIVEIRA, 2009).

Passiflora elliptica é restrita apenas ao município do Rio de Janeiro, ocorrendo nas áreas do Parque Nacional da Tijuca (MEZZONATO-PIRES et al., 2020) e não foi realizada nenhuma avaliação quanto ao seu *status* de ameaça. Assim, indicamos esta espécie como "Em Perigo", devido à quantidade de exemplares encontrados e ao pequeno número de localidades onde foram registradas, seguindo os critérios de categoria da IUCN (IUCN, 2022). Dentre as espécies encontradas que são endêmicas do Domínio Atlântico, outras sete, além de *P. elliptica*, não foram avaliadas e nem mencionadas em nenhuma lista ou estudo nacional ou estadual.

Outra espécie apresentada como rara, segundo Cervi (1997), foi *P. reitzii*, encontrada nas matas das encostas da Serra do Mar e está representada neste estudo por apenas um registro, deste modo, não foi possível realizar nenhum cálculo para determinar seu *status* de ameaça. No entanto, a data do último registro é de 1957, assim a espécie pode ser considerada como CR*, classificação que indica que, além da espécie estar "Criticamente em Perigo", há também a possibilidade de extinção, pois não há novos registros de coleta nos últimos 30 anos, garantindo sua proteção legal e ações de conservação (IUCN, 2022; MARTINELLI; MORAES, 2013; PENEDO et al., 2015).

Apontada como "Em Perigo" para o estado do Rio Grande do Sul, na Lista Oficial de Espécies da Flora Nativa em Perigo de Extinção (2014), *P. actinia* foi uma das espécies com maior número de registros ao longo da Serra do Mar (11 quadrículas). No entanto, a maioria desses registros está na Região Sudeste do Brasil, o que explica a presença dessa espécie nas categorias ameaçadas de extinção no Sul do país.

Neste estudo, sugerimos que quatro espécies são endêmicas da Serra do Mar: *P. elliptica* e *P. ischnoclada*, registradas em Floresta Ombrófila, *P. farneyi* em vegetação de Restinga, e *P. imbeana* Sacco nos ecótonos entre os Campos de Altitude e a Floresta Ombrófila Alto-Montana. A heterogeneidade da vegetação na ecorregião da Serra do Mar contribui para a ocorrência de vários táxons endêmicos (GARCIA; PIRANI, 2005). As características dessas fitofisionomias são determinadas pela formação do terreno e podem diferir de acordo com a altitude e a latitude (IBGE, 2012; IVANAUSKAS; ASSIS, 2009).

3.4.3 Similaridade

Em um estudo realizado por Moraes et al. (2020), para a Serra da Mantiqueira, uma análise de similaridade da composição florística indicou dois grupos bem definidos (Norte e Sul) e um grupo isolado, o que corrobora a divisão geomorfológica da serra (MACHADO-FILHO et al., 1983). A porção Norte apresenta maior riqueza e uma composição mais heterogênea de espécies de *Passiflora*, enquanto a porção Sul aponta menor variação de riqueza e maior homogeneidade na composição (MORAES et al., 2020). Em comparação com a Serra do Mar, as áreas Nordeste e Norte, adjacentes às porções Norte e Sul da Serra da Mantiqueira, apresentaram heterogeneidade de material, também relacionada à maior riqueza de espécies de *Passiflora*. A homogeneidade na composição florística da Serra do Mar é observada apenas nas áreas mais ao Centro-Oeste e Sudoeste da serra.

No estudo realizado por Moraes et al. (2020) foram encontradas 42 espécies em comum com o presente estudo, sendo a maioria delas pertencentes à Floresta Ombrófila em altitudes acima de 500m, o que pode ser explicado pela proximidade entre as duas serras. A mudança na composição da vegetação e as questões de cobertura relacionadas ao relevo explicam a heterogeneidade dos agrupamentos de espécies na parte nordeste da Serra do Mar e apontam para o fato de que as regiões de Floresta Ombrófila são formadas por grupos mais homogêneos. Isso pode ser observado pelo número de espécies restritas à Região Sudeste do Brasil, onde o relevo é acidentado.

4 MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES DE *PASSIFLORA* L., EM CENÁRIO CLIMÁTICO FUTURO, NA ECORREGIÃO DA SERRA DO MAR, BRASIL

4.1 Introdução

Modelos de distribuição de espécies trazem à tona elementos que complementam estudos biogeográficos, ecológicos e evolutivos, além de auxiliar medidas conservacionistas (BRITTO et al., 2009; GUISAN; THUILLER, 2005; SILLERO, 2011). Esses modelos de distribuição associam dados de ocorrência de espécies com variáveis preditoras para combinar modelos estatísticos e teóricos, que determinam a relação da presença e ausência de espécies com variáveis pré-estabelecidas (*e.g.* temperatura, pluviosidade) (ANDERSON et al., 2003). Questões inerentes à adequabilidade de *habitat* e ao potencial de distribuição dos organismos podem ser respondidas através desses modelos, de forma a servir como importantes informações para ações de conservação e manejo (GIACOMIN et al., 2014; GIANINI, 2012; MARINI et al., 2010;).

No Brasil estudos de modelagem de distribuição são realizados, principalmente, com espécies arbóreas, como os de Amaral et al. (2021), Carvalho et al. (2017), Coelho (2016), Figueiredo et al. (2015), Gaia et al. (2020), Giacomini (2014) e Urbano et al. (2021). Isso indica uma lacuna de conhecimento em relação, por exemplo, a espécies de lianas e às preferências de *habitat* desses táxons tão importantes para o ecossistema (SCHNITZER; CARSON, 2001). Fernandes, Moraes e Milward-de-Azevedo (2023), em um estudo na Serra do Mar, correlacionaram espécies de *Passiflora* com variáveis ambientais, que responderam significativamente aos gradientes onde estavam inseridas, porém, não estabeleceu uma previsão de adequabilidade de *habitat*.

O gênero *Passiflora* faz parte da família Passifloraceae *sensu stricto* e possui mais de 750 espécies, com distribuição geográfica em regiões tropicais e subtropicais (FEUILLET; MACDOUGAL, 2007). As espécies do gênero são reconhecidas, sobretudo, como trepadeiras herbáceas, folhas alternas simples, inteiras ou lobadas, ou compostas, com gavinhas axilares e nectários extraflorais no pecíolo e/ou lâminas foliares, flores com androginóforo e corona de filamentos (MILWARD-DE-AZEVEDO et al., 2012). O gênero possui grande importância ecológica, devido a íntima relação com uma diversidade de polinizadores, ampliada pela

presença de uma corona de filamentos em séries circulares, que funciona como um atrativo (VARASSIN; TRIGO; SAZIMA, 2001; ULMER; MACDOUGAL, 2004).

O território brasileiro apresenta 157 espécies pertencentes ao gênero, mais da metade dessas espécies apresentam ocorrência no domínio fitogeográfico da Floresta Atlântica (BERNACCI et al., 2020). O Domínio Atlântico é considerado um dos *hotspot* de biodiversidade e um dos principais pontos para conservação do mundo (MITTERMEIER et al., 2004; ZACHOS; HABEL, 2011). Segundo o IBGE (2022), a Floresta Atlântica é o domínio fitogeográfico com maior número de espécies ameaçadas do Brasil. A fragmentação florestal deste domínio é a maior responsável pela perda de *habitat* e biodiversidade, sendo que tal fato é ocasionado, principalmente, por processos de urbanização desordenada (FERREIRA et al., 2019).

A Serra do Mar é uma das áreas prioritárias para conservação do Domínio Atlântico no país, que forma um corredor ecológico entre os estados do Rio de Janeiro e o Rio Grande do Sul, na costa leste do país (RIBEIRO et al., 2009). A ecorregião é uma das maiores extensões de floresta no Domínio Atlântico e as áreas florestais são entremeadas por terrenos escarpados e Unidades de Conservação, o que impossibilita práticas agrícolas e colabora para vieses conservacionistas (WWF, 2008). De acordo com Werneck et al. (2011), cerca de 2.006 espécies endêmicas de angiospermas foram registradas para a ecorregião.

Apesar dos altos níveis de diversidade e endemismo, a constante ameaça à conservação do Domínio Atlântico aponta reduções extremas em sua cobertura florestal ao longo dos anos (BELLARD et al., 2014; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2022; RIBEIRO et al., 2011). Segundo dados do *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC (2022), 30% das espécies do globo, incluindo fauna e flora, possuem chances gradativas de desaparecer frente às mudanças desenfreadas do clima. Espécies mais sensíveis, com distribuição restrita em domínios fitogeográficos ameaçados tendem a ter seu *habitat* e adequabilidade ambiental ainda mais limitados, reiterando a necessidade de compreender a biodiversidade e como esses organismos vão responder às variações futuras para que sejam priorizadas áreas para ações conservacionistas (THUILLER et al. 2005).

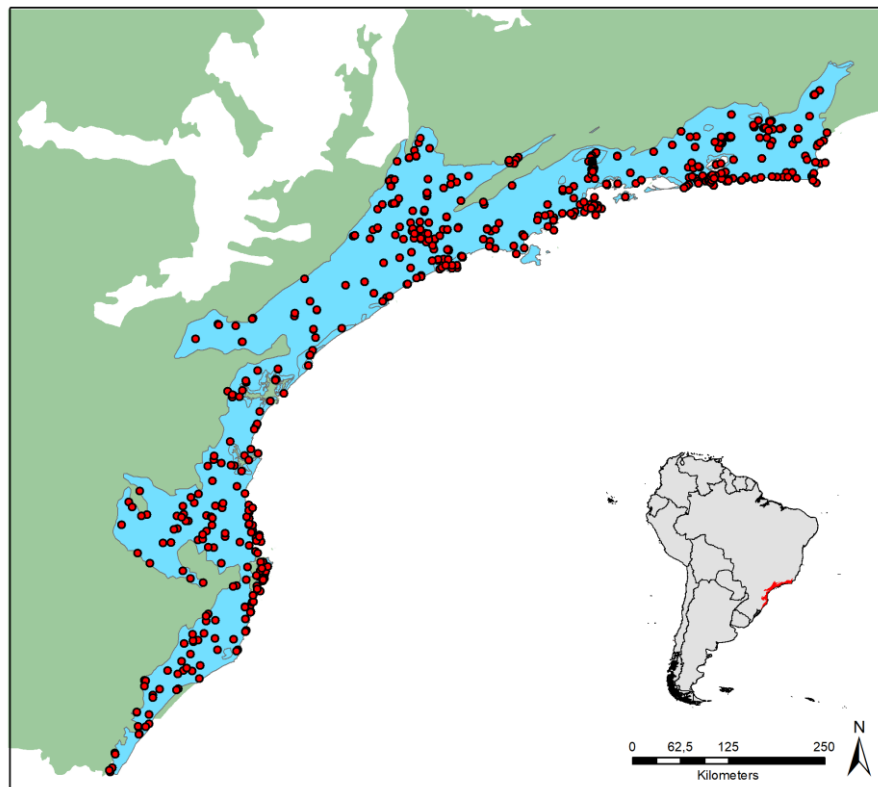
Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma modelagem de distribuição das espécies de *Passiflora* na ecorregião da Serra do Mar, frente às variáveis bioclimáticas, para estabelecer locais de adequabilidade ambiental, em cenários pré-estabelecidos atuais e futuros de acordo com os dados do IPCC (2022).

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

Os limites originalmente definidos para a ecorregião da Serra do Mar correspondem a 113.411 km² e abrangem 364 municípios nas regiões Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) e Sudeste (Rio de Janeiro, São Paulo), (Figura 8), do Brasil (WWF, 2011). As fitofisionomias da ecorregião são caracterizadas por Restinga, Floresta Ombrófila Baixo Montana, Montana, Floresta Ombrófila Alto Montana, Florestas Ombrófilas Mistas, Florestas Estacionais Deciduais e Semideciduais, e Campos de Altitude (WWF, 2011). Optamos por utilizar o limite original da ecorregião da Serra do Mar, que perpassa por todas as fitofisionomias identificadas na área (WWF, 2011).

Figura 8 – Ocorrência de espécies de *Passiflora* L. na ecorregião da Serra do Mar, Brasil.



Legenda: Pontos de ocorrência de espécies de *Passiflora* L. utilizados para as análises de Modelagem na limitação da área original da ecorregião da Serra do Mar, Brasil.

Fonte: A autora, 2023.

4.2.2. Seleção de táxons

Foram analisados materiais do gênero *Passiflora* de herbários físicos (R, RB, HRJ, HB) e virtuais, nos sítios eletrônicos (*Species link*, JABOT e Re flora) para toda a área da Serra do Mar. Para evitar viés e possíveis erros nas previsões, utilizamos todas as espécies do gênero com ocorrência para a Serra do Mar, que apresentaram um número superior a 100 registros dentro da área da ecorregião.

4.2.3. Modelagem

A Modelagem de Distribuição de Espécies (SDM) associa variáveis ambientais preditoras com os registros de ocorrência das espécies, para delinear modelos que propiciam áreas de adequabilidade ambiental dessa espécie em uma determinada localidade geográfica (GUISAN et al., 2013). Desta forma, utilizamos as 19 variáveis bioclimáticas disponibilizada pelo WorldClim (disponível em: <https://www.worldclim.org/>) (FICK; HIJMANS, 2017). As variáveis foram recortadas para a extensão da área da ecorregião da Serra do Mar. Para excluir variáveis com correlação elevada, utilizamos o pacote 'usdm' no R (R CORE TEAM, 2022), que estabelece o Fator de Inflação e Variância (VIF), para avaliar o aumento da variância de um coeficiente de regressão estimado, caso exista correlação entre as variáveis de predição. Desta forma, definiu-se utilizar apenas variáveis com um $VIF \leq 10$ (NAIMI et al., 2014), para evitar qualquer intercorrência na análise.

Utilizamos dois cenários para realizar as previsões futuras seguindo o *Representative Concentration Pathways* (RCP), do IPCC (2014), para realizar as previsões futuras para os anos de 2050 e 2070. O primeiro foi o RCP 4.5, aqui chamado de cenário otimista, onde existe uma consolidação da radiação após 2100, sem extrapolação futura, considerando políticas públicas severas para questões climáticas (CLARKE et al., 2007; SILVEIRA et al., 2016). O segundo foi o RCP 8.5, aqui chamado de cenário pessimista, que indica crescimento populacional ininterrupto, com emissões de dióxido de carbono intensificada, o cenário não considera mudanças em políticas ambientais (RIAHI et al., 2007).

Três modelos climáticos globais (GCM) foram utilizados para as projeções: o *Community Climate System Model* versão 4 (CCSM4), modelo climático acoplado que simula

o sistema climático terrestre e propicia explorar estados climáticos passados, presentes e futuros (GENT et al., 2011). Um dos modelos derivados do *Hadley Centre Global Environment Model* versão 2 (HadGEM2-ES) abrangem categorias de complexidade distintas, porém com um mesmo quadro físico, considera a configuração atmosfera-oceano, que inclui a dinâmica da vegetação, biologia do oceano e química atmosférica, (COLINS et al., 2011). E, por último o *Model for Interdisciplinary Research On Climate* versão 5 (MIROC5), modelo mais simples, tendo em vista processos atmosféricos e aerossóis, oceano e gelo marinho, superfície terrestre e hidrologia (WATANABE et al., 2010). Em seguida, realizamos um modelo conjunto (*ensemble*) de adequabilidade ambiental para cada cenário RCP, baseado nos diferentes modelos climáticos. Elaboramos *rasters* binários para investigar, nos diferentes cenários, se as projeções futuras vão demonstrar aumento ou diminuição da adequabilidade na ecorregião da Serra do Mar.

Utilizamos a modelagem de distribuição para verificar como espécies de *Passiflora* vão responder às mudanças climáticas. Realizamos testes estatísticos de quatro métodos de modelagem, com o pacote “sdm” (NAIMI; ARAÚJO, 2016), no software R (R CORE TEAM, 2022), sendo eles, modelo aditivo generalizado (GAM), modelo linear generalizado (GLM), máxima entropia (Maxent) e *random forest* (RF). Os algoritmos consideram a probabilidade de distribuição concomitante às variáveis climáticas, para avaliar a adequabilidade de habitat de espécies de *Passiflora* na ecorregião da Serra do Mar. Foram utilizadas 10 réplicas de validação cruzada para todos os modelos, com 5.000 iterações. Pelo menos 70% dos dados foram utilizados como treino, os outros 30% foram aplicados para teste do modelo. Usamos a função “varImp” do pacote “sdm” (NAIMI; ARAÚJO, 2016) que estabelece o quanto cada variável contribuiu nos modelos.

Para avaliar o desempenho dos modelos gerados, usamos os valores de *Area Under the Curve* (AUC) da característica de operação do receptor (ROC). A variação da AUC pode ser entre 0 e 1, utilizamos o valor limiar de 0,6, para estabelecer modelos mais precisos como demonstraram estudos anteriores (DHYANI; KADAVRUGU; PUJARI, 2020; MEROW; SMITH; SILANDER, 2013; MUNGI; QURESHI; JHALA, 2020; SUN et al., 2020).

4.3 RESULTADOS

Entre as espécies de *Passiflora* que ocorrem na ecorregião da Serra do Mar, dez apresentaram um número superior a 100 registros, a saber: *P. actinia*, *P. alata*, *P.*

amethystina, *P. capsularis*, *P. edulis*, *P. mediterranea*, *P. miersii*, *P. mucronata*, *P. porophylla* e *P. suberosa*. Das 19 variáveis bioclimáticas utilizadas, cinco permaneceram nos modelos após os resultados do teste de multicolinearidade (Tabela 4). O modelo de distribuição atual adequado das espécies de *Passiflora* é majoritariamente controlada por três variáveis relacionadas com a temperatura (Bio3 –Isotermalidade; Bio7 – Amplitude Térmica Atual; Bio8 – Temperatura Média do Trimestre mais Úmido) e duas com a precipitação (Bio14 – Precipitação do mês mais seco e Bio18 - Precipitação do trimestre mais quente). Todos os modelos obtiveram valores de AUC (Área sob a curva) maior que 0,6, indicando uma boa performance: quanto mais próximo os valores estiverem de 1, melhor o desempenho.

Tabela 4 – Resultado da análise de multicolinearidade com os seus respectivos VIF e valores de AUC para o gênero *Passiflora* L., na Serra do Mar, em quatro métodos de modelagem diferentes.

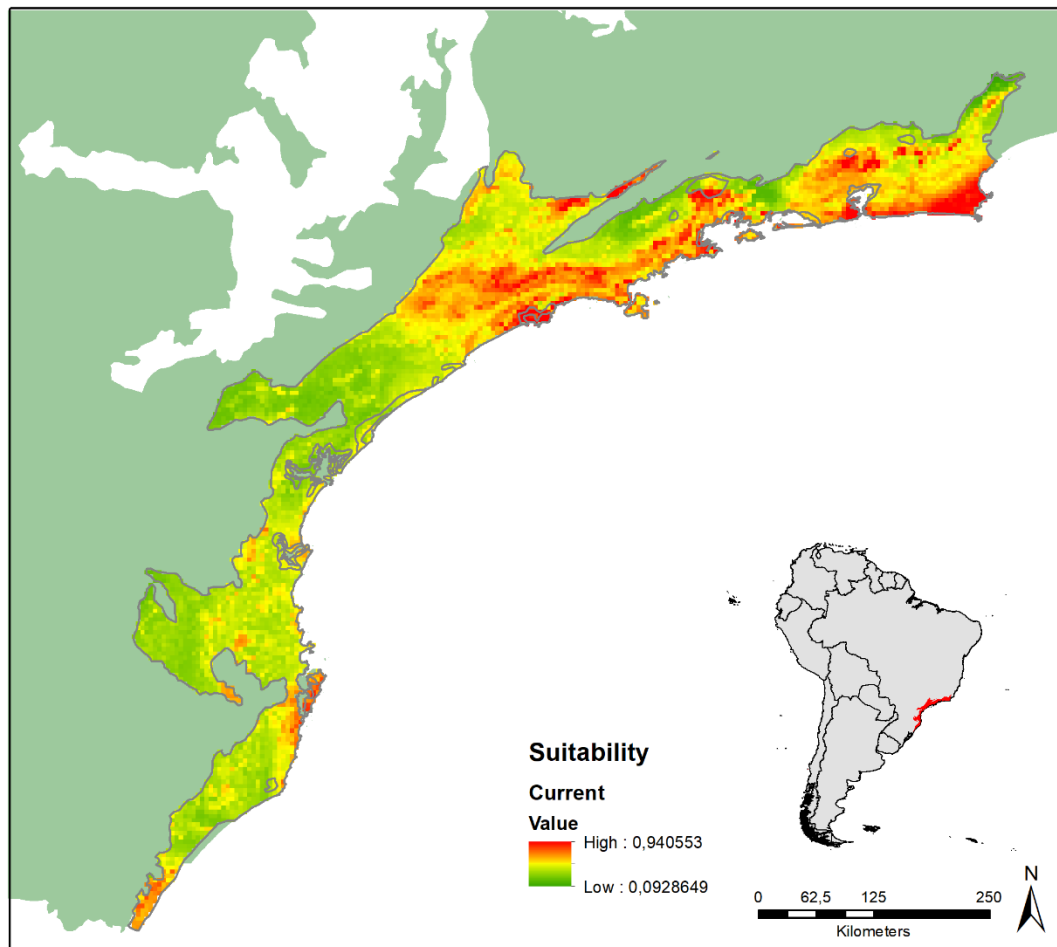
Variáveis	VIF
Amplitude Térmica Atual (BIO 7)	1.094428
Temperatura Média do Trimestre mais Úmido (BIO 8)	1.324172
Precipitação do Trimestre mais Quente (BIO 18)	1.478018
Isotermalidade (BIO 3)	2.754454
Precipitação do Mês mais Seco (BIO 14)	2.797465
Métodos do modelo	AUC
Maxent	0.72
GLM	0.69
GAM	0.72
RF	0.81

Legenda: VIF= Fator de Inflação da Variância; GAM= Modelo Aditivo Generalizado; GLM= Modelo Linear Generalizado; RF= *Randon Forest*; AUC= Área sob a curva.

Fonte: A autora, 2023.

A modelagem de espécies para o período atual sugere que as áreas que favorecem a ocorrência de espécies de *Passiflora* analisadas, estão concentradas, principalmente, nas regiões Nordeste e Centro-leste da ecorregião da Serra do Mar. Em contrapartida, as áreas de redução da adequação ambiental apresentam-se, sobretudo, a medida que nos direcionamos a porção Sul da ecorregião (Figura 9).

Figura 9 - Adequabilidade de *habitat* no período atual na Serra do Mar, Brasil.

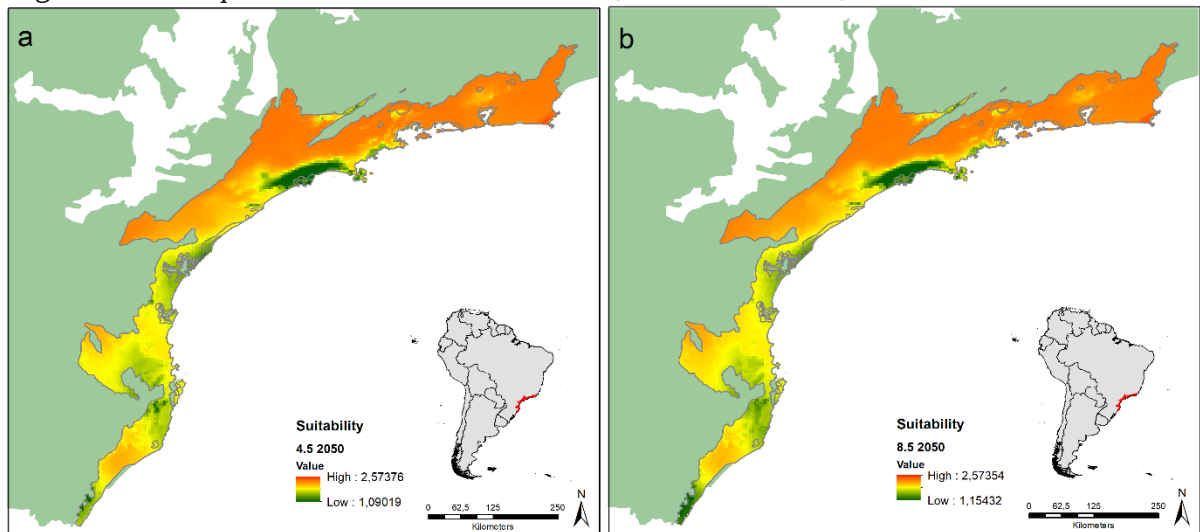


Legenda: Cenário atual de adequabilidade (*suitability*) de *habitat* de espécies de *Passiflora* L. na Serra do Mar. Em vermelho áreas com maior possibilidade de ocorrência de espécies e em verde áreas com menor possibilidade de ocorrência.

Fonte: A autora, 2023

Para cenários futuros, nos anos de 2050, observamos já no RCP 4.5, onde seria o cenário mais otimista, uma perda significativa de adequabilidade na parte central da Serra do Mar, em direção a região Sul (Figura 10a). Enquanto isso, para o mesmo ano em um cenário mais pessimista RCP 8.5 encontramos áreas com ainda mais perda de adequabilidade na porção Sul da ecorregião, com climas desfavoráveis, que colaboram para a diminuição de espécies de *Passiflora* estudadas (Figura 10b). Nos dois cenários, houve uma diluição nos resultados de adequabilidade ambiental ao Norte da Serra, áreas anteriormente muito adequadas (em vermelho) apresentaram perda, enquanto áreas com menor adequabilidade (em amarelo) demonstraram ganho.

Figura 10 - Adequabilidade de *habitat* em 2050, na Serra do Mar, Brasil.

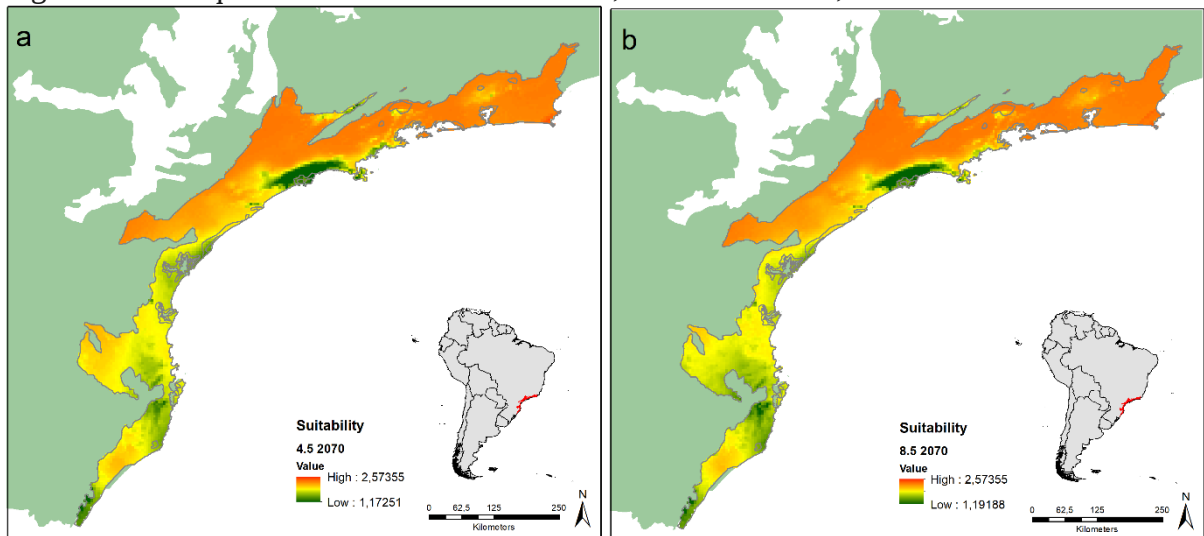


Legenda: Cenário de 2050 representando a adequabilidade (*suitability*) de habitat de espécies de *Passiflora* L. na Serra do Mar, Brasil. Sendo: a) RCP 4.5 – Cenário otimista; b) RCP 8.5 – Cenário pessimista.

Fonte: A autora, 2023

Na modelagem realizada para o ano de 2070, observamos perdas semelhantes em ambos os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5. Porém, mesmo no cenário mais otimista, já é possível observar uma perda maior de adequabilidade de *habitat* na porção Norte e Nordeste da Serra do mar, onde até então, eram apresentados os ambientes mais favoráveis para a ocorrência de espécies de *Passiflora* estudadas (Figura 11 a-b).

Figura 11 - Adequabilidade de *habitat* em 2070, na Serra do Mar, Brasil.



Legenda: Cenário de 2070 representando a adequabilidade (*suitability*) de habitat de espécies de *Passiflora* L. na Serra do Mar, Brasil. Sendo: a) RCP 4.5 – Cenário otimista; b) RCP 8.5 – Cenário pessimista.

Fonte: A autora, 2023

4.4 DISCUSSÃO

Avaliamos o impacto das mudanças climáticas na Serra do Mar e como isso afeta a distribuição de espécies de *Passiflora* mais abundantes na ecorregião ao longo dos anos. Nossos resultados sugeriram perda de adequabilidade de *habitat* em grande parte da Serra do Mar, principalmente, direcionadas à região Sul, mesmo em cenários mais otimistas. As porções Nordeste e Central da Serra do Mar foram as que apresentaram maior adequabilidade ambiental no período atual. As áreas dessa região apresentam um relevo diferenciado e sob forte influência da variação de temperatura, devido ao gradiente de elevação e pluviosidade por fatores relacionados a chuvas orográficas (FRITZONS; SANTOS et al., 2023; WREGGE; MANTOVANI, 2023). Além disso, as áreas escarpadas dificultam a chegada de pressões antrópicas nessa parte da ecorregião (WWF, 2008). Porém, se levarmos em consideração as previsões futuras, mesmo as áreas com topografia íngreme, ao norte da Serra do Mar, que não sofrem tanto com a agricultura extensiva, ainda apresentam uma perda na adequabilidade (COLOMBO; JOLY, 2010).

A região Norte da Serra do Mar apresentou perda nas áreas de maior adequabilidade e ganho em áreas com menor adequação. Em cenários futuros, por exemplo, um aumento na

temperatura média nas porções serranas, pode ampliar a distribuição de espécies que se adaptam bem a locais mais quentes e diminuir a área das espécies que ocorrem em temperaturas muito baixas (FERNANDES; MORAES; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2023). A área central da Serra do Mar apresentou perda na porção leste, ligada ao estado de São Paulo, com uma redução drástica de adequabilidade em todos os cenários preditivos. Anteriormente, a mesma área sofreu com questões inerentes à poluição atmosférica industrial em Cubatão, São Paulo (KLOCKOW; PETERSON; HARGROVE, 1997; KLUMP; DOMINGOS; KLUMP, 2002), e impactou espécies de fauna e flora da Serra de Paranapiacaba, maciço pertencente a Serra do Mar (COLOMBO; JOLY, 2010). Além disso, a constante pressão de áreas litorâneas com a especulação imobiliária, também é um fator altamente relacionado à perda desses *habitats* (SOUZA; FRANCISCO; MELO, 2014).

A porção Sul da ecorregião também apresentou redução de adequabilidade nas condições ambientais, sendo que a área que faz divisa com a Serra Geral apresenta perda em todos os modelos previstos e se agrava nos cenários RCP 8.5 de 2050 e nos RCP 4.5 e RCP 8.5 de 2070. Essa porção da Serra do Mar é composta por fitofisionomias de florestas mistas e áreas com menor variação do relevo. Segundo estudos de Bergamin et al. (2019) e Santos et al. (2020), as formações florestais dessas áreas podem sofrer impactos consideráveis com as mudanças climáticas ainda neste século e reduzir a capacidade de suporte das espécies, que vão buscar recurso em localidades com altitudes maiores.

Em um estudo utilizando modelagem Bakkenes et al. (2002) mostraram que a adaptação de espécies vegetais a ambientes mais quentes ou mais frios é diversa e pode depender do quanto o processo evolutivo acompanha a velocidade das mudanças climáticas, entretanto, espécies endêmicas tem maior chance de desaparecer. Sendo assim, é possível que em cenários do tipo algumas espécies sejam capazes de se adaptar. Porém, a desenfreada mudança do clima (IPCC, 2022) e a elevada pressão sobre as regiões de Domínio Atlântico impossibilitam que processos naturais ocorram dessa forma.

Neste estudo, apontamos perda na qualidade de *habitat* para espécies de *Passiflora* amplamente distribuídas na ecorregião, tanto em cenários otimistas, quanto pessimistas. Fernandes, Moraes e Milward-de-Azevedo (2023) estabeleceram seis espécies restritas às áreas da Serra do Mar, que não foram incluídas neste estudo pelo baixo número de ocorrências, os cenários previstos podem ser ainda mais nocivos para esses táxons. Espécies de restinga, por exemplo, ligadas à área central da Serra, podem perder uma parte relevante do seu *habitat*, o que pode levar a processos de extinção ou disjunção de sua distribuição.

Outros estudos com lianas (SCHNITZER; BONGERS, 2011; van der HEIJDEN; SCHNITZER; MEUNIER, 2023; VOGADO et al., 2022) demonstraram que a abundância das espécies aumenta em resposta a temperaturas mais elevadas e redução de precipitação, sendo assim, estariam susceptíveis a aumentar devido às questões climáticas futuras. Porém, espécies de *Passiflora* respondem significativamente às temperaturas, em um estudo realizado por Fernandes et al. (2023), para toda área da Serra do Mar, a riqueza de espécies diminuiu em temperaturas médias acima de 23°C e aumentou em períodos mais secos, apontando especificidade em relação a fatores abióticos.

Dentre as espécies que utilizamos para análise, cinco foram avaliadas como Pouco Preocupante pelo CNCFLORA (2012), sendo: *P. actinia*, *P. amethystina*, *P. edulis*, *P. miersii* e *P. porophylla*. *Passiflora actinia*, endêmica do Domínio Atlântico aparece em na Lista de espécies ameaçadas da flora do Rio Grande do Sul (2014) como Em Perigo e Vulnerável em estudos como o de Durigon et al. (2009). *Passiflora mucronata*, característica de vegetação de restinga (BERNACCI et al., 2020), apesar de não avaliada, pode sofrer impacto direto pela perda da adequabilidade de *habitat* na porção central litorânea da ecorregião.

Segundo Scherer (2014), a variação dos aspectos climáticos está fortemente relacionada à ocorrência de espécies de *Passiflora*. Em um estudo de conservação filogenética e nicho climático, Scherer (2014) demonstrou que grupos com ampla distribuição e que ocupam *habitats* heterogêneos tendem a preservar sua história evolutiva, em contrapartida, espécies de distribuição restrita, estão altamente ameaçadas pelas mudanças no regime climático.

Demonstramos perda de adequabilidade ambiental tanto em cenários pessimistas, quanto otimistas para espécies de *Passiflora*. Apresentamos, ainda, áreas com perdas drásticas em cenários futuros, principalmente, em uma região de restinga na parte centro-leste da Serra do Mar. Deste modo, sugerimos incluir estudos com espécies de *Passiflora* que possuem distribuição restrita e *habitats* específicos para compreender como essas espécies vão responder às variações climáticas futuras.

5 DIVERSIDADE, DISTRIBUIÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES DE *PASSIFLORA* L. NA SERRA DA BOCAINA, BRASIL

5.1 Introdução

A Serra da Bocaina é um remanescente de Floresta Atlântica localizada nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo e abrange um mosaico com 10 unidades de conservação (MMA, 2006; RBMA, 2008). A região integra o Corredor de Biodiversidade da Serra do Mar, considerado um *hotspot* de biodiversidade, além de ser altamente prioritária para conservação devido à composição de espécies vinculadas ao domínio fitogeográfico em que está inserido (MMA, 2006).

Estudos que incluem o gênero *Passiflora* foram realizados no estado do Rio de Janeiro e São Paulo em remanescentes do Domínio Atlântico. Para o estado do Rio de Janeiro estudos da flora de Macaé de Cima (PESSOA, 1994) e do entorno do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (MILWARD-DE-AZEVEDO; VALENTE, 2004), foram representativos para o gênero, além do estudo na Área de Proteção Ambiental Cairuçu (PESSOA, 1997) que pertence a Serra da Bocaina. Outros estudos pontuais para o estado, sobre as novas ocorrências de *Passiflora* no Rio de Janeiro (MILWARD-DE-AZEVEDO; FERNANDES, 2021) e o levantamento da diversidade do gênero no Parque Nacional Serra dos Órgãos (FERNANDES; YAZBECK; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2022) também apresentaram dados relevantes. O estado está em sua totalidade no Domínio Atlântico e registra, atualmente, 44 das 166 espécies brasileiras de Passifloraceae s.s., incluindo dois gêneros (*Mitostemma* e *Passiflora*) (BERNACCI et al., 2020).

Enquanto isso, para o estado de São Paulo os estudos mais importantes sobre o gênero são compostos pela flora da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (BERNACCI; VITTA, 1999) e a Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo (BERNACCI, 2003). O estado de São Paulo é composto pelos domínios Cerrado e Atlântico, onde são encontradas 46 das espécies registradas no país, das quais 43 com ocorrência no Domínio Atlântico (AGUIAR et al., 2016; BERNACCI et al., 2020).

Estudos que relacionam o relevo e espécies de lianas têm sido abordados ao longo do tempo para compreender se esses táxons possuem um padrão de distribuição e quais fatores podem limitar sua ocorrência (GRYTNES, 2003; GRYTNES; VEETAS 2002; SCHNITZER;

BONGERS, 2002). No que se refere a espécies de Passifloraceae s.s., Fernandes, Yazbeck e Milward-de-Azevedo et al. (2022, 2023) e Moraes et al. (2018, 2020) apontaram relações estreitas entre a ocorrência dessas espécies e fatores ligados aos gradientes de altitude. A heterogeneidade do relevo simultânea às variáveis ambientais pode estabelecer a preferência dessas espécies por determinado *habitat* (BOCKHEIN et al., 2005; HUGGET, 1995; MARTINS et al., 2007).

Outros fatores, como a polaridade das vertentes, também estão relacionados com a composição e distribuição das espécies (HUGGET, 1995), inclusive de *Passiflora* (FERNANDES; YAZBECK; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2022). Desde que Bockheim et al. (2005), apontaram uma correlação entre o solo e o relevo, o lado da montanha onde as espécies estão inseridas (i.e. vertentes continental e oceânica) tornou-se um fator ambiental de observação (MARTINS et al., 2007). Além disso, a fitofisionomia da área e a composição florística, também são fatores que podem delinear e apresentar influência direta sobre a distribuição de espécies de planta (MARIANO et al. 2020)

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi inventariar a diversidade taxonômica do gênero *Passiflora* na Serra da Bocaina, que faz parte da ecorregião da Serra do Mar, e compreender como os fatores relacionados a altitude, vertente e fitofisionomia influenciam a distribuição dessas espécies.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Área de Estudo

A Serra da Bocaina abrange cerca de 221.754 hectares, distribuídos em 10 unidades de conservação, que fazem parte do chamado Mosaico de Unidades de Conservação da Serra da Bocaina (RBMA, 2008). As fitofisionomias variam entre restinga, floresta ombrófila densa e campo de altitude, com intervalo de altitude entre 1m e 2.088m. Nas altitudes mais baixas da Serra o clima é tipificado como tropical úmido e com maior pluviosidade sazonal (Cfb – KÖPPEN, 1928) na vertente norte, do que na vertente sul, enquanto áreas mais elevadas são representadas por baixas temperaturas e maior precipitação (ICMBIO, 2002).

Para este estudo, foram escolhidas três Unidades de Conservação que pertencem à Serra da Bocaina e estão ligadas ao continente, as áreas selecionadas seguiram as características de relevo, onde foi possível delimitar o maior intervalo de altitude (0 - 2.088m) e incluir todas as fitofisionomias (Figura 12), a saber:

1. Parque Nacional da Serra da Bocaina

O Parque Nacional da Serra da Bocaina (PARNASB) representa um importante fragmento do Domínio da Floresta Atlântica e possui desde áreas costeiras litorâneas até vertentes íngremes chegando a 2.088m de altitude, na zona de amortecimento do Parque, abrange desde Restingas e Florestas Ombrófilas até Campos de Altitude. O PARNASB fica na divisa entre os estados do Rio de Janeiro e São Paulo, e abrange os municípios de Angra dos Reis, Mambucaba, Paraty, Ubatuba, Cunha, Areias, São José do Barreiro e Bananal. Foi estabelecido por Portaria do Ministério do Meio Ambiente N° 349, no dia 11 de dezembro de 2006 (ICMBIO, 2002).

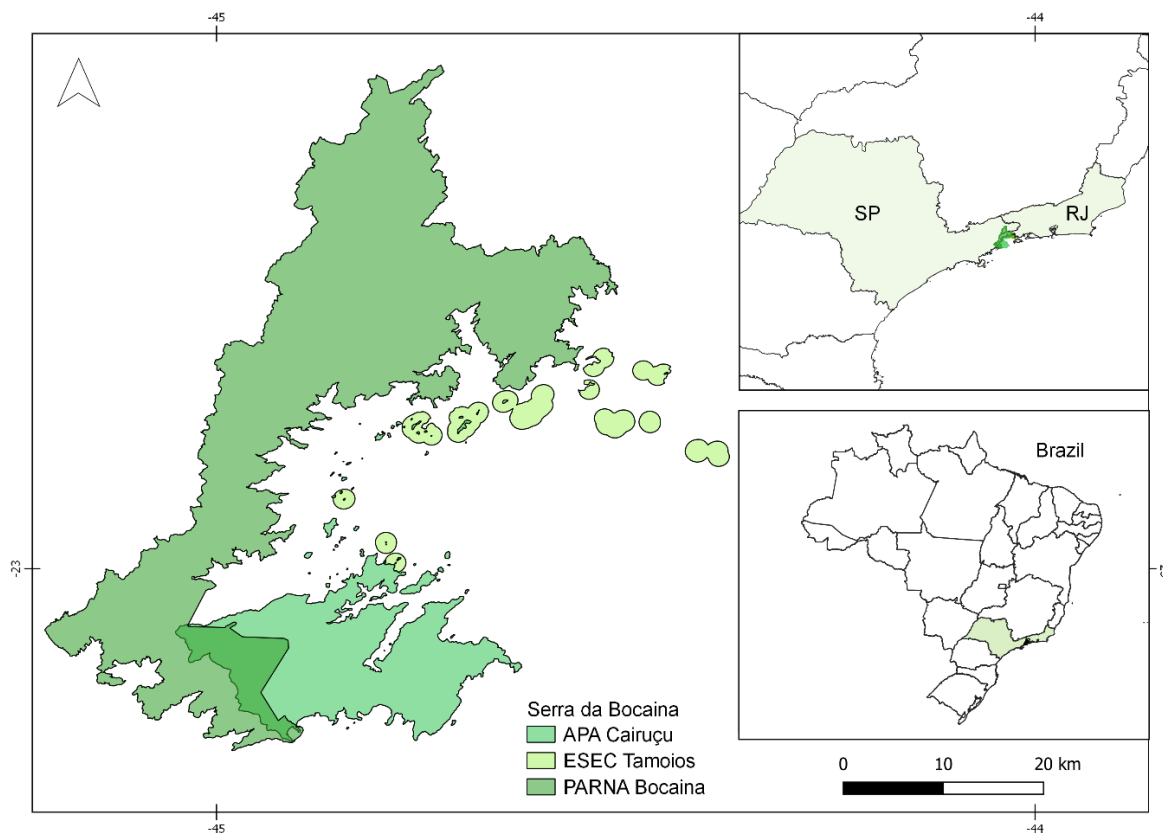
2. Estação Ecológica Tamoios

A Estação Ecológica de Tamoios (ESEC Tamoios) foi criada pelo [Decreto nº 98.864, de 23 de janeiro de 1990](#), como critério legal para áreas que possuem usina nuclear, de modo a realizar pesquisa e monitoramento dos ambientes marinhos e das ilhas da Baía da Ilha Grande, a ESEC Tamoios compreende cerca de 8.700 ha e está localizada entre os municípios de Angra dos Reis e Paraty, no estado do Rio de Janeiro (ICMBIO, 2006). A porção terrestre da ESEC, é limitada em sua maior parte, pela rodovia BR-101, desta forma, engloba as áreas de preservação permanente de vegetação ciliar, mangues, restingas e de costões rochosos, além das áreas emersas na baía da Ilha Grande (IBAMA, 2006).

3. Área de Proteção Ambiental de Cairuçu

A Área de Proteção Ambiental de Cairuçu foi criada pelo Decreto nº 89.242, de 27 de dezembro de 1983. Está localizada no município de Paraty, no estado do Rio de Janeiro e abrange cerca de 33.800 ha, é constituída por uma porção continental que vai do Sul do município até a divisa com o município de Ubatuba, em São Paulo, a altitude pode variar entre as áreas costeiras do litoral, até 1.200m, com vegetação típica de ambientes insulares (ICMBIO, 2018).

Figura 12 – Delimitação das Unidades de Conservação inseridas na Serra da Bocaina, Brasil.



Legenda: Limites das unidades de conservação pertencentes a Serra da Bocaina nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo: da Área de Proteção Ambiental Cairuçu, Estação Ecológica de Tamoios e Parque Nacional da Serra da Bocaina.

Fonte: A autora, 2022.

5.2.2 Levantamento de material e expedições científicas

Para inventariar e avaliar a ocorrência das espécies de *Passiflora* na Serra da Bocaina, foram realizadas 22 expedições científicas nas três unidades de conservação citadas acima, somando 278 quilômetros percorridos, no período de janeiro de 2020 a fevereiro de 2023. Foram realizados registros e marcação dos pontos de ocorrências e as respectivas altitudes dos indivíduos encontrados, seguindo o período reprodutivo das espécies, também foi realizada coleta de espécimes para análise do material (SISBIO 57452).

Para complementar os registros de espécies foram visitados os principais herbários localizados no estado do Rio de Janeiro: Herbário do Museu Nacional (R), Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RB), Herbário da Universidade do Estado do Rio de

Janeiro (HRJ), Herbário Bradeanum (HB) e Herbário da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (RBR), acrônimos dos herbários de acordo com Thiers (2023). Os espécimes também foram analisados pelos sistemas de gerenciamento de coleções científicas nacionais como o Herbário Virtual do Jardim Botânico do Rio de Janeiro - JABOT (<http://jbrj.gov.br>), e o Centro de Referência de Informação Ambiental - *Species Link* (<http://inct.florabrasil.net/>). E foram consultadas coleções científicas internacionais, através da base de dados Tropicos (<http://www.tropicos.org/>) e do Herbário do New York Botanical Garden (<http://sweetgum.nybg.org/>). Através destes materiais, foram obtidos dados de coordenadas geográficas e localidades de ocorrência de *Passiflora* na área de estudo.

5.2.3 Análise dos padrões de distribuição geográfica

O mapeamento da distribuição geográfica de cada táxon foi elaborado com base em registros obtidos em campo, de materiais de herbários físicos (R, RB, HB e HRJ), e virtuais (*speciesLink*, Jabot, Tropicos e NYBG). Os dados de latitude, longitude e altitude foram marcados em mapas, utilizando o programa QGIS versão 3.26 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2017). Avaliamos o padrão de distribuição das espécies utilizando o mesmo *software* com quadrículas de $0.05^\circ \times 0.05^\circ$, para analisar a riqueza de *Passiflora* e o esforço de coleta na área da Serra da Bocaina.

Posteriormente, para avaliar os padrões de distribuição das espécies de acordo com as fitofisionomias da área, classificamos os ambientes de ocorrência das espécies seguindo as características locais da vegetação da Serra da Bocaina observadas em campo utilizando a nomenclatura proposta pelo Manual da Vegetação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012). Utilizamos o termo Floresta de Encosta para áreas de baixa altitude e muito próximas às regiões de praia, mas que não configuravam vegetação de restinga ICMBio (2018) e Floresta Ombrófila para regiões com maior altitude, dossel mais fechado em áreas mais distantes das partes litorâneas. Os ecótonos foram delimitados pelas zonas de transição onde a Floresta Ombrófila era modificada para afloramentos rochosos e vegetações mais arbustivas, em altitudes acima de 1.400m.

Além disso, foi realizada uma análise de regressão polinomial quadrática, através do *software* Past3 (HAMMER; HARPER, 2001), para estabelecer se a distribuição das espécies respondia à altitude. Os intervalos de elevação foram separados em cotas de 200m, em um

gradiente entre 0m e 1.799m (*i.e.* 0-199, 200-399, 400-599, 600-799, 800-999, 1.000-1.199, 1.200-1.399, 1.400-1.599, 1.600-1.799).

5.2.4 Similaridade

Para análise de similaridade foram utilizadas matrizes com dados de presença/ausência das espécies de Passifloraceae s.s. encontradas nas áreas de estudo. Foi empregada a análise de agrupamento UPGMA utilizando o índice de Jaccard. As quadrículas de ocorrência ($0.05^\circ \times 0.05^\circ$) foram comparadas utilizando o *software* Biodiverse 2.1, que permite análise de agrupamento a partir de dados biogeográficos (LAFFAN et al., 2010). Para determinar se havia semelhança entre os lados da montanha (vertentes continental e oceânica) utilizamos uma matriz de presença/ausência nas vertentes oceânica e continental da Serra da Bocaina. As relações de similaridade entre as áreas analisadas foram calculadas por meio de NMDS (*Non-metric multidimensional scaling*) com o índice de similaridade de Jaccard, utilizando o *software* Primer 6.0 (CLARKE; GORLEY, 2006). O índice de similaridade entre os eixos foi calculado seguindo Magurran (2013).

5.3 RESULTADOS

Foram registrados 522 indivíduos de *Passiflora* distribuídos ao longo da Serra da Bocaina, referentes a 23 espécies (Tabela 5). Cinco destas espécies foram encontradas apenas em herbários, a saber: *P. catharinensis* Sacco, *P. deidamioides* Harms, *P. elegans* Mast. e *P. loefgrenii* Vitta. Considerando apenas os levantamentos realizados em campo, foram encontrados 327 indivíduos e obtidos sete novos registros de espécies para a área, a saber: *P. haematostigma* Mart. ex Mast., *P. miersii* Mast., *P. misera* Kunth, *P. suberosa* subsp. *litoralis* (Kunth) Port.-Utl. ex M.A.M. Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev., *P. truncata* Regel e *P. vellozoi* Gardner, além de uma espécie que não foi identificada até o momento.

Tabela 5 – Espécies de *Passiflora* L. para a Serra da Bocaina, Brasil. (Continua)

Espécies	Registros em Campo	Registros em Herbário	Fitofisionomia	Altitude (m)
<i>Passiflora alata</i> Curtis	2	3	Floresta de encosta e floresta ombrófila	1.022 - 1.388
<i>Passiflora amethystina</i> Mikan	15	36	Floresta de Encosta, Floresta ombrófila e Zonas de Transição	7 - 1.503
<i>Passiflora campanulata</i> Mast.	-	4		-
<i>Passiflora capsularis</i> L.	17	7	Floresta de encosta e floresta ombrófila	454 - 1.253
<i>Passiflora catharinensis</i> Sacco*	-	10	-	-
<i>Passiflora deidamioides</i> Harms*	-	4	-	-
<i>Passiflora edulis</i> Sims	1	17	Restinga	2
<i>Passiflora elegans</i> Mast.	-	1	-	-
<i>Passiflora haematostigma</i> Mart. ex Mast	2	-	Floresta ombrófila	1.009
<i>Passiflora loefgrenii</i> Vitta*	-	1	-	-
<i>Passiflora mediterranea</i> Vell.*	4	14	Floresta ombrófila	1.300 – 1.400
<i>Passiflora mendoncae</i> Harms*	101	6	Floresta ombrófila	1.359 - 1.509
<i>Passiflora miersii</i> Mast.	75	-	Restinga, Floresta de encosta e floresta ombrófila	1 - 1.300

Tabela 5 – Espécies de *Passiflora* L. para a Serra da Bocaina, Brasil. (Conclusão)

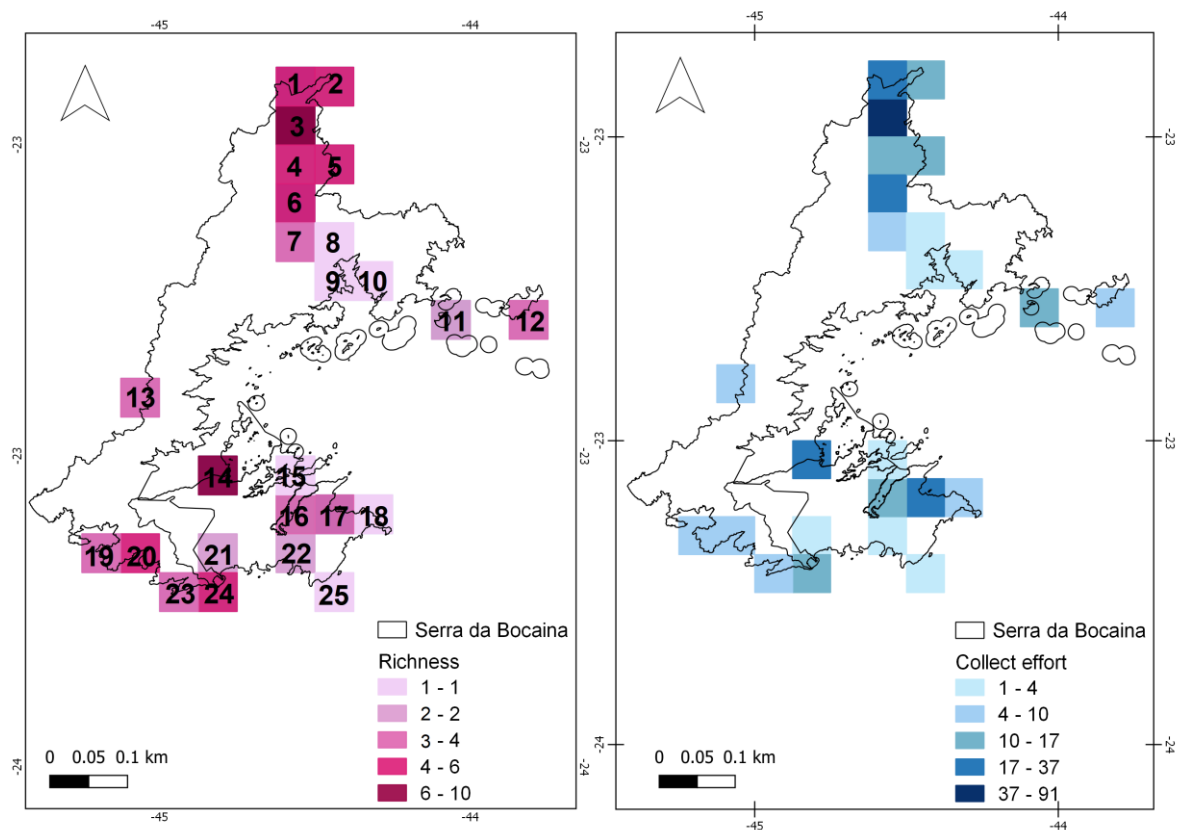
<i>Passiflora misera</i> Kunth	2	-	Floresta de encosta	15
<i>Passiflora mucronata</i> Lam.	3	49	Restinga	2 – 4
<i>Passiflora ovalis</i> Vell. ex M.Roem.*	1	15	Floresta ombrófila	69
<i>Passiflora porophylla</i> Vell.	22	17	Floresta de encosta e floresta ombrófila	20 - 1.490
<i>Passiflora setulosa</i> Killip	4	-	Zona de transição	1434 - 1.492
<i>Passiflora sidifolia</i> M.Roem*	12	6	Floresta ombrófila	637 - 1.373
<i>Passiflora</i> sp.	3	-	Floresta de encosta	out/15
<i>Passiflora suberosa</i> subsp. <i>litoralis</i> (Kunth) Port.-Utl. ex M.A.M. Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev.	2	-	Floresta de encosta	66
<i>Passiflora truncata</i> Regel*	6	-	Floresta de encosta	350 – 646
<i>Passiflora vellozoi</i> Gardner*	70	-	Floresta de encosta e floresta ombrófila	720 - 1.320

Legenda: Registros em campo = número de registros realizados em campo; Registros em Herbário = número de registros encontrados em herbário; Serra da Bocaina; Fitofisionomia = fisionomia da vegetação das espécies em expedições científicas; Altitude (m) = intervalos de altitude das espécies em expedições científicas; *Espécies endêmicas de domínio Atlântico.

Fonte: A autora, 2023.

A maior riqueza de espécies foi encontrada ao norte da Serra da Bocaina (quadrícula 3), e na região centro-sul (quadrícula 14), em contrapartida, o menor número de espécies foi encontrado na parte centro-leste da Bocaina (quadrículas 8, 9 e 10) (Figura 13a). Também encontramos maior esforço de coleta na região norte, com maior número de indivíduos na quadrícula 3, seguida das quadrículas 1, 6, 14 e 17, distribuídas em diferentes áreas dentro da Serra da Bocaina (Figura 13b).

Figura 13 – Distribuição por quadrículas ($0.05^\circ \times 0.05^\circ$) de espécies de *Passiflora* L., na Serra da Bocaina, Brasil.

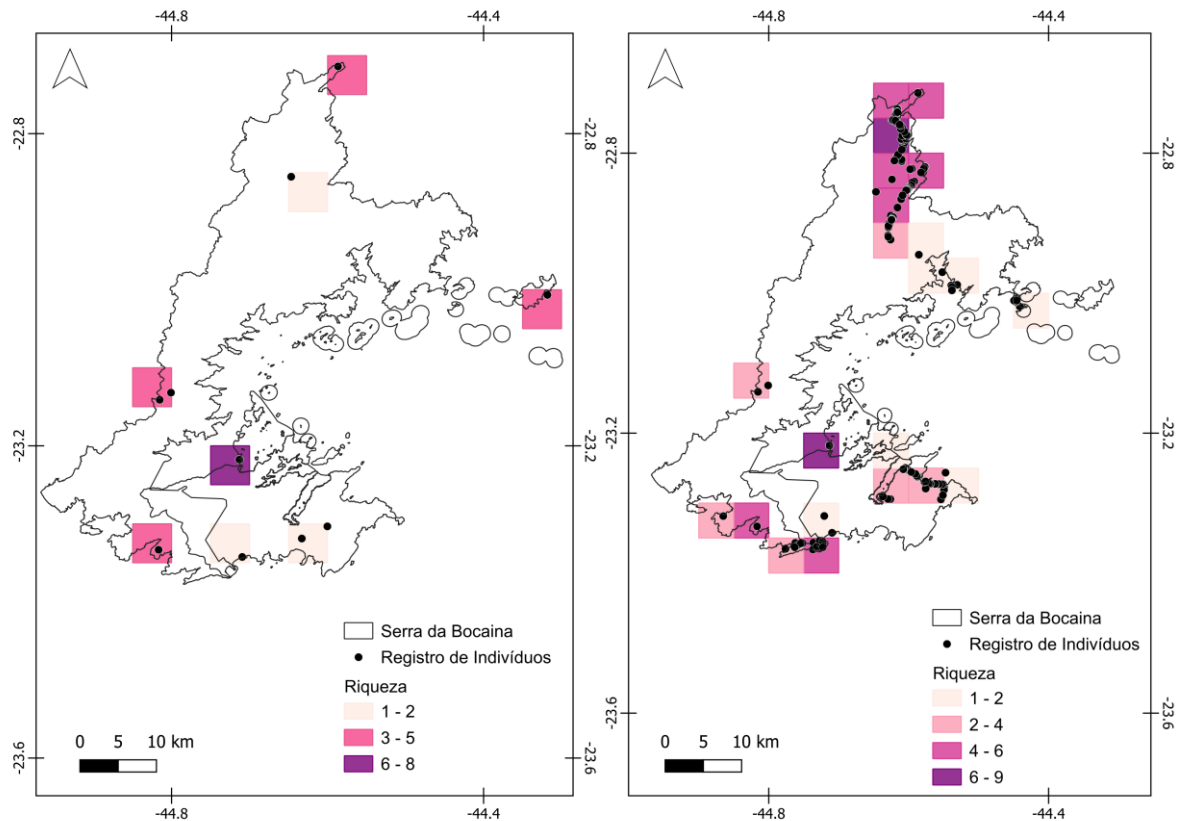


Legenda: a. Riqueza de espécies de Passifloraceae s.s., na Serra da Bocaina, Sudeste, Brasil; b. Esforço de coleta de Passifloraceae s.s., na Serra da Bocaina, Sudeste, Brasil. Os números presentes nas quadrículas são de caráter orientativo e não representam a quantidade de espécies, tampouco o número de indivíduos dentro de cada área.

Fonte: A autora, 2023

Quando comparamos os dados utilizados de campo e herbário (Figura 14), é possível visualizar áreas que ainda não haviam sido amostradas por grande parte da Serra da Bocaina. Além disso, muitas coordenadas encontradas nos espécimes analisados estavam com ponto central, o que causou sobreposição dos materiais. Em contrapartida, os indivíduos encontrados neste estudo podem ser visualizados por todo o trajeto percorrido nas expedições científicas, as quadrículas ao norte da Serra apresentaram relevante riqueza, mostrando que a região até então estava sub amostrada.

Figura 14 – Registro de espécies de *Passiflora* L. com quadrículas ($0.05^\circ \times 0.05^\circ$) de materiais de herbário e expedições científicas, na Serra da Bocaina, Brasil.

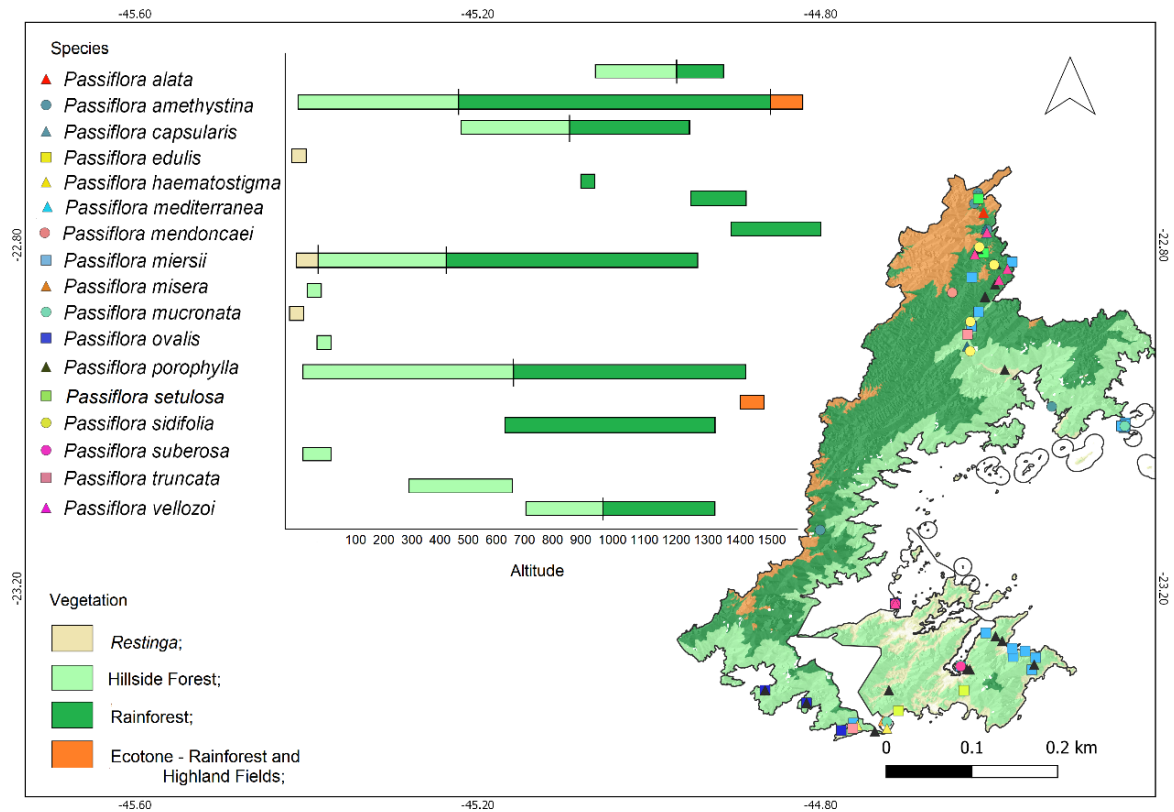


Legenda: a. Riqueza e localidade de registros de espécies de *Passiflora*, na Serra da Bocaina, em herbários físicos e virtuais; b. Riqueza e localidade dos registros de espécies de *Passiflora*, na Serra da Bocaina, nas expedições científicas realizadas neste estudo.

Fonte: A autora, 2023

Os intervalos de altitude das espécies registradas em campo, foram entre 1m e 1.500 m (Tabela 5), porém, não encontramos relação significativa entre o número de espécies e o gradiente. Em contrapartida, as espécies apresentaram preferência em relação às fitofisionomias, grande parte das espécies foram observadas em ambientes de floresta de encosta (10 spp.) e floresta ombrófila (10 spp.) (Figura 15). Apenas três espécies apareceram em vegetação de restinga sendo: *P. edulis*, *P. miersii* e *P. mucronata* Lam. Das dez espécies que apareceram em florestas de encosta, quatro delas foram exclusivas desse ambiente: *P. misera*, *P. ovalis* Vell. ex M.Roem, *P. suberosa* e *P. truncata*. E em floresta ombrófila densa, quatro foram exclusivas: *P. haematostigma*, *P. mediterranea* Vell., *P. mendoncae* Harms e *P. sidifolia* M.Roem. E foram encontradas apenas duas espécies em zonas de transição entre vegetação de floresta ombrófila alto-montana e campo de altitude sendo elas: *P. amethystina* Mikan e *P. setulosa* Killip.

Figura 15 – Espécies de *Passiflora* L. nas fitofisionomias ocorrentes na Serra da Bocaina, Brasil.

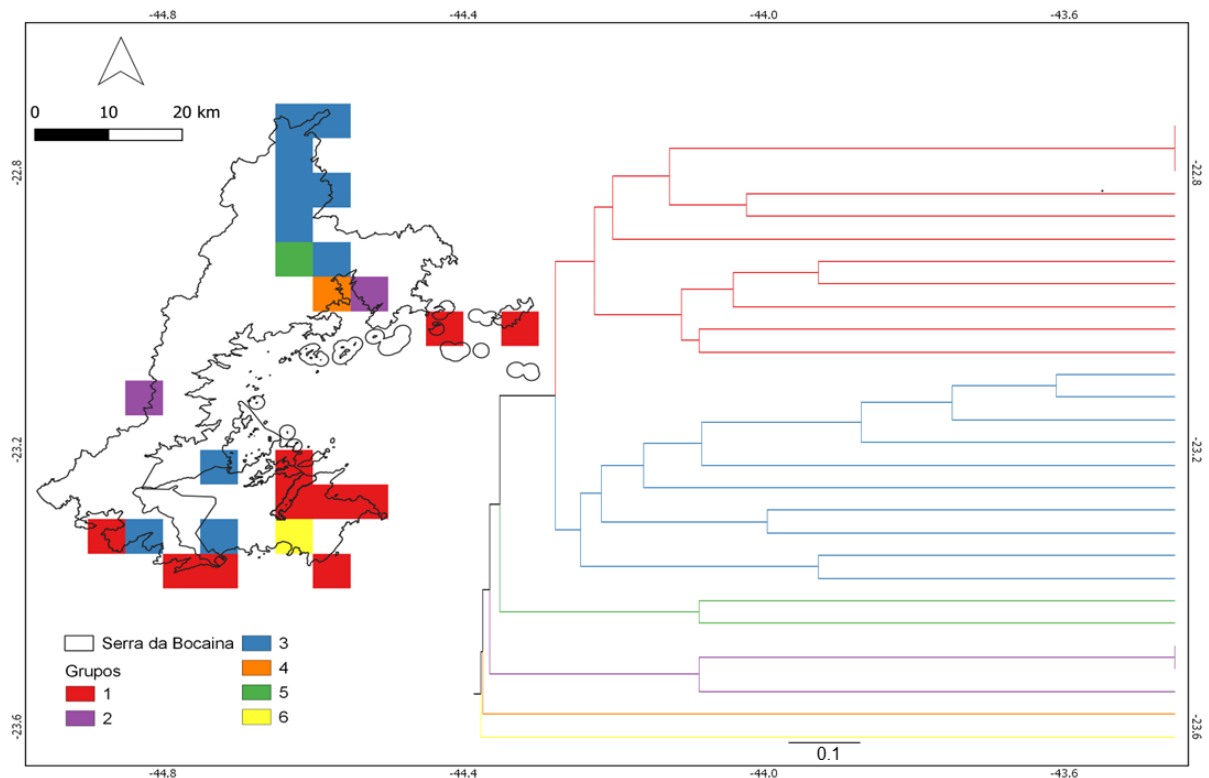


Legenda: Espécies de Passifloraceae s.s. segregadas entre as fitofisionomias e suas respectivas altitudes de ocorrência nas áreas da Serra da Bocaina, Brasil.

Fonte: A autora, 2023

A similaridade gerou dois grupos bem definidos e dois isolados, o grupo 1 (vermelho) apresentou espécies em áreas com altitudes mais baixas como *P. mucronata* (Figura 16). Enquanto isso, o grupo 3 agrupou as espécies que ocorrem de forma mais ampla ao longo do gradiente e que chegam a altitudes maiores (7m - 1.503m), como *P. alata*, *P. amethystina* e *P. porophylla* Vell. Os grupos menores agruparam espécies com ocorrências mais restritas, o grupo 2 (roxo), com *P. catharinensis* e *P. elegans*, e o grupo 5 (verde), com *P. sidifolia* e *P. truncata*. As quadrículas referentes aos grupos 4 e 6 apresentaram apenas uma espécie cada, sendo a quadrícula em laranja circundando a área de ocorrência de *P. vellozoi*, e a quadrícula amarela com *P. deidamioides*.

Figura 16 – Similaridade da composição florística de *Passiflora* L. na Serra da Bocaina, Brasil.

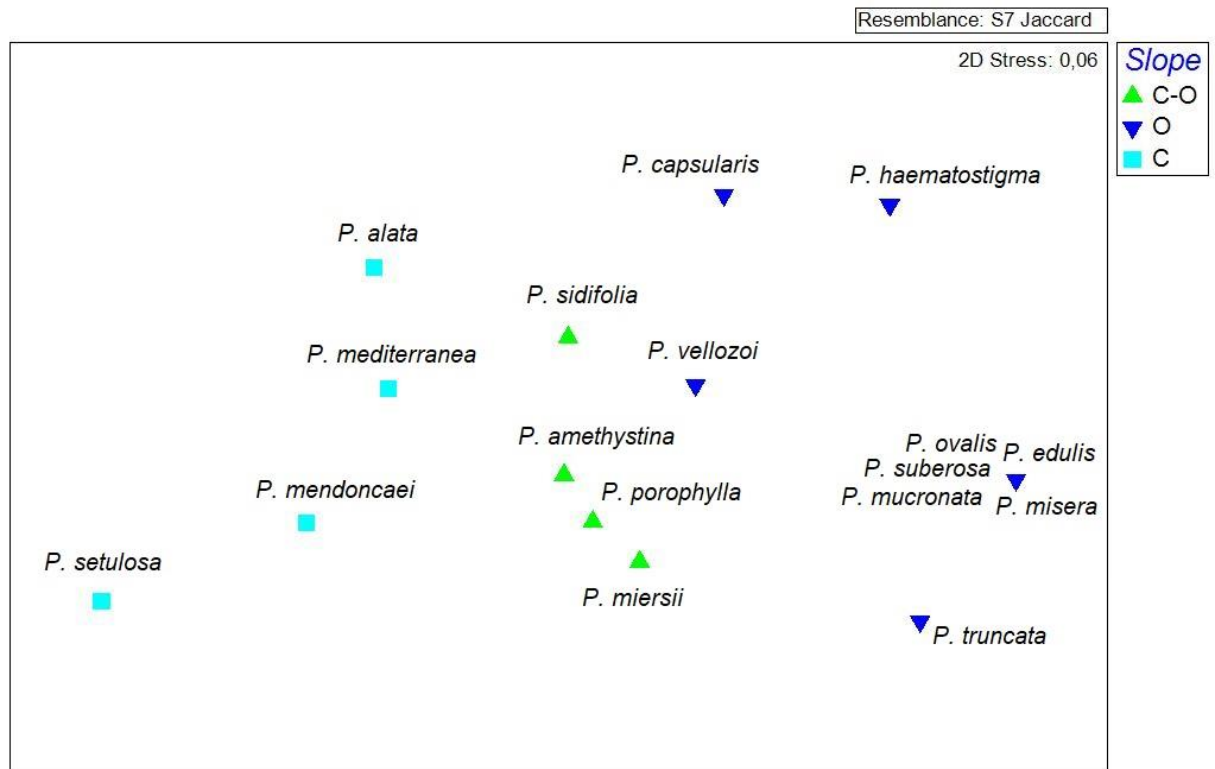


Legenda: a. Composição da vegetação de *Passiflora* na Serra da Bocaina, realizada através do método UPGMA com quadrículas (0.05° x 0.05°) de ocorrência; b. Cluster de agrupamento realizado pelo índice de Jaccard.

Fonte: A autora, 2023.

Em relação às encostas da montanha, nove espécies foram encontradas apenas na vertente oceânica *P. capsularis*, *P. edulis*, *P. haematostigma*, *P. misera*, *P. mucronata*, *P. ovalis*, *P. suberosa*, *P. truncata* e *P. vellozoi*. Apenas quatro espécies foram exclusivas da vertente continental *P. alata*, *P. mediterranea*, *P. mendoncae* e *P. setulosa*. Comum às duas vertentes foram encontradas quatro espécies: *P. amethystina*, *P. miersii*, *P. porophylla* e *P. sidifolia*. O índice de similaridade de Jaccard foi de 23%, apontando pouca semelhança entre as vertentes. Os grupos formados pelo NMDS (Figura 17) associaram as espécies de acordo com a fitofisionomia da área e o gradiente de elevação, o que corresponde aos resultados encontrados na análise de agrupamento (Figura 16).

Figura 17 – Análise multidimensional não-métrica de espécies de *Passiflora* L. nas encostas de montanha da Serra da Bocaina, Brasil.



Legenda: Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) utilizando o índice de similaridade de Jaccard nas vertentes continental e oceânica da Serra da Bocaina; C = Continental; O = Oceânica; C-O = Continental e Oceânica.

Fonte: A autora, 2023.

5.4 Discussão

Foram inventariadas 23 espécies de *Passiflora* para a área da Serra da Bocaina, um número muito representativo se compararmos a estudos de *Passiflora* em outras regiões do Sudeste brasileiro (Material Suplementar). Os espécimes encontrados em herbário, demonstraram uma lacuna de coleta, principalmente, na porção norte da Serra, posterior as expedições científicas, essa mesma área apresentou quadrículas adjacentes com um número relevante de espécies e uma das maiores riquezas registradas para o local. Na parte sul, onde está localizada a APA Cairuçu, tanto em materiais de herbário, quanto nas expedições científicas, foram encontrados um número de espécies considerável, a área já apresentava estudos anteriores sobre o levantamento de *Passiflora* (PESSOA, 1997).

Entre as espécies registradas, 16 são endêmicas do Brasil e nove são endêmicas de Domínio Atlântico (BERNACCI et al., 2020). Em estudos e listas de espécies ameaçadas de extinção, tanto a nível regional, nos estados de São Paulo (BERNACCI, 2015; SMA-SP, 2016) e Rio de Janeiro (MARTINELLI et al., 2018; MILWARD-DE-AZEVEDO; FERNANDES, 2021), quanto nacional (CNCFLORA, 2012; MARTINELLI; MORAIS, 2013; MMA, 2022), três espécies encontradas neste estudo foram citadas como ‘Em Perigo’, *P. setulosa* (MARTINELLI; MORAES, 2013) citada nacionalmente e para o estado do Rio de Janeiro, *P. deidamioides* e *P. truncata* (MILWARD-DE-AZEVEDO; FERNANDES, 2021). *Passiflora deidamioides* ainda foi citada como vulnerável por Bernacci (2003), juntamente com *P. mendoncae* e *P. ovalis* para o estado de São Paulo.

Observamos também que espécies como *P. loefgrenii* Vitta, encontrada apenas em herbários neste trabalho e com poucos registros na Serra da Bocaina, não está classificada em listas de espécies ameaçadas e sua distribuição é restrita ao Sul e Sudeste do Brasil (BFG, 2015). A espécie é muito semelhante a *P. amethystina*, o que reitera a necessidade de compreender sua distribuição e realizar uma revisão taxonômica. De modo similar, *P. catharinensis* Sacco também com poucos registros, tem sua distribuição restrita a três estados (São Paulo, Paraná e Santa Catarina) e preferência por altitudes mais elevadas (BERNACCI et al., 2020), é citada como Vulnerável, na Lista oficial de espécies da Flora Ameaçada de Extinção do Estado de Santa Catarina (2014) e muito semelhante a *P. imbeana*, espécie endêmica do estado do Rio de Janeiro.

Neste estudo, não encontramos relação significativa entre a riqueza de *Passiflora* e o gradiente de altitude. Ao contrário dos estudos realizados por Fernandes, Moraes e Milward-de-Azevedo (2023) para toda a Serra do Mar, Fernandes, Yazbeck e Milward-de-Azevedo (2022) na Serra dos Órgãos e Moraes et al. (2020) na Serra da Mantiqueira, que também avaliaram a distribuição de *Passiflora* em função do gradiente altitudinal e encontraram uma relação significativa, com o aumento do número de espécies até determinada altitude e decréscimo após 1.500m. As características de vegetação encontradas na Serra da Bocaina, podem colaborar para que as espécies se distribuam de forma distinta em relação ao gradiente. Em áreas com altitude de 1.400m, já é possível observar ecótonos entre floresta ombrófila alto-montana e campos de altitude, embora seja indicado por IBGE (2012) que essas zonas de transição ocorrem acima de 1.900m (IBGE, 2012). Em elevações mais baixas, por exemplo, é possível observar Florestas de Encosta, onde *P. misera* foi encontrada em uma altitude de 15m, essas florestas possuem grande similaridade com Floresta Ombrófila Densa Montana

(ICMBIO, 2018), o que explica a ocorrência de várias das espécies encontradas neste ambiente.

Apresentamos algumas espécies com preferências mais específicas de *habitat*. *Passiflora mendoncae*, é típica de floresta ombrófila densa, em altitudes mais elevadas (BERNACCI et al., 2020; SCHEER; MOCOCHINSKI, 2009), assim como *P. haematostigma* (MEZZONATO-PIRES et al., 2020) e *P. sidifolia* (MEZZONATO-PIRES et al., 2013) registradas em ambientes semelhantes aos encontrados neste estudo. *Passiflora misera* e *P. suberosa* subsp. *litoralis*, que neste estudo encontramos apenas em floresta de encosta, tem ampla distribuição em outras fitofisionomias como restingas, florestas ombrófilas e florestas estacionais (BERNACCI et al., 2020; MILWARD-DE-AZEVEDO; BAUMGRATZ; GONÇALVES-ESTEVEES, 2012). *Passiflora ovalis* e *P. truncata* também foram registradas exclusivamente em florestas de encosta, ambas comumente encontrada nesses ambientes (BERNACCI et al., 2020; MILWARD-DE-AZEVEDO; BAUMGRATZ; GONÇALVES-ESTEVEES, 2012), porém, *P. truncata* foi registrada por Fernandes et al. (2022) em outra área da ecorregião da Serra do Mar, apenas em floresta ombrófila altomontana.

Outros estudos como o de Mondin et al. (2011), realizados no Sul do país, relacionando a ocorrência de espécies de *Passiflora* às fitofisionomias onde estavam inseridas, apontaram a ocorrência de sete espécies semelhantes às encontradas neste estudo, cinco delas em fitofisionomias de floresta ombrófila densa e com ampla distribuição: *P. amethystina*, *P. capsularis*, *P. edulis*, *P. misera*, *P. porophylla* e *P. suberosa*. Outra espécie em comum com Mondin (2011) foi *P. alata*, mas não foi registrado a fitofisionomia em que estava inserida. Em um estudo na Serra dos Órgãos, também na ecorregião da Serra do Mar, *P. miersii* foi encontrada apenas em vegetação de floresta ombrófila densa montana em altitudes acima de 1.000m (FERNANDES; YAZBECK; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2022), neste estudo, encontramos a espécie em áreas de restinga, florestas de encosta e floresta ombrófila densa, com uma das maiores amplitudes de ocorrência (1m - 1.300m). *Passiflora setulosa* foi encontrada restrita a ecótonos entre floresta ombrófila e campo de altitude, na descrição de Cervi e Bida (1983), a espécie aparece em áreas de mata ciliar numa altitude máxima de 1.100m, encontramos a espécie acima de 1.400m, segundo Bernacci et al. (2020) a espécie é típica de florestas estacionais em domínio Atlântico.

O estudo de similaridade florística de *Passiflora* da área apresentou dois grupos principais, o grupo 1 reuniu as espécies típicas de ocorrência em restinga como *P. mucronata* (BERNACCI et al., 2020), com distribuição na parte leste da Serra da Bocaina. E o grupo 3

com espécies com distribuição de maior amplitude que ocorreram ao longo das regiões norte e sul, tais como, *P. amethystina* e *P. porophylla*. Os grupos isolados são compostos por espécies raras, nas regiões centro-oeste, nordeste e sudeste da Serra. O grupo 2 com a presença de *P. elegans* e *P. catharinensis*, ambas características de áreas mais secas (BERNACCI et al., 2020) e restritas ao Sul e Sudeste do Brasil. E o grupo 5 com as espécies *P. truncata* e *P. sidifolia* que pertencem a locais mais úmidos (BERNACCI et al., 2020), neste estudo, encontramos essas espécies em áreas de floresta fechada, próximas a cursos d'água.

Ao contrário dos resultados encontrados neste estudo, Fernandes et al. (2022) observaram uma heterogeneidade na composição de *Passiflora* no Parque Nacional da Serra Órgãos, relacionada diretamente à posição da montanha onde as espécies estavam inseridas, demonstrando uma diferença na distribuição de acordo com as vertentes continental e oceânica. Na Serra da Bocaina, esse resultado não se repete, apesar da diferença de espécies em ambos os lados da montanha, os grupos acompanharam os atributos fitofisionômicos da área.

Apontamos uma baixa similaridade em relação às vertentes do maciço da Serra da Bocaina, a vertente oceânica apresentou mais que o dobro de espécies exclusivas quando comparamos com a vertente continental. No estudo de Fernandes, Yazbeck e Milward-de-Azevedo (2022), na Serra dos Órgãos, foi observado o contrário, a vertente continental teve maior riqueza e espécies como *P. vellozoi*, que neste estudo encontramos apenas nas encostas direcionadas ao oceano, a espécie foi encontrada exclusivamente nas encostas voltadas para o vale do Paraíba. Fatores como a altitude, solo, incidência de luz, temperatura, umidade e estrutura do dossel aliados à exposição da vertente, podem influenciar a distribuição dos organismos e explicar as diferenciações entre as áreas como afirmado por Bockheim et al. (2005), Dewalt et al. (2015), Martins et al. (2007) e Schnitzer (2005).

Visto isso, é necessário levar em consideração um conjunto de fatores que podem colaborar com a estrutura das fitofisionomias para compreender a distribuição de lianas e que podem ter sobressaído às características de relevo (BERTANI et al., 2001; VOLPATO, 1994). Importante salientar que lianas são plantas heliófilas, ou seja, a dinâmica de distribuição possui íntima relação com a luminosidade (MADEIRA et al., 2009). Encontramos muitas áreas com poucas aberturas de dossel na Serra da Bocaina, sendo assim, as características que moldam a vegetação e o micro-habitat requerido pelas espécies, precisam ser considerados, para determinar sua distribuição.

6. DISCUSSÃO GERAL

Estudos sobre os fatores que influenciam a distribuição das espécies de *Passiflora* têm sido abordado nos últimos anos (FERNANDES; YAZBECK; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2022; MORAES et al., 2018, 2020; OCAMPO-PÉREZ; D'EECKENBRUGGE; ANDY, 2010) para compreender melhor o porquê da distribuição desses táxons. Neste estudo, levantamos todas as espécies do gênero registradas para a área da Serra do Mar e apontamos alguns filtros que possuem relação direta com a distribuição dessas espécies como altitude, temperatura, fitofisionomia e os lados da montanha onde estão alocadas.

Em uma análise geral da ecorregião da Serra do Mar, as espécies de *Passiflora* responderam ao gradiente de altitude e isso pode estar intimamente ligado a variação de temperatura, pois encontramos a maior riqueza de espécies na parte norte da Serra, em altitudes que variaram entre 0 e 500 m. A preferência média de temperatura das espécies variou entre 19°C e 23°C, e segundo Barry (1992), a cada um quilômetro percorrido em um gradiente de altitude, existe uma queda de 5,5°C na temperatura. Cadeias montanhosas elevadas como a Serra do Mar, tendem a perdas bruscas de temperatura acima de 2.000m de elevação, dessa forma, a umidade do ar não é a mesma que em altitudes mais baixas e pode limitar a ocorrência de espécies de lianas, o que explica o declínio da riqueza ao longo do gradiente (MEEUSEN, 2017; PARTHASARATHY et al., 2004; STEPHENSON, 1990). Mesmo com o sistema vascular capacitado das lianas, temperaturas muito baixas podem afetar e impedir a sua condutância de água (EWERS, 1985), estes aspectos colaboram para que as espécies estejam propensas a locais com altitudes mais baixas e temperaturas mais quentes (HU; RIVEROS-IREGUI, 2016).

A temperatura está ainda sob influência da latitude, onde é possível observar maiores temperaturas médias em latitudes menores (MARTINS; SANO, 2009), o que corrobora para a maior riqueza na porção norte da Serra do Mar. Estudos como o de Gentry (1991) e Schnitzer (2005), apontam uma diminuição na diversidade de trepadeiras conforme as florestas tropicais se distanciam dos trópicos. Além da temperatura, existe uma íntima ligação entre altitude, latitude e pluviosidade principalmente nas regiões escarpadas ao norte da Serra do Mar, o que ocasiona uma complexa variação na característica da vegetação da área (WWF, 2011). Segundo o mapeamento do Atlas Pluviométrico do Brasil (SILVA et al., 2011), a região da Serra do Mar acumula uma das maiores taxas de precipitação do país. Os terrenos escarpados da Serra provocam chuvas orográficas, de modo que as áreas mais ao norte apresentem um

índice pluviométrico bem mais elevado (DAVIS; NAGHETTINI, 2000). Apesar da pluviosidade média anual não apresentar a maior correlação neste estudo, ela exerce uma influência no balanceamento hídrico da área durante todo o ano, inclusive nos períodos de seca.

As menores taxas de precipitação média no período mais seco do ano apresentaram respostas significativas das espécies de *Passiflora*, exatamente nos locais com maior riqueza. Autores como Medina-Vega et al. (2021) e Schnitzer e Bongers (2002), apontaram como a precipitação e sua sazonalidade podem afetar diretamente a distribuição de espécies de planta, principalmente, lianas. Pereira et al. (2016), em um estudo pontual na Serra do Mar, apontaram a ocorrência de chuva oculta como contribuição para o balanceamento hídrico em áreas de floresta ombrófila, o que colabora para a manutenção da umidade da área durante todos os meses do ano (ARCOVA et al., 2021; CORTINES et al., 2011). Além disso, em estudos realizados no Parque Estadual da Serra do Mar, Arcova et al. (2003) e Groppo et al. (2019) apresentaram alta interceptação hídrica ocasionada pelo dossel.

Em contrapartida, a porção ao Sul da Serra, apresentou as maiores taxas de precipitação média no período mais seco do ano. Em um estudo de distribuição de espécies de *Passiflora* em florestas tropicais na Colômbia, Ocampo-Pérez, D'Eeckenbrugge e Andy (2010) também encontraram correlação negativa entre a riqueza e esta variável bioclimática, e separou as espécies de *Passiflora* por grupos, apontando o subgênero *Decaloba* com ampla faixa de distribuição, revelando espécies mais adaptáveis, enquanto o subgênero *Astropheia* apresentou espécies em áreas mais secas, com distribuições mais restritas. De acordo com Donoghue (2008), a resposta de espécies à sazonalidade é limitada, dificultando que espécies com distribuição restrita, por exemplo, ampliem sua área. Na Serra do Mar encontramos espécies com ampla distribuição, porém, na porção Norte é possível observar maior número de táxons endêmicos e com distribuição restrita, que pode ser explicado pela sazonalidade da precipitação.

Intrínseco a esses fatores, temos uma diferenciação na composição da vegetação ao longo da Serra do Mar. À medida que nos direcionamos para a região Sul, as fitofisionomias de floresta ombrófila densa, tanto montana, quanto altomontana, ocorrem em áreas com altitudes cada vez menores, o que acarreta uma pluralidade de fitofisionomias ao longo da cadeia de montanha (GRAEFF, 2015; VELOSO et al., 1991).

As múltiplas fitofisionomias encontradas na região Sudeste e no Domínio Atlântico são moldadas pela junção de características da vegetação com as modificações do relevo

(VELOSO; GOES-FILHO, 1982). A heterogeneidade de *habitats* deste Domínio e do Sudeste brasileiro, fomenta a riqueza de espécies na região, inclusive endêmicas (COELHO et al., 2017; COSTA et al., 2009), neste estudo, a maior parte das espécies endêmicas foram encontradas na região norte da Serra. As composições heterogêneas da vegetação na ecorregião da Serra do Mar contribuem para adaptação e *habitat* de diversos táxons endêmicos (GARCIA; PIRANI 2005; WERNECK et al., 2011), inclusive de *Passiflora*.

A distribuição de espécies em um gradiente de altitude concomitante às características do relevo, podem retratar distinções evidentes na diversidade ao longo de uma montanha (GRYTNES, 2003). As feições do relevo são definidas por encostas inclinadas em direção ao fundo dos vales da Serra e determinadas pela umidade regular da área (GRAEFF, 2015; RIZZINI, 1977). Desta forma, a estrutura do relevo na Serra do Mar, torna-se um fator relevante na distribuição das trepadeiras, visto as respostas significativas ao gradiente de altitude e os fatores intrínsecos a ele, outros estudos também apresentaram respostas significativas, a saber: Ocampo-Pérez, D'Eeckenbrugge e Andy, 2010; Moraes et al., 2018, 2020; Fernandes, Yazbeck e Milward-de-Azevedo, 2022.

Quando estabelecemos padrões futuros para compreender melhor a ocorrência de espécies de *Passiflora* ao longo dos anos, encontramos redução na adequação das condições ambientais que essas espécies suportam. Em um estudo relacionando fauna e flora com variáveis climáticas, Román-Palacios e Wiens (2020) encontraram alta correlação da temperatura máxima anual (BIO5) com a extinção local de espécies. Com espécies de *Passiflora*, mostramos outras variáveis associadas a temperatura, que responderam à adequação ambiental, como a isothermalidade (BIO3) e além disso apontamos importantes fatores ligados à precipitação (BIO14 e BIO18).

Fatores inerentes às mudanças climáticas futuras em maciços de montanha podem influenciar na variação da temperatura, no regime de chuvas e consequentemente na distribuição de espécies de flora (GENTRY, 1986; OCAMPO-PÉREZ; D'EECKENBRUGGE; ANDY, 2010). Existe um direcionamento dos organismos para locais mais apropriados à sobrevivência: em estudos realizados com modelagem para o passado (THOMPSON; MEAD, 1982; WELLS, 1983), é possível observar o deslocamento das espécies em resposta às variações do clima. Mesmo assim, algumas espécies de *Passiflora* com maior restrição de *habitat*, por exemplo, as de restinga ou campo de altitude, podem não conseguir tempo hábil para se adaptar a esse deslocamento.

Variáveis ligadas a temperatura desempenham um papel fundamental na determinação da distribuição dos *habitats* potenciais para espécies de *Passiflora*, que, segundo Fernandes,

Moraes e Milward-de-Azevedo (2023) preferem temperaturas médias entre 19-23°C. Quando consideramos os cenários propostos pelo IPCC (2022), temos uma previsão no aumento da temperatura média que varia entre 0,3°C em um cenário otimista e 4°C em um cenário mais pessimista, até o ano de 2100, demonstrando a forma acelerada com que essas mudanças climáticas vêm acontecendo (DIFFENBAUGH; FIELD, 2013; HANNAH et al. 2002).

O impacto dessas alterações abruptas em cadeias montanhosas, que funcionam como pontes ou barreiras biogeográficas (PERRIGO; HOORN; ANTONELLI, 2020) podem afetar diretamente sua diversidade. A elevada riqueza e endemismo da Serra do Mar, registrada por Werneck et al. (2011), está relacionada às especificidades de relevo e as variações marcantes das fitofisionomias da ecorregião, mudanças na dinâmica climática da área impactam não só na adequabilidade ambiental de espécies de *Passiflora*, como registramos neste estudo, mas também na de outros organismos.

Investigamos ainda, isoladamente, a Serra da Bocaina, um dos maciços presentes na ecorregião da Serra do Mar, para uma análise minuciosa, a fim de compreender se as espécies encontradas se comportavam da mesma forma que em uma análise geral. Quando investigamos pontualmente observamos respostas diferentes das encontradas para toda a ecorregião. Ao contrário de outros estudos em fitofisionomias de Domínio Atlântico como o de Fernandes et al. (2022, 2023) e Moraes et al. (2018, 2020) as espécies de *Passiflora* não responderem significativamente a altitude na Serra da Bocaina.

Em contrapartida, encontramos outros fatores que agruparam a ocorrência dessas espécies como as fitofisionomias. A complexidade das características da vegetação, juntamente com processos ecológicos, apresentou fitofisionomias singulares ao longo do gradiente estudado na Serra da Bocaina, incluindo elevações abruptas e florestas mais fechadas. Como consequência dessas características, temos diminuição da temperatura à medida que se eleva o gradiente e, portanto, uma menor taxa de decomposição de matéria orgânica, o que em florestas ombrófilas montanas pode causar diminuição no número de espécies e redução no tamanho do indivíduo (GENTRY, 1988; SANCHEZ, 2001; SILVA, 2007; WANG et al., 2003). Além disso, espécies de lianas têm preferência por ambientes mais abertos e seu hábito pode ser frequentemente relacionado às bordas de mata ou clareiras (ENGEL et al., 1998; PUTZ, 1987).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos a análise de todas as espécies de *Passiflora* registradas até o momento em bancos de dados para a Serra do Mar. Os níveis pluviométricos e as condições do terreno são fatores que influenciam a distribuição dessas espécies. Neste estudo, destacamos o fato de que a Região Sudeste apresentou a maior riqueza e esforço de coleta na área, justamente nas regiões onde há maior pluviosidade e variação de altitude. O estado do Rio de Janeiro registrou o maior número de espécies endêmicas da Serra do Mar.

Uma parcela considerável das espécies encontradas neste estudo foi apresentada em listas que indicam táxons da flora ameaçados de extinção. Sugerimos também a inclusão de *P. elliptica* e *P. reitzii*, que são encontradas apenas no Rio de Janeiro e em Santa Catarina, respectivamente, nas listas de espécies ameaçadas. É importante também considerar as espécies com dados insuficientes para os cálculos de AOO e EOO e revisá-las quanto ao seu grau de ameaça.

A riqueza de espécies de *Passiflora*, incluindo as endêmicas do Domínio Atlântico, revela a importância da ecorregião da Serra do Mar para a conservação. O preenchimento das lacunas de coleta na região Sul também é necessário para expressar e compreender a diversidade dessas espécies nas áreas de abrangência e em Serras adjacentes.

As previsões relacionadas às variáveis climáticas, sugeriram perda da adequabilidade ambiental nos cenários otimistas e pessimistas, demonstrando que espécies de *Passiflora*, podem perder sua área de distribuição em um futuro próximo. As porções centro-leste e Sul da Serra, principalmente, nas áreas mais litorâneas vão reduzir veementemente o potencial adequado de área para ocorrência do gênero. Os modelos demonstraram que mesmo as áreas de alta adequabilidade ambiental no norte da Serra, vão sofrer os impactos causados pelas variações futuras do clima.

Em relação a Serra da Bocaina, demonstramos um padrão diferente das respostas de lianas ao gradiente de altitude e apresentamos a importância de considerar outros fatores que delimitam a distribuição dessas espécies. Os dados de similaridade encontrados ilustram a íntima relação das espécies com as fitofisionomias das áreas onde estão inseridas. Estes fatores reiteram a importância de compreender a ocorrência e distribuição dessas espécies, a fim de colaborar ações de conservação e manejo devido à grande importância desses organismos no ecossistema.

PERSPECTIVAS

- Avaliar o *status* de conservação das espécies de *Passiflora* que possuem distribuição restrita e ainda não foram analisadas nacionalmente.
- Analisar outros fatores que podem colaborar para um padrão de distribuição de *Passiflora*, por exemplo, o microclima e o micro-habitat da área de ocorrência.
- Analisar maciços isolados dentro da Serra do Mar para alinhar e agregar os fatores que limitam a distribuição dessas espécies, visto que as cadeias de montanha respondem de formas distintas.
- Relacionar as fitofisionomias junto à distribuição de *Passiflora*, uma vez que a ocorrência dessas espécies pode responder às características da vegetação.
- Elaborar material didático para identificação e conservação dessas espécies conforme as suas áreas de ocorrência nas Unidades de Conservação da Serra do Mar.

REFERÊNCIAS

- ALLOUCHE, O.; TSOAR, A.; KADMON, R. *Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS)*. Journal of Applied Ecology, 43(6), 1223-1232, 2006. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x>
- AGUIAR, S.; SANTOS, I.S.; ARÊDES, N.; SILVA, S. *Redes-bioma: informação e comunicação para ação sociopolítica em ecorregiões*. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 19, n. 3, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n3/pt_1809-4422-asoc-19-03-00231.pdf.
- ALMEIDA, D.S. *Recuperação ambiental da Mata Atlântica* [online]. 3rd ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, 200 p., 2016.
- ALMEIDA-NETO, M.; MACHADO, G.; PINTO-DA-ROCHA, R.; GIARETTA, A.A. *Harvestman (Arachnida: Opiliones) species distribution along three Neotropical elevational gradients: an alternative rescue effect to explain Rapoport's rule*. Journal of Biogeography (Print), Inglaterra, v. 33, n.2, p. 361-375, 2006.
- AMARAL, L. A.; FERREIRA, R. A.; MANN, R. S. *The use of species distribution modeling for forest restoration: A systematic review*. Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 8, p. e46610817158, 2021. DOI 10.33448/rsd-v10i8.17158. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17158>.
- ANDERSON, R. P.; LEW, D.; PETERSON, A. T. *Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models*. Ecological Modelling, v. 162, n. 3, p. 211-232, 2003.
- ANGIOSPERM PHILOGENY GROUP. *APG III*. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical Journal of the Linnean Society. 161:105-121, 2009.
- _____. *APG IV*. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society. 181:1-20, 2016.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. *Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha - São Paulo*. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 27, p. 257-262, 2003.
- ARCOVA, F.C.S; GALVANI, E.; RANZINI, M.; DE CICCIO, V. *Avaliação da precipitação oculta na Serra do Mar com coletores passivos de nevoeiro*. Revista Brasileira De Climatologia, 25, 2021. DOI 10.5380/abclima.v25i0.64388 [»](https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.64388)
- BAKKENES, M.; ALKEMADE, J.R.M.; IHLE, F.; LEEMANS, R.; LATOUR, J.B. *Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of european higher plants for 2050*. Global Change Biol. 8, 390-407, 2002. DOI 10.1046/j.1354-1013.2001.00

BARROS, A.A.M.; RIBAS, L.A.; ARAUJO, D.S.D. *Trepadeiras do Parque Estadual da Serra da Tiririca, Rio de Janeiro, Brasil*. Rodriguésia 60: 681-694, 2009.

BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. *Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas*. Viçosa: Editora UFV, 1999.

BARRY, R.G. *Mountain weather and climate*. 2nd Ed. Routledge, London, 402 pp, 1992.

BELLARD, C.; LECLERC, C.; LEROY, B.; BAKKENES, M. Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Global Ecology and Biogeography*, Oxford, v. 23, n. 12, p. 1376-1386, 2014

BENSON, W. W.; BROWN, K. S.; GILBERT, L. E. *Coevolution of plants and herbivores: Passion flower butterflies*. *Evolution* 29: 659-680, 1975.

BERGAMIN, R. S.; DEBASTIANI, V.; JONER, D. C.; LEMES, P.; GUIMARÃES, T.; LOYOLA, R.D. *Loss of suitable climatic areas for Araucaria forests over time*. *Plant Ecology & Diversity* 12(2):115-26, 2019. DOI 10.1080/17550874.2019.1618408

BERNACCI, L.; VITTA, F. A. Família Passifloraceae. *Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Ipiranga Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)*, 1999.

BERNACCI, L.C. Passifloraceae. In: Wanderley, M. G. L.; Shepherd G. J.; Giulietti, A.M. & Melhem, T. S. (coords.). *Flora Fanerogâmica do estado de São Paulo*. Vol. 3. FAPESP/RIMA, São Paulo, 247-274p., 2003.

BERNACCI, L.C.; MELLETI, L.M.M., SOARES-SCOTT, M.D.; PASSOS, I.R.S.; JUNQUEIRA, N.T.V. *Espécies de maracujá: Caracterização e Conservação da biodiversidade*. In: Faleiro FG, Junqueira NTV, Braga MF (eds) *Maracujá: germoplasma e Melhoramento genético*. Planaltina, EMBRAPA. p. 559–586, 2005.

BERNACCI, L.C.; NUNES, T.S.; MEZZONATO, A.C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; D.C. IMIG; CERVI, A.C. (in memoriam). *Passifloraceae in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB182>>.

BERTANI, D.F., RODRIGUES, RR., BATISTA, JLF. and SHEPHERD, GJ. *Análise temporal da heterogeneidade florística e estrutural em uma floresta ribeirinha*. *Rev. Brasil. Bot.*, vol. 24, no. 1, p. 11-23, 2001.

BOCKHEIM, J. G.; GENNADIYEV, A. N.; HAMMER, R. D.; TANDARICH, J. P. *Historical development of key concepts in pedology*. *Geoderma*, v.124, p.23–36, 2005.

BORGES, K. F.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A. *Passifloraceae sensu stricto from Parque Estadual Cachoeira da Fumaça, Espírito Santo, Brasil*. *Rodriguésia*, 68, 1939-1949, 2017. DOI <https://doi.org/10.1590/2175-7860201768525>

BORGES, K. F.; LORENZONI, R. M.; FONTS, M. M. P.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A. *Passifloraceae sensu stricto do Espírito Santo, Brasil*. *Rodriguésia* 71, 2020. DOI <https://doi.org/10.1590/2175-7860202071084>

BRAAK, C.J. *The Analysis of Vegetation-Environment Relationship by Canonical Correspondence Analysis*. Vegetatio, 69, 69-77, 1987. DOI <http://dx.doi.org/10.1007/BF00038688>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Portaria nº 349*, de 11 de dezembro de 2006. Regulamenta o mosaico de unidades de conservação da região da Serra da Bocaina. Diário Oficial União. 12 dez 2006.

BRITO, J. C.; ACOSTA, A. L.; ÁLVARES, F.; CUZIN, F. *Biogeography and conservation of taxa from remote regions: An application of ecological-niche based models and GIS to North-African canids*. Biological Conservation, v. 142, n. 12, p. 3020-3029, 2009.

BROWN, J.H., LOMOLINO, M.V. *Biogeografia*. 2nd ed. Ribeirão Preto. FUNPEC, 2006.

CARVALHO, M.C.; GOMIDE, L.R.; SANTOS, R.M.; SCOLFORO, J.R.S.; CARVALHO, L.M.T.; MELLO, J.M. *Modelling ecological niche of tree species in brasilian tropical area*. Articles • CERNE 23 (2), 2017. DOI <https://doi.org/10.1590/01047760201723022308>

CARVALHO, P.G.; MELIS, J. *Crítérios para amostragem de lianas: comparação e estimativa de abundância e biomassa de lianas no Cerrado*. Rev. Árvore 37 (6), 2013. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000600005>

CERVI, A.C. *Revision del genero Passiflora L. (Passifloraceae) del Estado de Parana - Brasil*. Tese de Doutorado, Universitat de Barcelona, 241p, 1981.

CERVI, A. C.; BIDÁ, A. *Redescricao de Passiflora setulosa Killip*. Collectanea Botanica, n. 14, p. 247-251, 1983.

CERVI, A.C. *Passifloraceae*. In: Melo, M.M. da R.F. et al. *Flora Fanerogâmica da Ilha do Cardoso*. São Paulo, SP. 3: 11-20, 1992.

CERVI, A.C. *Passifloraceae do Brasil. Estudo do gênero Passiflora L. subgênero Passiflora*. Fontqueria 45: 1-92, 1997.

CLARKE, L.; EDMONDS, J.; JACOBY, H.; PITCHER, H.; REILLY, J.; RICHELIS, R. *Synthesis and assessment product 2.1, Part A: scenarios of greenhouse gas emissions and atmospheric concentrations*. U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 2007.

CERVI, A.C. *O estudo das Passifloraceae Brasileiras: o subgênero Dysosmioides Killip do gênero Passiflora L. para o Brasil*. Estudos de Biologia 45: 91-115, 2000.

COELHO, G.L.N.; CARVALHO, L.M.T.D.; GOMIDE, L.R. *Modelagem preditiva de distribuição de espécies pioneiras no Estado de Minas Gerais*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 51(3), 207-214, 2016. DOI 10.1590/S0100-204X2016000300002

COELHO, M.A.N.; BAUMGRATZ, J.F.A.; LOBÃO, A.Q.; SYLVESTRE, L.S.; TROVÓ, M.; SILVA, L.A.E. *Flora do estado do Rio de Janeiro: avanços no conhecimento da diversidade*. Rodriguésia 68(1): 001-011, 2017.

COLLINS, W. J.; BELLOUIN, N.; DOUTRIAUX-BOUCHER, M.; GEDNEY, N.; HALLORAN, P.; HINTON, T.; HUGHES, J.; JONES, C.D.; JOSHI, M.; LIDDICOAT, S.; MARTIN, G.; O'CONNOR, F.; RAE, J.; SENIOR, C.; SITCH, S.; TOTTERDELL, I.; WILTSHIRE, A.; WOODWARD, S. *Development and evaluation of an Earth-System model-*

HadGEM2. Geoscientific Model Development, 4(4), 1051-1075, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5194/gmd-4-1051-2011>

COLOMBO, A. F.; JOLY, C. A. *Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change*. Braz. J. Biol. 70 (3 suppl), 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000400002>

CORTINES, E.; PEREIRA, A.L.; SANTOS, P.R.O.; SANTOS, G.L.; VALCARCEL R. *Vegetação arbórea em vertentes com orientação norte e sul na Floresta Montana, Nova Friburgo-RJ*. Floresta e Ambiente 18: 428-437, 2011.

COSTA, D.P.; ALMEIDA, J.S.S.; SANTOS, N.D.; GRADSTEIN, S.R.; CHURCHILL, S.P. *Manual de Briologia* (inédito), 2009.

CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA. CNCFlora *Passiflora imbeana* in Lista Vermelha da flora brasileira, 2012. Disponível em: [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora imbeana](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora%20imbeana).

_____. CNCFlora *Passiflora ischnoclada* in Lista Vermelha da flora brasileira, 2012. Disponível em: [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora ischnoclada](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora%20ischnoclada). 2 Feb 2022.

_____. CNCFlora *Passiflora racemosa* in Lista Vermelha da flora brasileira, 2012. Disponível em: [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora racemosa](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora%20racemosa).

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO SUL CONSEMA 2003. Decreto Estadual CONSEMA 42.099 de 2002: Espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul.

COSTA, G.C.; NOGUEIRA, C.; MACHADO, R. B.; COLLI, G.R. *Sampling bias and the use of ecological niche modeling in conservation planning: a field evaluation in a biodiversity hotspot*. Biodivers Conserv 19:883–899, 2010. DOI 10.1007/s10531-009-9746-8

CRIA. *Specieslink* - simple search. 2011. Disponível em <http://www.splink.org.br/index>.

DAVIS, E. G.; NAGHETTINI, M. C. *Estudo de chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro*. 2.ed. revista e ampliada. Brasília: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 2000.

DEWALT, S. J.; CHAVE, J. *Structure and biomass of four lowland Neotropical forests*. Biotropica 36:7–19, 2004.

DEWALT, S.J.; SCHNITZER, S.A.; ALVES, L.F.; BONGERS, F.; BURNHAM, R.J.; CAI, Z.; CARSON, W.P.; CHAVE, J.; CHUYONG, G.B.; COSTA, F.R.C.; EWANGO, C.E.N.; GALLAGHER, R.V.; GERWING, J.J.; AMEZCUA, E.G. HART, T.; IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; ICKES, K.; KENFACK, D.; LETCHER, S.G.; MACÍA, M.J.; MAKANA, J.R.; MALIZIA, A.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; MASCARO, J.; MUTHUMPERUMAL, C.; MUTHURAMKUMAR, S.; NOGUEIRA, A.; PARREN, M.P.E.; PARTHASARATHY, N.; PÉREZ-SALICRUP, D.R.; PUTZ, F.E.; ROMERO-SALTOS, H.G.; REDDY, M.S.; SAINGE, M.N.; THOMAS, D.; MELIS, J.V. *Biogeographical patterns of liana abundance and diversity*. In: Schnitzer SA, Bongers F, Burnham RJ & Putz FE (eds.) *The ecology of lianas*, WileyBlackwell, Oxford. Pp. 131-146, 2015.

DIFFENBAUGH, N. S.; FIELD, C. B. *Changes in ecologically critical terrestrial climate conditions*. Science 341: 486-492, 2013.

DHYANI, S.; KADAVRUGU, R.; PUJARI, P. *Predicting impacts of climate variability on Banj oak (Quercus leucotrichophora A. Camus) forests: understanding future implications for Central Himalayas*. Regional Environmental Change, 20(4), 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01696-5>

DONOGHUE, M.J. *A phylogenetic perspective on the distribution of plant diversity*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105: 11549–55, 2008.

DURIGON, J.; CANTO-DOROW, T.; EISINGER, S. *Composição florística de trepadeiras ocorrentes em bordas de fragmentos de floresta estacional, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil*. Rodriguésia. 60. 415-422, 2009. DOI 10.1590/2175-7860200960213.

ENGEL, V.L.; FONSECA, R.C.B.; OLIVEIRA, R.E. *Ecologia de lianas e o manejo de fragmentos florestais*. Série Técnica IPEF 12: 43-64, 1998.

EHRlich, P. R.; RAVEN, P. H. *Butterflies and plants – a study in coevolution*. Evolution 18, 586–608, 1964.

EWERS, F.W. *Xylem structure and water conduction in conifer trees, dicot trees, and lianas*. IAWA Bulletin new series 6: 309-371, 1985.

FARINAZZO, N.M.; SALIMENA, F.R.G. *Passifloraceae na reserva biológica da represa do grama, Descoberto, Minas Gerais, Brasil*. Rodriguésia 58: 823-833, 2007.

FERNANDES, N. B. G.; YAZBECK, G.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A. *Taxonomic diversity of Passifloraceae sensu stricto along altitudinal gradient and on Serra dos Órgãos mountain slopes in southeastern Brazil*. Rodriguésia, 2022.

FERNANDES, N. B. G.; MORAES, A. M.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A. *Diversity of the Passiflora L. in the Serra do Mar ecoregion and the relationships with environmental gradients, South and Southeast, Brazil*. Acta Botanica Brasílica, 2023.

FERREIRA, I. J. M. et al. *Landscape Landscape pattern changes over 25 years across a hotspot zone in southern Brazil*. Southern Forests, [s. l.], v. 81, n. 2, p. 175-184, apr. 2019.

FEUILLET, C.; MACDOUGAL, J. *Passifloraceae*. In: Kubitzki K (ed.) The families and genera of vascular plants. Vol. 9. Springer-Verlag, Berlin. p. 270-280, 2007.

FIGUEIREDO, S.M.M.; VENTICINQUE, E.M.; FIGUEIREDO, E.O.; FERREIRA, E.J.L. *Predição da distribuição de espécies florestais usando variáveis topográficas e de índice de vegetação no leste do Acre, Brasil*. VOL. 45(2) 2015: 167 – 174, 2015 <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201402834>

FLORA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB182>>.

FRITZSONS, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. *Altitude e temperatura: estudo do gradiente térmico no Rio Grande do Sul*. Revista Brasileira de Climatologia ISSN: 1980-055x, 2237-8642, 2015.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. *Parque Estadual Lagamar de Cananeia*. Fundação Florestal de São Paulo, 2019. Disponível em: <http://fflorestal.sp.gov.br/lagamar-de-cananeia/sobre-o-parque/>.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2019/2020, relatório técnico*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 73p., 2021.

GAIA, J.A.S.; SOUZA, B.I.; LUCENA, R.F.P.; SOUZA, R.S.; GAIA, C.L.B. *Modelagem e distribuição potencial de espécies arbóreas*. Soc. Nat. |Uberlândia, MG. v.32. p.832-846, 2020.

GALINDO-LEAL, C.; I.G. CÂMARA. *Atlantic forest hotspots status: an overview*. in C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (eds.). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. pp. 3-11. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington, D.C., 2003.

GARTLAN, J. S.; NEWBERY, D. M.; THOMAS, D. W.; WATERMAN, P. G. *The influence of topography and soil phosphorus on the vegetation of Korup Reserve, Cameroun*. Vegetation, 65, 131-148, 1986. DOI 10.1007/BF00044814

GENT, P.R.; DANABASOGLU, G.; DONNER, L.J. *The Community Climate System Model Version 4*. Journal of Climate 24: 4973-4991, 2011.

GENTRY, A.H. *Endemism in tropical versus temperate plant communities*. In *Conservation Biology*; Soulé, M.E., Ed.; Sinauer Associates: Sunderland, MA, USA, pp. 153–181, 1986.

GENTRY, AH. *Changes in plant Community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients*. An. of the Mis. Bot. Gard, vol. 75, p. 1-34. 1998.

GIACOMIN, L.L.; KAMINO, L.H.Y.; STEHMANN, J.R. *Speeding up the discovery of unknown plants: a case study of Solanum (Solanaceae) endemics from the Brazilian Atlantic Forest*. Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão. Nova Série, v.35, p.121-135, 2014.

GIANNINI, T.C. et al. *Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies*. Rodriguésia, v.63, p.733-749, 2012.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P. D. E.; WANDERLEY, M. D. G. L.; VAN DEN BERG, C. *Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil*. Megadiversidade 1: 52-61. Holdridge, L. 1947. Determination of world plant formation from simple climate data. Science 105: 367-368, 2005.

GONTIJO-PASCUTTI, A.H.F.; HASUI, Y.; dos SANTOS, M.; de SOUZA, I.A. *As Serras do Mar e da Mantiqueira*. In: Hasui, Y (Ed.). *Geologia do Brasil*. Beca. São Paulo, p. 549-571, 2012.

GRAEFF, O. *Fitogeografia do Brasil: uma atualização de bases e conceitos*. Nau Editora, 2015.

GROPPO, J.; SALEMI, L. F.; DE MORAES, J.; TREVISAN, R.; MARTINELLI, L. *Processos hidrológicos em uma sub-bacia no Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo Santa Virginia*. Ciênc. Florest. 29 (2) , 2019.

GRYTNES, J.A. *Species-richness pattern of vascular plants along several altitudinal transects in Norway*. Ecography 26: 291-300, 2003

GUERRA, M.F. *Conflitos Ambientais em Fronteiras Urbanas: o caso do Parque Natural Municipal de Grumari, RJ*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

GUISAN, A.; THUILLER, W. *Predicting species distribution: offering more than simple habitat models*. Ecology Letters, v. 8, n. 9, p. 993-1009, 2005

GUISAN, A.; TINGLEY, R.; BAUMGARTNER, J.B.; NAUJOKAITIS-LEWIS, I.; SUTCLIFFE, P.R.; TULLOCH, A.I.T.; REGAN, T.J.; BROTONS, L.; MCDONALD-MADDEN, E.; MANTYKA-PRINGLE, C.; MARTIN, T.G.; RHODES, J.R.; MAGGINI, R.; SETTERFIELD, S.A.; ELITH, J.; SCHWARTZ, M.W.; WINTLE, B.A.; BROENNIMANN, O.; AUSTIN, M.; FERRIER, S.; KEARNEY, M.R.; POSSINGHAM, H.P.; BUCKLEY, Y.M. *Predicting species distributions for conservation decisions*. Ecology Letters 16: 1424-1435, 2013.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST - Paleontological Statistics, ver. 1.81, 2008. Disponível em <http://folk.uio.no/chammer/past>. 10 dec 2021

HANNAH, L.; MIDGLEY, G. F.; LOVEJOY, T.; BOND, W. J.; BUSH, M.; LOVETT, J. C.; SCOTT, D.; WOODWARD, F. I. *Conservation of biodiversity in a changing climate*. Conserv Biol 16: 264-268, 2002.

HARRINGTON, H.D.; DURRELL, L.W. *Key to common leaf surface*. In: How to identify plants. Chicago, The Swallow Press Inc., 203p., 1957.

HERNÁNDEZ, L.; DEZZEO, N.; SANOJA, E.; SALAZAR, L.; CASTELLANOS, H. *Changes in structure and composition of evergreen forests on an altitudinal gradient in the Venezuelan Guayana Shield*. Rev. biol. trop [Internet]. 60(1): 11-33, 2012. Disponível em: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442012000100002&lng=en.

HU, J.; RIVEROS-IREGUI, D.A. *Life in the clouds: are tropical montane cloud forests responding to changes in climate?* Oecologia, 180(4), 1061- 1073, 2016.

HIJMANS, R.J.; CAMERON, S.E.; PARRA, J.L.; JONES, P.G.; JARVIS, A. *Very high resolution interpolated climate surfaces for global land áreas*. Intern. Journ. Climatology, 25: 1965 – 1978. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE 1992. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro. IBGE (Série Manuais Técnicos em Geociências). p. 1-92.

_____. IBGE. *Unidades de relevo do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro. Projeção policônica. Escala 1: 5 000 000. 2006.

_____. IBGE. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2002.

_____. IBGE. *Contas de Ecossistemas - Espécies Ameaçadas de Extinção no Brasil 2022*. Rio de Janeiro 134p. ISBN 978-65-88162-05-7, 2022.

INSTITUTO CHICO MENDES DE BIODIVERSIDADE - ICMBIO. *Plano de Manejo do Parque Nacional Serra da Bocaina (PNSB)*. 2002. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina>>

_____. ICMBIO. *Plano de manejo Estação Ecológica de Tamoios*. 2006. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/esectamoios/>>.

_____. ICMBIO. *Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental Cairucu*. 2018. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cairucu/>>.

IMIG, D.C.; CERVI, A.C. *A new species of Passiflora L. (Passifloraceae), from Espírito Santo, Brazil*. Phytotaxa 186:292–296, 2014.

IMIG, D.C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; CERVI, A.C. *Passifloraceae sensu stricto de Minas Gerais, Brasil*. Rodriguésia 69 (04) • Oct-Dec 2018 DOI: [10.1590/2175-7860201869415](https://doi.org/10.1590/2175-7860201869415)

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.

_____. INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. *Red List Categories* - IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 2022. Disponível em: http://www.iucnredlist.org/documents/redlist_cats_crit_sp.pdf.

IVANAUSKAS, N.M.; ASSIS, M.C. *Formações Florestais Brasileiras*. In: Martins SV (ed.). *Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil*. Viçosa, Editora UFV. p. 74-108, 2009.

JABOT - *Herbário Virtual do Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <<http://jbrj.gov.br>>.

JÚNIOR, M. P. DE; SIQUEIRA, M. F. DE. *Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista?* Megadiversidade, v. 5, n. 12, p. 65–76, 2009.

KEDDY, P. A. *Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology*. Journal of Vegetation Science, v.3, p.157-164. 1992.

KESSLER, M. *The elevational gradient of Andean plant endemism: varying influences of taxon-specific traits and topography at different taxonomic levels*. J. Biogeogr., 29, 1159-1165, 2002.

KILLIP, E.P. *The american species of Passifloraceae*. Publication Field Museum of Natural History - Botanical Series 19(1-2): 1-613. 1938.

- KLOCKOW, D.; TARGA, H. J.; VAUTZ, W. *Air pollution and vegetation damage in the tropics - the Serra do Mar as an example*. Geesthacht, Germany: GKSS -Forschungszentrum Geesthacht. Final Report 1990-1996, 1997.
- KLUMP, A.; DOMINGOS, M.; KLUMP, G. *Foliar nutrient contents in tree species of the Atlantic Rain Forest as influenced by air pollution from the industrial complex of Cubatão, SP-Brazil*. Water, Air, Soil Pollution, vol. 133, p. 315-333, 2002.
- LAFFAN, S.; LUBARSKY, E.; ROSAUER, D. *Biodiverse: a tool for the spatial analysis of biological and other diversity*. Ecography 33: 643 – 647, 2010.
- LEME, E.M.C. *Bromélias da Mata Atlântica – Nidularium*. Rio de Janeiro, Editora Sextante, 2000.
- LOPES, T. S.; LEITE, V., R.; LEITE, G. R. *Modelagem de Nicho Ecológico e Conservação de Dalbergia nigra, Espécie Ameaçada de Extinção*. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 438-440, 2007.
- LOYOLA, R.; MACHADO, N.; NOVA, D.V.; MARTINS, E.; MARTINELLI, G. *Áreas prioritárias para conservação e uso sustentável da flora brasileira ameaçada de extinção*. Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 80p, 2014.
- MAAS, P.J.; BAAS, P.; CHRISTENHUSZ, M.J.M.; CLARKSON, J.J.; KOEK-NOORMAN, J.; MENNEGA, A.M.W.; TOKUOKA, T.; VAN DER BANK, M.; VAN DER HAM, R.W.J.M.; VAN MARLE, E. JAN.; WESTRA, L.Y.T.H.; CHASE M.W. 'Unknown yellow': *Pibiria*, a new genus of *Passifloraceae* with a mixture of features found in *Passifloroideae* and *Turneroideae*. Bot. J. Linn. Soc., 189, pp. 397-407, 2019. [10.1093/botlinnean/boz003](https://doi.org/10.1093/botlinnean/boz003)
- MADEIRA, B.G.; ESPÍRITO-SANTO, M.M.; NETO, S.D.; NUNES, Y.R.F.; AZOFEIFA, G.A.S., FERNANDES, G.W.; QUESADA, M. *Changes in tree and liana communities along a successional gradient in a tropical dry forest in south-eastern Brazil*. Plant Ecology 201: 291-304. 2009.
- MÄDER, G.; LORENZ-LEMKE, A.L.; CERVI, A.C.; FREITAS, L.B. *Novas ocorrências e distribuição do gênero Passiflora L. no Rio Grande do Sul, Brasil*. Revista Brasileira de Biociências 7: 364-367, 2009.
- MALIZIA, A.; CHACOFF, N.P.; GRAU, H.R.; BROWN, A.D. *Vegetation recovery on a gas-pipeline track along an altitudinal gradient in the Argentinean Yungas forests*. Ecol. austral [Internet].14(2): 165-178, 2004. Disponível em: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2004000200008&lng=es.
- MARIANO, G.V.P.; RIOS, J.M.; ROCHA, G.T.; SILVA, V.G.; SANTOS, L.C.S.; OLIVEIRA-JUNIOR, V.D.; VALE, V.S. *Quais variáveis ambientais melhor explicam a diferenciação estrutural e florística de cerrado stricto sensu e floresta estacional semidecidual?* Adv. For. Sci, Cuiabá, v. 7, n. 3, p. 1153-1169, 2020.

- MARINI, M. Â.; BARBET-MASSIN, M.; MARTINEZ, J.; PRESTES, N. P.; JIGUET, F. *Applying ecological niche modelling to plan conservation actions for the Redspectacled Amazon (Amazona pretrei)*. Biological Conservation, v. 143, n. 1, p. 102-112, 2010b.
- MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTII, M. I. DA S. *Maracujá: produção e qualidade na passicultura: processamento*. Cruz das Almas (BA): Embrapa Mandioca e Fruticultura. p.307-321, 2004.
- MACHADO-FILHO, L.; RIBEIRO, M.W.; GONZALEZ, S.R. *Geologia*. In: *Projeto RADAMBRASIL*. Rio de Janeiro/ Vitória. Rio de Janeiro, Folhas SF: 23/24. p 1-779, 1983.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M.A. *Livro vermelho da flora do Brasil*. Rio de Janeiro. Jardim Botânico do Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro. 1100 p, 2013. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br>. 8
- MARTINELLI, G.; MORAES, M.A.; LOYOLA, R.; AMARO, R. (org.). *Livro Vermelho da Flora Endêmica do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro. 456 p, 2018.
- MARTINS, E; DE CARVALHO JÚNIOR, OSMAR; VASCONCELOS, V.; COUTO-JUNIOR, A.; OLIVEIRA, S.; GOMES, R.; REATTO-BRAGA, A. *Relação Solo-Relevo em Vertentes Assimétricas No Parque Nacional Da Serra Dos Órgãos, RJ*. Revista Brasileira de Geomorfologia. 2007. DOI 10.20502/rbg.v8i1.85.
- MARTINS, M.; SANO, P. *Biodiversidade Tropical*. Editora UNESP, São Paulo. 128p, 2009.
- MEDINA-VEGA, J.A.; BONGERS, F.; POORTER, L.; SCHNITZER, S. A.; STERCK, F.J. *Lianas have more acquisitive traits than trees in a dry but not in a wet forest*. Dryad, Dataset, 2021. DOI: [10.5061/dryad.34tmpg4jr](https://doi.org/10.5061/dryad.34tmpg4jr)
- MEEUSSEN, C. *Liana abundance and functional diversity along an altitudinal gradient in northern ecuador*. Dissertation submitted to Ghent University, Ghent. 90p. 2017.
- MEROW, C.; SMITH, M. J.; SILANDER, J. A. *A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter*. Ecography, 36(10), 1058-1069, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- MEZZONATO-PIRES, A.C.; SALIMENA, F.R.G.; BERNACCI, L.C. *Passifloraceae na Serra Negra, Minas Gerais, Brasil*. Rodriguesia 64: 123-136. 2013.
- MEZZONATO-PIRES, A.C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; MENDONÇA, C.B.F.; GONÇALVES-ESTEVEES, V. *A taxonomic revision of Passiflora subgenus Astropheia (Passifloraceae sensu stricto) in Brazil*. Phytotaxa 473: 1-60, 2020.
- MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; BAUMGRATZ, J.F.A. *Passiflora L. subg. Decaloba (DC.) Rchb. (Passifloraceae) na região Sudeste*. Rodriguésia (Impresso), Rio de Janeiro, v. 55, n.85, p. 17-54, 2004.
- MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; GONÇALVES-ESTEVEES, V.; BAUMGRATZ, J.F.A. *Palinotaxonomia das espécies de Passiflora L. subg. Decaloba (DC.) Rchb. (Passifloraceae) no Sudeste do Brasil*. Revista Brasileira de Botânica 27: 655-665, 2004.

MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; BAUMGRATZ, J. F. A. *Passiflora* L. subgênero *Decaloba* (DC.) Rchb. (*Passifloraceae*) na Região Sudeste do Brasil. *Rodriguésia* 55: 17-54, 2004.

MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A. *Revisão taxonômica de Passiflora L. subgênero Decaloba* (DC.) Rchb. no Brasil. 243p., ilustr. (Tese de Doutorado em Botânica, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro), 2007.

MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A. *Análise da valoração dos impactos ambientais e da demanda de fitoterápicos oriundos do maracujá no Brasil*. *Revista Da FAE*, 11(1), 2008. Disponível em: de <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/255>

MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; BAUMGRATZ, J.F.A GONÇALVES-ESTEVES, V. A *taxonomy revision of Passiflora subgenus Decaloba (Passifloraceae) in Brazil*. *Phytotaxa* 53: 1-68, 2012.

MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A. *Passifloraceae*. Catálogo das espécies de plantas vasculares e briófitas do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://florariojaneiro.jbrj.gov.br>.

MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A. *New records of Passiflora subgenus Decaloba (Passifloraceae)*. *Check List* 15 (1): 149–159, 2019. DOI <https://doi.org/10.1556/015.1.149>

MILWARD-DE-AZEVEDO MA.; FERNANDES, N.B.G. *New records and conservation of Passiflora L. (Passifloraceae s.s.) in Rio de Janeiro, Brazil*. *Neotropical Biology and Conservation* 16(1): 115-128, 2021. DOI <https://doi.org/10.3897/neotropical.16.e62045>

MITTERMEIER, R.; ROBLES, G. P.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G. A. B. *Hotspots revisited*. 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. *Instrução Normativa n. 6, de 23 de setembro de 2008*. Espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção e com deficiência de dados, Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 set. 2008. Seção 1, p.75-83, 2008.

_____. MMA - . *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. p. 110-121, 2014. Disponível em http://cncfora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf. 12 Feb 2022

MONDIN, C.; CERVI, A.; MOREIRA, G. *Sinopse das espécies de Passiflora L. (Passifloraceae) do Rio Grande do Sul, Brasil*. *Revista Brasileira de Biociências*. 9: 3-27, 2011.

MORAES, A.M., MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A., FARIA, A.P.G. *Passifloraceae sensu stricto no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, Brasil*. *Rodriguésia* 69:815–840, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869238>

MORAES, A.M.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; MENINI-NETO, L.; DE FARIA, A.P. *Distribution patterns of Passiflora L. (Passifloraceae s.s.) in the Serra da Mantiqueira, Southeast Brazil*. *Brazilian Journal of Botany*, 2020. doi: 10.1007/s40415-020-00665-w.

- MUNGI, N. A.; QURESHI, Q.; JHALA, Y. V. *Expanding niche and degrading forests: Key to the successful global invasion of Lantana camara (sensu lato)*. Global Ecology and Conservation, 23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01080>
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. Nature, 403, 853–858, 2000.
- NUNES, T.S. *Estudos sistemáticos em Passiflora L. Subgênero Deidamioides (Harms) Killip (Passifloraceae)*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.
- OCAMPO-PÉREZ, J.; D'EECKENBRUGGE, G.; RESTREPO, M.; JARVIS, A.; SALAZAR, M.; CAETANO, C. *Diversity of Colombian Passifloraceae: biogeography and an updated list for conservation*. Biota Colomb 8:1–45, 2007.
- OCAMPO-PÉREZ, J.; D'EECKENBRUGGE, G.; ANDY, J. *Distribution of the Genus Passiflora L. Diversity in Colombia and Its Potential as an Indicator for Biodiversity Management in the Coffee Growing Zone*. Diversity, 2010. DOI 10.3390/d2111158.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. *Composição florística e estrutura comunitária da floresta de galeria do córrego da Paciência, Cuiabá (MT)*. Acta Botanica Brasilica 3(1): 91-112, 1989..
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R.; MELLO, J.M. *Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG*. Revista Brasileira de Botânica 17(2): 167-182, 1994.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CURI, N.; VILELA E.A.; CARVALHO, D.A. *Effects of canopy gaps, topography, and soils on the distribution of woody species in a Central Brazilian Deciduous Dry Forest*. Biotropica v. 30, n.3. p.362-375, 1998.
- OLIVEIRA-FILHO, A.; FONTES, M. *Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate*, 2000. DOI 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x
- PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA-JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R.; VALCI, F.V. *Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis, Epagri, 2002
- PANSONATO, M. P. *Padrões de distribuição de plantas ao longo de gradientes ambientais na Amazônia Central: uma comparação entre duas paisagens*. INPA, 2011.
- PEIXOTO, A.L.; LUZ, J.R.P.; BRITO, M.A. *Conhecendo a biodiversidade*. Brasília, MCTIC, CNPq, PPBio, 196p. 2016
- PEREIRA, C.R.; VALCARCEL. R.; BARBOZA, R.S. *Quantificação da Chuva oculta na Serra do Mar, estado do Rio de Janeiro*. Ciência Florestal 26: 1061, 2016. doi: 10.5902/1980509824995.
- PERRIGO, A.; HOORN, C.; ANTONELLI, A. *Why mountains matter for biodiversity*. Journal of Biogeography, 47(2), 315-325, 2020. DOI: 10.1111/jbi.13731. [18] Powell, C., Caleca, V., Rhode, C., da Costa, L.T.

PESSOA, S. DE V.A. *Passifloraceae*. In: Lima, M.P.M. & Guedes-Bruni, R.R. Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo - RJ, Aspectos Florísticos das Espécies Vasculares 1: 315-322, 1994.

_____. *Passifloraceae*. In: Marques, M. do C.M. et al., Flórua da APA Cairuçu, Parati, RJ: espécies vasculares. Série estudos e contribuições 14: 388-395. 1997.

PINTO, L.; BEDE, L.; PAESE, A.; FONSECA, M.; PAGLIA, A.; LAMAS, I. *Mata Atlântica brasileira: Os desafios para a conservação da biodiversidade de um hotspot mundial*. In book: Biologia da conservação: Essências pp.91-118, 2006.

PUTZ, F.E.; CHAI, P. *Ecological studies of lianas in Lambir National Park, Sarawak, Malaysia*. Journal of ecology, v. 75, p. 523-531, 1987.

RAHBK, C. *The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?* Ecography 18: 200- 205, 1995

RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA - RBMA. Revisão da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica-Fase VI/2008. Disponível em: <http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/RBMAFaseVI>

RIahi, K.; GRUEBLER, A.; NAKICENOVIC, N. *Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization*. Technol Forecast Soc Chang 74(7):887–935, 2007.

RIBEIRO, G.; OLIVEIRA, L.D. *As Territorialidades da Metrópole no Século XXI: Tensões entre o Tradicional e o Moderno na Cidade de Cabo Frio-RJ*. Geo UERJ 3: 108-127, 2009. DOI: 10.12957/geouerj.2009.1431 <https://doi.org/10.12957/geouerj.2009.1431>

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.; HIROTA, M. *Brazilian Atlantic forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation*. Biological Conservation, 142, 1141–1153, 2009.

RIBEIRO, M.C.; MARTENSEN, A.C.; METZGER, J.P.; TABARELLI, M., SCARANO, F.; FORTIN, M.J. *The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot*. In: Zachos FE, Habel JC, editores. Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas. Heidelberg: Springer, 2011. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20992-5_21.

RIO GRANDE DO SUL. *Decreto n.º 42.099, de 31 de dezembro de 2002*. Diário oficial do estado do Rio Grande do Sul. Espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre 3: 1-6, 2002.

RIZZINI, C.T. *Sistematização terminológica da folha*. Rodriguésia 42: 103-125, 1977.

RIZZINI, C.T. *Tratado de fitogeografia do Brasil*. 2ª Edição. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997.

SACCO, J. C. *Passifloraceae*. Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul, Fasc. 4. Bol. Inst. Cienc. Nat. v. 12, p. 7-29, fig. 1-13, 1962.

SACCO, J. C. *Passifloraceae*. In: Reitz, R. ed. Flora Ilustrada Catarinense, Itajaí. 130 p., 1980.

SAINGE, M.N.; LYONGA, N.M.; MBATCHOU, G.P.T.; KENFACK, D.; NCHU, F.; PETERSON, A.T. *Vegetation, floristic composition and structure of a tropical montane forest in Cameroon*. Bothalia - African Biodiversity & Conservation, 49(1), 1-12, 2019. DOI <https://dx.doi.org/10.4102/abc.v49i1.2270>

SANCHEZ, M. *Composição florística e estrutura da comunidade arbórea num gradiente altitudinal da Mata Atlântica*. 2001. (Tese de doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SANTOS, G. N.; SILVA, A.C.; HIGUCHI, P. *Impact of climate change on the geographical distribution of a cloud forest indicator tree species*. Scientific Article. Rev. Árvore 44, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-451320170105>

SARMENTO, S. N.; MEZZONATO-PIRES, A. C. ; TROVÓ, M. *New records of Passiflora from Itatiaia National Park, Brazil*. Check List, Journal of Species List and Distribution, v. 17, p. 1671-1679, 2021.

SCHEER, M.B.; MOCOCHINSKI, A.Y. *Florística vascular da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de quatro serras no Paraná*. Biota Neotrop., 9(2), 2009. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/pt/abstract?article+bn00609022009>.

SCHERER, C. C. *Conservação filogenética de nicho climático para espécies do gênero Passiflora L. (Passifloraceae) com ocorrência no Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SCHNITZER, S.A.; BONGERS, F. *The ecology of lianas and their role in forests*. Trends in Ecology and Evolution 17: 223-230. 2002.

SCHNITZER, S. A.; BONGERS, F. *Increasing liana abundance and biomass in tropical forests: emerging patterns and putative mechanisms*. Ecol. Lett. 14, 397–406, 2011. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2011.01590.

SCHNITZER, S.A. *A mechanistic explanation for global patterns of liana abundance and distribution*. The American Naturalist 166: 262-276, 2005.

SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL -SEMA. *Decreto nº 52.109, de 1º de dezembro de 2014*. Rio Grande do Sul, Espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul, 2014.

SILLERO, N. *What does ecological modelling model? A proposed classification of ecological niche models based on their underlying methods*. Ecological Modelling, v. 222, n. 8, p. 1343-1346, 2011.

SILVA, J.M.C.; CASTELETTI, C.H. *Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira*. Belo Horizonte, S.O.S. Mata Atlântica/ Conservação Internacional, 2005.

SILVA, W.G.; METZGER, J.P.; SIMÕES, S.; SIMONETTI C. *Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover on the Ibiúna Plateau, SP*. Ecology. Braz. J. Biol. 67 (3) 2007. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842007000300004>

SILVA, C.R.; PEIXINHO, F.C.; MONTEIRO, A.; PINTO, E.J.A.; AZAMBUJA, A.M.S; FARIAS, J.A.M; PICKBRENNER, K.; WESCHENDELDER, A.B.; SANTOS, A.L.M.R.;

MARCUZZO, F.F.N.; COSTA, M.R.; NASCIMENTO, J.R.S.; FURTUNATO, O.M.; MEDEIROS, V.S.; ALMEIDA, I.S. *Atlas Pluviométrico do Brasil*. Brasília, CPRM, 2011. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br>. 5 abril 2022

SILVEIRA, C.S.; SOUZA-FILHO, F.A.; MARTINS, E.S.P.R.; OLIVEIRA, J.L.; COSTA, A.C.; NOBREGA, M.T.; SOUZA, S.A.; SILVA, R.F.V. *Mudanças climáticas na bacia do rio São Francisco: Uma análise para precipitação e temperatura*. RBRH vol. 21 no.2 Porto Alegre abr./jun 2016 p. 416.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE A BIODIVERSIDADE BRASILEIRA. *Biodiversidade brasileira e produção científica*. RNP, 2020. Disponível em: <https://www.rnp.br/noticias/sibbr-biodiversidade-brasileira-producao-cientifica-e-politicas-publicas-mais-assertivas> Acesso: mar 2023

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, SÃO PAULO – SMA-SP. *Resolução SMA N. 48*. São Paulo, Lista oficial das espécies da flora do Estado de São Paulo ameaçadas de extinção, Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2004.

_____.SMA-SP. *Resolução SMA N. 57*. Lista oficial das espécies da flora do Estado de São Paulo ameaçadas de extinção, Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 2016.

SOBRAL-SOUZA, T.; FRANCINI, R.B.; LIMA-RIBEIRO, M.S. *Species extinction risk might increase out of reserves: allowances for conservation of threatened butterfly Actinote quadra (Lepidoptera: Nymphalidae) under global warming*. Nat. Conserv. 13, 159e165, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.11.009>

SOUZA, A.S.; FRANCISCO, P.R.M.; MELO J.A.B. *Expansão Imobiliária E Suas Consequências Em Unidade De Conservação Ambiental*. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2014.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 640p., 2005.

STEHMANN, J.R. *Distribution and Endemism of Angiosperms in the Atlantic Forest*. Natureza & Conservação 9: 188-193, 2011.

STEPHENSON, N.L. *Climatic control of vegetation distribution: the role of the water balance*. American Naturalist 135: 649-670, 1990.

STEVENS, P. F. *Site Angiosperm Phylogeny*, 2001. Disponível em: <http://www.mobot.org/MOBOTsearch/APweb/>

SUN, S.; ZHANG, Y.; HUANG, D.; WANG, H.; CAO, Q.; FAN, P.; WANG, R. *The effect of climate change on the richness distribution pattern of oaks (Quercus L.) in China*. Sci Total Environ, 744, 140786, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140786>

THIERS, B. *Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium, continuously update. Disponível em: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>. 2 feb 2022

TÔRRES, N. M.; VERCILLO, U. E. *Como ferramentas de modelagem de distribuição de espécies podem subsidiar ações de governo*. *Natureza & Conservação*, v. 10, n. 2, p. 228230, 2012.

ULMER, T.; MACDOUGAL, J.M. *Passiflora*. In: Macdougall JM, Feuillet C. *Passionflowers of the world*. 1 ed. Oregon, Timber press. p. 27–31, 2004.

URBANO, E.; MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO-FILHO, A.; SANQUETTA, C.R. *Modeling and dynamics of growth and yield of tree species in Mimosa scabrella stands*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* | *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* Printed ISSN 0001-3765 I Online ISSN 1678-2690, 2021.

VAN DER HEIJDEN G. M. F; SCHNITZER, S. A.; MEUNIER, F. *Editorial: Lianas, ecosystems, and global change*. *Front. For. Glob. Change* 6:1079620, 2023. DOI [10.3389/fgc.2023.107962](https://doi.org/10.3389/fgc.2023.107962)

VALENCIA, R., R. FOSTER, G. VILLA, R. CONDIT, J.-C. SVENNING, C. HERNANDEZ, K. ROMOLEROUX, E. LOSOS, E. MAGARD, AND H. BALSLEV. *Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: large forest plot in eastern Ecuador*. *J. Ecol.* 92:214229, 2004. VAN DEN BERG, E.; OLIVEIRA FILHO, A. T. *Spatial partitioning among tree species within an area of tropical montane gallery forest in south-eastern Brazil*. *Flora* 194:249-266, 1999.

VARASSIN, I.G.; TRIGO, J.R.; SAZIMA, M. *The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of Passiflora (Passifloraceae) in south-eastern Brazil*. *Botanical Journal of the Linnean Society* 136: 139-152, 2001.

VELOSO, H.P.; GÓES-FILHO, L. *Fitogeografia brasileira: classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical*. *Boletim Técnico Projeto Radambrasil, Série Vegetação* 1:1-80, 1982.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 124 p. 1991.

VIOLLE, C.; NAVAS, M. L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. *Let the concept of trait be functional!* *Oikos*. 116. 882 - 892. 2007. 10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x.

VITTA, F.A. *Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Passifloraceae*. *Boletim Botânico da Universidade de São Paulo* 24: 9-12. 2006

VOGADO, NARA O.; ENGERT-JAYDEN, E.; LINDE TORE L.; CAMPBELL-MASON, J., LAURANCE-WILLIAM, F., LIDDELL-MICHAEL, J. *Climate Change Affects Reproductive Phenology in Lianas of Australia's Wet Tropics*. *Frontiers in Forests and Global Change*, Vol 5, 2022. DOI: [10.3389/ffgc.2022.787950](https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.787950)

VOLPATO, M.M.L. *Regeneração natural em uma floresta secundária no domínio da Mata Atlântica: uma análise fitossociológica*. (Tese Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1994.

WATANABE, S.; HAJIMA, T.; SUDO, K. *MIROC-ESM 2010: model description and basic results of CMIP5-20c3m experiments*. Geoscientific Model Development 4: 845-872, 2011.

WERNECK, M.D.S.; SOBRAL, M.E.G.; ROCHA, C.T.V.; LANDAU, E.C.; STEHMANN, J.R. *Distribution and endemism of angiosperms in the Atlantic Forest*. Natureza & Conservação 9: 188-193, 2011.

WORLD WIDE FUND - WWF. Dados geoespaciais. *Limite original da ecorregião da Serra do Mar*. Base de dados em formato, shapefile. World Wide Fund for Nature, 2008.

WORLD WIDE FUND - WWF. *Visão da Biodiversidade da Ecorregião Serra do Mar*. Domínio Fitogeográfico Mata Atlântica. World Wide Fund for Nature, 2011.

ZACHOS, F.; HABEL, J. *Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas*. Heidelberg/Dordrecht/ London/New York, **Springer**, 2011.

ANEXO - Artigo “Diversity of the *Passiflora* L. in the Serra do Mar ecoregion and the relationships with environmental gradients, South and Southeast, Brazil” publicado na revista Acta Botânica Brasilica (FERNANDES; MORAES; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2023)





Acta Botânica Brasilica, 2023, 37: e20220314
doi: <https://doi.org/10.1590/1677-941X-ABB-2022-0314>

Original article

Diversity of the *Passiflora* L. in the Serra do Mar ecoregion and the relationships with environmental gradients, South and Southeast, Brazil

Natália Brandão Gonçalves Fernandes^{1*}, Andreza Magro Moraes²
and Michael Alvim Milward-de-Azevedo^{1,3}

Received: April 29, 2022
Accepted: May 16, 2023

ABSTRACT

The species of the *Passiflora* (Passifloraceae s.s.) are distributed in tropical and subtropical regions and are of great ecological importance. The Serra do Mar is formed of large escarpments along Brazil's east coast, between the States of Rio de Janeiro and Rio Grande do Sul. This study aims to point out occurrences of *Passiflora* species in herbaria along the Serra do Mar, in addition to evaluating the conditions of each specimen found. The richness and sample effort maps were prepared to establish the locations where the greatest numbers of species and records were encountered. We evaluated the relationship of species distribution through Canonical Correlation (CCA) and Quadratic Polynomial Analysis. We also evaluated the floristic composition using a cluster analysis. Calculations of the Extent of Occurrence (EOO) and Area of Occupancy (AOO) were performed for endemic species to the Atlantic Forest area occurring in the Serra do Mar. A total of 53 species, belonging to the *Passiflora* were found in the Serra do Mar. The States of Rio de Janeiro and São Paulo were the ones that recorded the greatest numbers of species and collection effort. The climatic variables Precipitation of the Driest Quarter and Annual Average Temperature are the most correlated to the distribution of *Passiflora* in the area. Twenty-two species are endemic to the Atlantic Forest area, and 21 are recorded as having some degree of threat on Official Lists. In this study, we present all the *Passiflora* species recorded for the Serra do Mar, the richness of species, including those endemics to the Atlantic Forest, demonstrates the importance of the area for conservation.

Keywords: Atlantic Forest, Conservation, Diversity, Mountainous Range, Passionflower, Serra do Mar.

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, 20550-013, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

² Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer s/n, Bairro São Pedro, 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brazil.

³ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios, Departamento de Ciências e Meio Ambiente, Laboratório de Diversidade Vegetal, Avenida Prefeito Alberto da Silva Lavinas, 1847, Centro, 25802-100, Três Rios, RJ, Brazil.

* Corresponding author: brandaonatalia@outlook.com



Natália Brandão Gonçalves Fernandes, Andreza Magro Moraes
and Michaele Alvim Milward-de-Azevedo

Introduction

The passionflower species known are part of the genus *Passiflora* L. (Passifloraceae *sensu stricto*) and are characterized by woody and herbaceous climbers with tendrils, alternate leave, axillar tendrils, and extrafloral nectaries in the petiole and/or leaf blades; flowers with androgynophore and filament corona, five stamens, three or four carpels, and a locule and berried or capsuled fruit (Milward-de-Azevedo *et al.* 2012).

Brazil records about 166 species belonging to the *Passiflora* L. (Bernacci *et al.* 2020), divided into four subgenera: *Astropheia* (DC.) Mast., *Decaloba* (DC.) Rchb., *Deidamioides* (Harms) Killip and *Passiflora*. Studies of this genus in the state of Rio de Janeiro: Pessoa (1994; 1996), Milward-de-Azevedo *et al.* (2004), Milward-de-Azevedo and Baumgratz (2004), Milward-de-Azevedo and Fernandes (2021), and Fernandes *et al.* (2022), and in the state of São Paulo: Cervi (1992), Bernacci and Vitta (1999) and Bernacci (2003), have collaborated so that both states have a larger number of recorded species and greater collection effort in the areas. In the Atlantic Forest Domain in South of Brazil, studies from Cervi (1981) for Paraná, Sacco (1962; 1980), for the Rio Grande do Sul and Santa Catarina, respectively, and only Rio Grande do Sul: Mäder *et al.* (2009) and Mondin *et al.* (2011). In general, for Brazil, we have: Cervi (1997; 2000), Nunes (2009), Milward-de-Azevedo *et al.* (2012), and Mezzonato-Pires *et al.* (2020). Regarding the ecology and conservation of the group, some studies covering the Serra do Mar ecoregion, namely Moraes *et al.* (2020), Milward-de-Azevedo and Fernandes (2021) and Fernandes *et al.* (2022). Thus, the existence of collection gaps regarding species distribution is a factor to be considered.

The original limits of the Serra do Mar coastal forests ecoregion are inserted entirely in the Atlantic domain, in the Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul states (WWF 2008). This ecoregion is defined as an extensive area, with heterogeneous environmental conditions that determine the occurrence of communities that share critical ecological processes (Dinerstein *et al.* 1995). Its forest fragments are interconnected by escarpment regions, where agricultural activities are not possible, contributing to it being one of the largest forest extensions of the Atlantic Forest (WWF 2008).

Passiflora species are directly linked to environmental filters and respond significantly to gradients. Studies such as Kessler (2002), Ocampo-Pérez *et al.* (2007) Ocampo *et al.* (2010), Moraes *et al.* (2018; 2020), and Fernandes *et al.* (2022) demonstrate the complex relationships between these taxa and the environment where they occur. Environmental filters that include total area considered, latitude, altitude, precipitation, and the interactions between them demonstrate the complexity of these relationships with *Passiflora* (Lomolino 2001; McCain 2009).

Therefore, this study aimed to evaluate the distribution patterns of *Passiflora* in the Serra do Mar and its relationship with environmental variables. Moreover, we assessed the of conservation status of the species found and identified possible collection gaps in the study area.

Material and methods

The original area of the Serra do Mar corresponds to 113,411 km², covering 364 municipalities (Table S1), inserted in the States of Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, and Rio Grande do Sul (Fig. 1), in Brazil's South and Southeast regions (WWF 2008). The vegetation classifications vary from *Restinga* to Highland Fields, passing through Ombrophilous Forest Low Montane, Montane, and Upper Montane Ombrophilous Forests, in addition to Deciduous and Semi-Deciduous Seasonal Forests (WWF 2008). The exact geomorphological delimitation of the Serra do Mar and its geographic limits is still not a consensus among authors. The revised limits of the Serra that include the state of Espírito Santo is a complex approach due to the considerable size of the area and for belonging to another ecoregion (RBMA 2008; WWF 2008). In addition, most studies for the Serra do Mar are carried out on a one-off basis (e.g., Barros *et al.* 2009; Cortines *et al.* 2011; Fernandes *et al.* 2022), which makes it difficult to effectively define the boundaries of the area. Thus, we chose to use the original limit of the Serra do Mar ecoregion, where the area is continuously delimited, and we excluded the disjoint part of the limits revised by WWF (2008) that includes the state of Espírito Santo. Therefore, we used 364 municipalities, and the area was divided into grids corresponding to the points of occurrence.

Data collection - Occurrence data for *Passiflora* inside the Serra do Mar were obtained from specimen samples deposited herbariums (license SISGEN A387E5D), available on systems of scientific collection management, such as *Species Link* (<http://inct.florabrasil.net/>), JABOT (<http://jbrj.gov.br>), and Re flora (<http://reflora.jbrj.gov.br/>). All municipalities in the Serra do Mar area were examined (Table S1), and the search for material was performed for each one of them separately. We used records of species defined by specialists of the group for materials without exsiccate images available. In addition, the specimens were checked using exsiccate images available on the website, to define unidentified material and to confirm species when necessary. Then we confirmed and reviewed the taxonomic nomenclature according to Tropicos.org (<https://www.tropicos.org/home.aspx?langid=66>), Flora do Brasil 2020 (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>), and International Plant Names Index (<https://www.ipni.org/>).

Spatial analysis - Through the locations provided by the collectors, the geographical coordinates obtained were plotted superimposed on the shapefile of the Serra



Diversity of the *Passiflora* L. in the Serra do Mar ecoregion and the relationships with environmental gradients, South and Southeast, Brazil

do Mar (WWF 2008), in the QGIS software version 3.16 (QGIS DEVELOPMENT TEAM 2020), and occurrence was compared with the area boundaries. Within these aspects, we evaluated the distribution pattern of the species utilizing the same software with $0.50^{\circ} \times 0.50^{\circ}$ squares, to analyze *Passiflora* richness and the collection effort in the Serra do Mar area.

The altitude values were extracted from the information contained in the descriptions of the exsiccates. When the values were not presented, the altitude data were extracted from the point of occurrence, with the help of the WorldClim (Fick & Hijmans 2017) elevation raster, together with QGIS software version 3.16 (QGIS DEVELOPMENT TEAM 2020). To standardize the classes and avoid data bias, presence/absence matrices were computed in 11 altitude classes spaced at 199 meters intervals, in an altitudinal gradient from 0 to 2,199 (i.e., 0–199, 200–399, 400–599, 600–799, 800–999, 1,000–1,199, 1,200–1,399, 1,400–1,599, 1,600–1,799, 1,800–1,999, 2,000–2,199), then we used polynomial analysis to evaluate the relation of the altitude with the richness of *Passiflora*.

We obtained 19 bioclimatic variables from the WorldClim database (available at: <https://www.worldclim.org/>) (Fick & Hijmans 2017). The average values of the variables were extracted from each grid of the Serra do Mar (Fig. 1). For the election of the best bioclimatic variables, we used a

Factorial Analysis like Sobral-Souza *et al.* (2015). We choose as final variables, based on the highest absolute values, Annual Mean Temperature (BIO1), Precipitation of Wettest Month (BIO13), Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation) (BIO15), Precipitation of Driest Quarter (BIO17) and Precipitation of Warmest Quarter (BIO18). We also added collected the number of records to test the possible effect of sample bias.

Thus, to evaluate the correlation of the *Passiflora* composition in the Serra do Mar with the environmental gradients, we used the Canonical Correspondence Analysis (CCA) (Braak 1987). The species abundance matrix consisted of the number of individuals per grid. The matrix of environmental variables included the mean values of the five selected bioclimatic and the collection effort per grid. All previous analyzes were performed in the R program version 4.0.3 (R Development Core Team 2020).

To graphically represent the result, we also performed a quadratic polynomial regression analysis to test the relationship of the richness (dependent variable) in the function of the bioclimatic variables of temperature and precipitation (independent variables), obtained from the CCA, using the Past 1.8.1 - Paleontological Statistics software (Hammer *et al.* 2008). In addition, we performed the overlap of species occurrence with the rasters layers of bioclimatic variables.

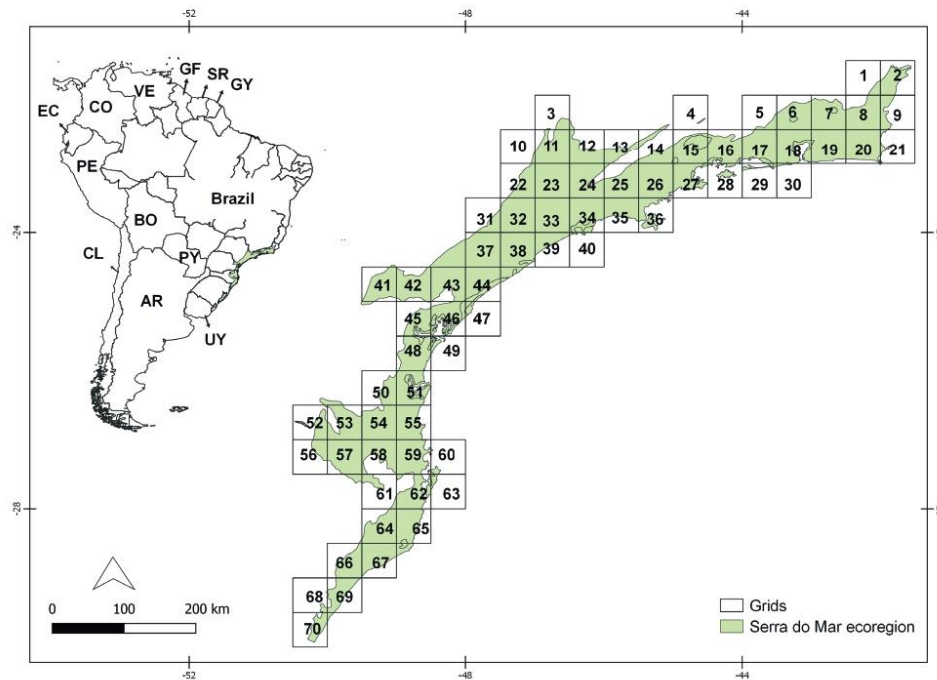


Figure 1. Original boundaries of the Serra do Mar ecoregion, South and Southeast Brazil, with $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ cells utilized in the analyses.



Natália Brandão Gonçalves Fernandes, Andreza Magro Moraes
and Michael Alvim Milward-de-Azevedo

Conservation - Calculations of Extent of Occurrence (EOO) and Area of Occupancy (AOO) were performed to evaluate the status of conservation of endemic Atlantic Forest species found in the Serra do Mar and compared to national and state lists as well as other studies, to point out the category that species already evaluated were inserted (Cervi 1997; CONSEMA 2003; Bernacci 2003; SMA-SP 2004; 2016; Bernacci *et al.* 2005; Biodiversitas 2005; MMA 2008; 2022; Durigon *et al.* 2009; CNCFlora 2012a.; CONSEMA 2003; 2014; Milward-de-Azevedo & Fernandes 2021). The classification of the species as endemics of the Atlantic Forest and Tropical Rain Forest was based on the Flora do Brasil. The EOO and AOO calculations were performed using the GeoCAT tool (Bachman *et al.* 2011) (<http://geocat.kew.org/editor>), with a 2-km grid to calculate AOO, as recommended by the IUCN (2022). For species with populations restricted the Serra do Mar territory we suggest threat categories according to International Union Conservation of Nature (IUCN) Criteria B, based on the geographical distribution of the organisms (IUCN 2022). Concerning species with one or two points of occurrence, these parameters were not evaluated, because they do not form the polygon required to perform the calculations. These species were then classified as Data Deficient (DD).

Similarity - To evaluate the floristic composition of the *Passiflora* in the Serra do Mar, the UPGMA cluster analysis with the Jaccard index was used. The occurrence grids (0.50° × 0.50°) were compared using the Biodiverse 2.1 software, which allows cluster analysis of biogeographic data (Laffan *et al.* 2010).

Results

Spatial analysis - A total of 53 species were recorded for the Serra do Mar (Tab. 1), from a total of 3,246 obtained records. Of these, 107 were discarded due to the inability to identify the material. The state with the most significant number of records was Rio de Janeiro (1,138 collections), followed by São Paulo, (1,110 collections), Santa Catarina (464 collections), Paraná (400 collections) and Rio Grande do Sul (134 collections), which obtained the smallest number of records.

Regarding species richness, the largest number was found in grids 7 and 18, in the areas more to the northeast of the Serra do Mar (the municipalities of Rio de Janeiro, Petrópolis, Teresópolis and Nova Friburgo, in the State of Rio de Janeiro) (Fig. 2a). At the same time, grid 18 showed

Table 1. Occurrence of *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.) species in the Serra do Mar, in the South and Southeast Regions of Brazil. PR = Paraná; RJ = Rio de Janeiro; RS = Rio Grande do Sul; SC = Santa Catarina; SP = São Paulo.

Specie	Grids	Records	Occurrence by state	Vegetation
<i>Passiflora actinia</i> Hook	18	131	RJ, SP, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest and Seasonal Forest
<i>Passiflora alata</i> Curtis	37	169	RJ, SP, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest, Seasonal Forest and Restinga
<i>Passiflora amethystina</i> Milkan	41	345	SP, RJ, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora caerulea</i> L.	7	14	RJ, SP, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest and Seasonal Forest
<i>Passiflora campanulata</i> Mast.	10	47	RJ, SP, PR, SC	Highland Fields
<i>Passiflora capsularis</i> L.	46	193	SP, RJ, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest, Seasonal Forest, and Restinga
<i>Passiflora catharinensis</i> Sacco	5	12	SP, PR, SC	Highland Fields and Ombrophilous Forest
<i>Passiflora cervi</i> M.A. Milward-de-Azevedo	5	6	SP, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest, Seasonal Forest and Restinga
<i>Passiflora cincinata</i> Mast.	3	3	SP	Seasonal Forest
<i>Passiflora clathrata</i> Mast.	3	8	SP	Seasonal Forest
<i>Passiflora deidamioides</i> Harms	10	26	RJ, SP	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora edulis</i> Sims	48	333	RJ, SP, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest, Seasonal Forest and Restinga
<i>Passiflora eichleriana</i> Mast.	17	27	SP, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora elegans</i> Mast.	3	8	SP, RS, SC	Ombrophilous Forest and Seasonal Forest
<i>Passiflora elliptica</i> Gardner	1	10	RJ	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora farneyi</i> Pessoa & Cervi	3	15	RJ	Restinga
<i>Passiflora filamentosa</i> Cav.	3	3	RJ	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora foetida</i> L.	11	21	RJ, SP, PR, RS, SC	Highland Fields and Ombrophilous Forest



**Diversity of the *Passiflora* L. in the Serra do Mar ecoregion and the relationships
with environmental gradients, South and Southeast, Brazil**

Table 1. Cont.

Specie	Grids	Records	Occurrence by state	Vegetation
<i>Passiflora haematostigma</i> Mart. ex Mast.	23	79	RJ, SP, PR, SC	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora imbeana</i> Sacco	4	33	RJ	Ecotone: Highland Fields and Ombrophilous Forest
<i>Passiflora ischnoclada</i> Harms	3	21	SP	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora junqueirae</i> Imig & Cervi	2	3	RJ	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora kermesina</i> Link & Otto	4	22	RJ	Ombrophilous Forest and Restinga
<i>Passiflora lepidota</i> Mast.	1	1	SP, PR	Seasonal Forest
<i>Passiflora loefgrenii</i> Vitta	11	25	SP, PR, SC	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora malacophylla</i> Mast.	3	6	RJ, SP, SC	Ombrophilous Forest and Seasonal Forest
<i>Passiflora marginata</i> Mast.	3	6	SP, RJ	Highland Fields
<i>Passiflora mediterranea</i> Vell.	29	160	RJ, SP, PR, SC	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora mendoncae</i> Harms	8	156	RJ, SP, PR, SC	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora miersii</i> Mast.	17	165	RJ, SP, PR	Seasonal Forest
<i>Passiflora misera</i> Kunth	11	35	RJ, SP, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest, Seasonal Forest and Restinga
<i>Passiflora morifolia</i> Mast.	8	11	SP, PR, RS, SC	Seasonal Forest
<i>Passiflora mucronata</i> Lam.	15	191	SP, RJ	Restinga
<i>Passiflora odontophylla</i> Harms ex Glaz.	2	2	RJ	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora ovalis</i> Vell. ex M.Roem.	6	34	RJ, SP	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora pentagona</i> Mast.	8	39	RJ	Restinga
<i>Passiflora pohlii</i> Mast	3	6	SP	Ombrophilous Forest and Seasonal Forest
<i>Passiflora porophylla</i> Vell.	40	256	RJ, SP, RS, SC	Ombrophilous Forest and Seasonal Forest
<i>Passiflora racemosa</i> Brot.	7	93	RJ, SP	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora reitzii</i> Sacco	1	1	SC	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora rhamnifolia</i> Mast.	11	32	RJ, SP	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora saxicola</i> Gontsch.	2	3	RJ	Restinga
<i>Passiflora setacea</i> DC.	7	23	RJ	Restinga
<i>Passiflora setulosa</i> Killip	1	1	SP, PR	Seasonal Forest
<i>Passiflora sidifolia</i> M.Roem.	15	65	RJ, SP	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora silvestris</i> Vell.	7	34	RJ	Restinga
<i>Passiflora speciosa</i> Gardner	4	31	RJ	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora suberosa</i> subsp. <i>litoralis</i> (Kunth) Port.-Utl. ex M.A.M. Azevedo, Baumgratz & Gonç.-Estev.	32	150	RJ, SP, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest, Seasonal Forest and Restinga
<i>Passiflora tenuifolia</i> Killip	7	7	RJ, SP, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest and Seasonal Forest
<i>Passiflora transversalis</i> M.A.Milward-de-Azevedo	2	2	SP, PR, RS, SC	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora truncata</i> Regel	18	69	RJ, SP, PR, SC	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora vellozoi</i> Gardner	13	88	RJ, MG, SP, PR, SC	Ombrophilous Forest
<i>Passiflora villosa</i> Vell.	6	25	RJ, SP, PR, SC	Ombrophilous Forest



Natália Brandão Gonçalves Fernandes, Andreza Magro Moraes
and Michael Alvim Milward-de-Azevedo

the greatest number of efforts (in the municipalities of Rio de Janeiro, Petrópolis and Teresópolis, in the State of Rio de Janeiro), followed by grids 4 and 5, also to the northeast of the Serra do Mar (Fig. 2b). The most representative species in Serra do Mar considering the number of records, is *P. amethystina* Mikan with 345 occurrences, and *P. porophylla* Vell. with 256. Among the species recorded in the Serra do Mar, 22 are endemic to the Atlantic Forest and 12 are restricted to Tropical Rain Forest environments (Tab. 1).

The quadratic polynomial analysis relating *Passiflora* species richness to altitude showed a decrease in the number of species as a function of the increase in altitude gradient (Figure 3 a-b) ($R^2=80\%$, $p=0.001$). The greatest richness was found between an altitude range between 1-199 m.a.s.l. presenting 40 species, followed by the range between 600-899 m.a.s.l. with 39 species. Furthermore, the lowest richness was recorded above 2,000 m.a.s.l. with only one species.

The results of the canonical correlation analysis show the highest eigenvalues of the first axis, representing a strong gradient. Despite having a lower value, the second axis was also highly correlated (Table 2). Five corresponding variables were found, where two of them showed the highest correlation, the Annual Average Temperature (BIO 1) highly

explained on axis 1 and the Precipitation of the Driest Quarter (BIO 17) highly explained on axis 2 (Fig. 4). The Monte Carlo permutation test indicated a relationship between species composition and environmental variables in the ordination axes ($p=0.001$).

Table 2. Results of the Canonical Correlation Analysis (CCA) with the five variables most correlated with the species richness of *Passiflora* L., in Serra do Mar, Brazil.

CCA	Axe I	Axe II
Eigenvalue	0.3960	0.2908
Proportion Explained	0.3842	0.2822
Cumulative Proportion	0.3842	0.6664
Variables		
Annual Mean Temperature (BIO 1)	0.7935	-0.2796
Precipitation of Wettest Month (BIO 13)	-0.5016	-0.0167
Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation) (BIO 15)	0.0461	-0.7774
Precipitation of Driest Quarter (BIO 17)	-0.2834	0.8766
Precipitation of Warmest Quarter (BIO 18)	-0.2995	0.2697

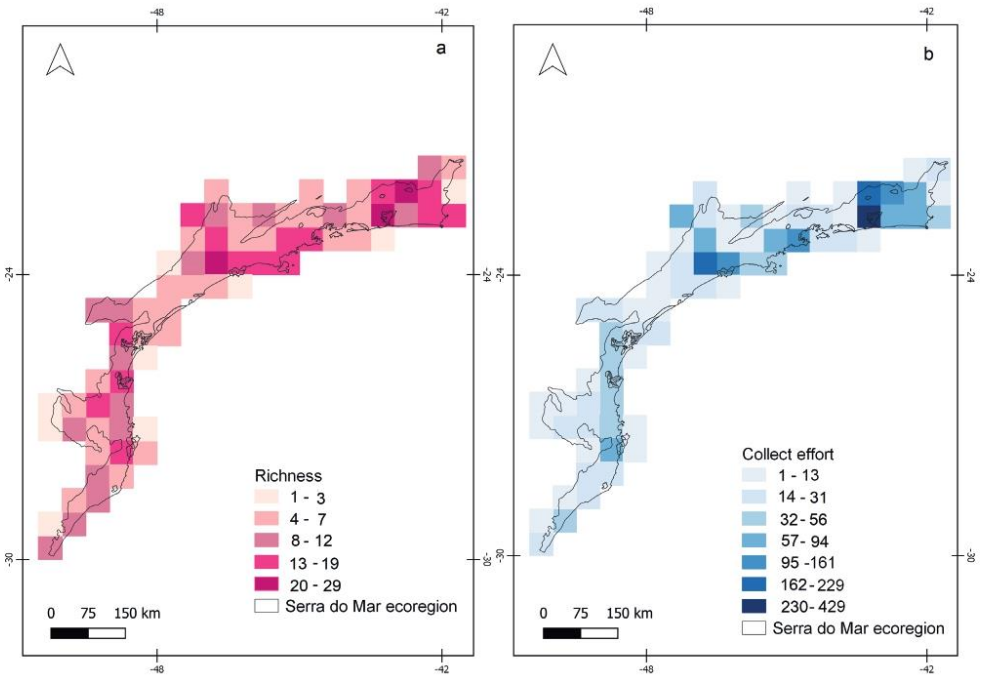


Figure 2. a. Richness of *Passiflora* L., in the Serra do Mar, in the South and Southeast Regions of Brazil; b. Collect effort of *Passiflora* L. species in the Serra do Mar, South and Southeast Brazil.

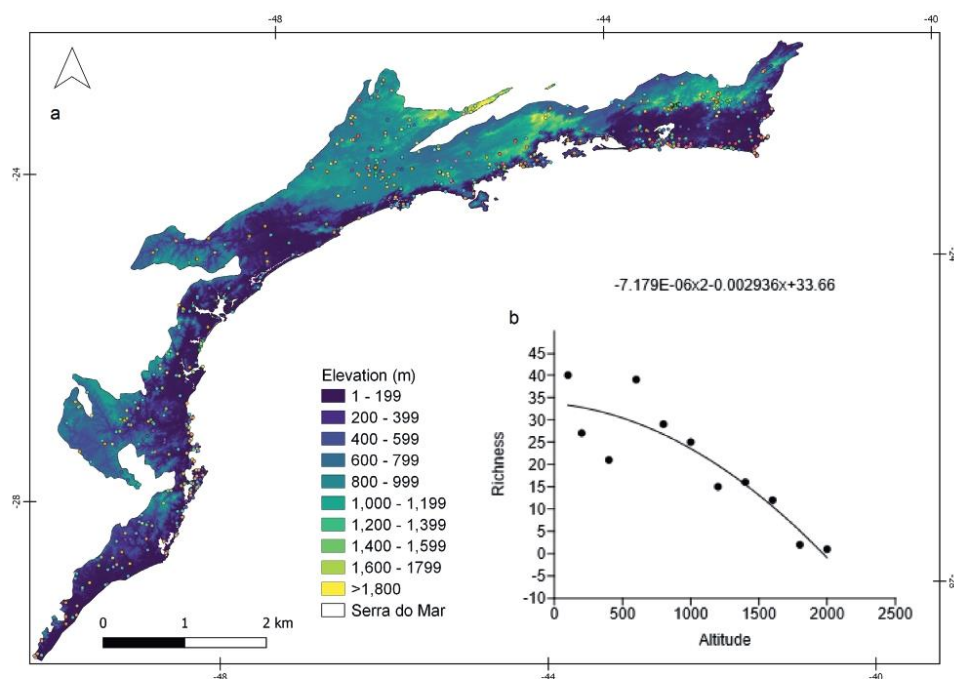
Diversity of the *Passiflora* L. in the Serra do Mar ecoregion and the relationships with environmental gradients, South and Southeast, Brazil

Figure 3. a. Elevation map of the Serra do Mar, Brazil; b. *Passiflora* L. species richness by altitude in the Serra do Mar, South and Southeast Brazil.

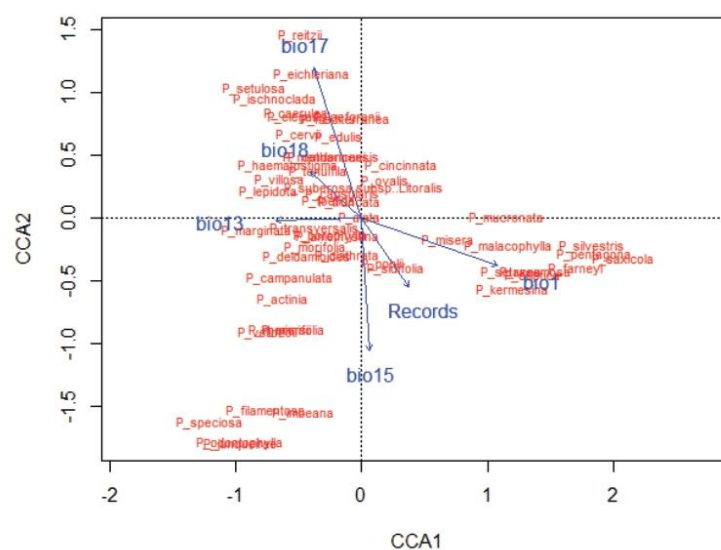


Figure 4. Results of Canonical Correspondence Analysis (CCA) with the records and five most correlated bioclimatic variables in the Serra do Mar, South and Southeast Brazil. BIO 1= Annual Mean Temperature; BIO 13= Precipitation of Wettest Month; BIO 15= Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation); BIO 17= Precipitation of Driest Quarter; BIO 18= Precipitation of Warmest Quarter.

Natália Brandão Gonçalves Fernandes, Andreza Magro Moraes
and Michaele Alvim Milward-de-Azevedo

The polynomial analysis of the bioclimatic variables showed that Annual Mean Temperature had a close relationship with the number of *Passiflora* species ($R^2 = 80\%$, $p = 0.001$) (Fig. 5 a-b), and the highest richness was recorded where the average is close to 20 °C; at low mean temperatures the richness was lower, in addition, it also tended to decrease when this average was above 23 °C. Another, of the Precipitation of the Driest Quarter, showed a negative correlation with the number of species ($R^2 = 66\%$, $p = 0.01$), indicating a decline in richness as the average precipitation of this period increases (Fig 6 a-b). **Conservation** – We found 17 threatened species among the endemic species that have already been evaluated (Table 3), *P. setulosa* Killip and *P. ischnoclada* Harms were the only ones found as “Extinct in the Wild” and “Critically Endangered” respectively. In addition, six species were presented in the “Endangered” categories and another six appeared as “Vulnerable”, two species are listed as “Rare”. We also suggest the categories of six species, two not yet evaluated, *P. cervii* as “Least Concern” for Extent of Occurrence and “Threatened” for Area of Occupancy, and *P. elliptica* Gardner as “Threatened” for both calculations.

Six species have their distribution restricted to the Serra do Mar territory (Tab. 3): *P. elliptica*, *P. farneyi* Pessoa & Cervi and *P. imbeana* Sacco in the State of Rio de Janeiro,

P. ischnoclada in the State of São Paulo, *P. reitzii* Sacco in the State of Santa Catarina and *P. truncata* Regel with occurrences recorded along the entire Serra do Mar. Four of the species that showed the greatest range of distribution (AOO and EOO values) in the Serra do Mar area were the most representative: *P. actinia* Hook. had the greatest range of distribution, followed by *P. mediterranea* Vell., *P. truncata*, and *P. vellozoi* Gardner. Meanwhile, seven species showed the smallest distribution range: *P. junqueirae* Imig and Cervi (2014) with a small range of distribution, then *P. farneyi*, *P. filamentosa* Cav., *P. imbeana*, *P. ischnoclada*, *P. loefgrenii* Vitta, and *P. marginata* Mast.

Similarity – The similarity analysis considering overall composition of *Passiflora* species in the Serra do Mar (Fig. 7a), generated a dendrogram with four groups and two isolated grids (Fig. 7b). The main group (Group 3, red) concentrates a larger of grids extends all along the Serra do Mar area and groups broad-distribution species, such as *P. alata* Curtis, *P. amethystina* Mikan, *P. capsularis* L., *P. edulis* Sims, *P. haematostigma* Mart. ex Mast., *P. mediterranea* Vell., *P. porophylla* Vell. and *P. suberosa* subsp. *litoralis* (Kunth) Port.-Utl. ex M.A.M. Azevedo, Baumgratz & Gonçalves. While Groups one, two and four are differentiated based on the composition in the northeast region of the Serra do Mar, harboring a variety of species with more

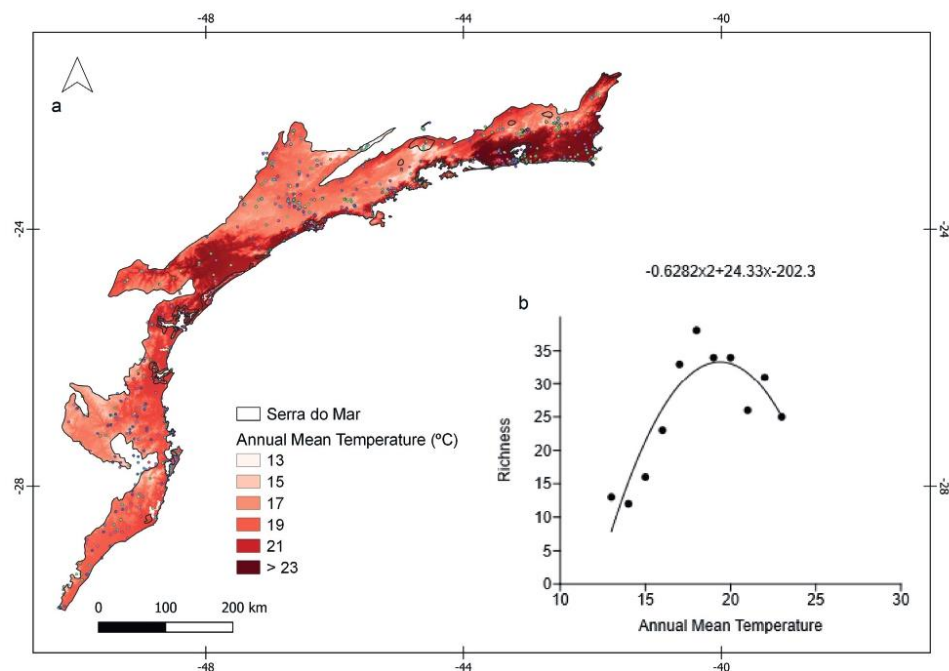


Figure 5. a. Annual Mean Temperature in the Serra do Mar, Brazil; b. *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.) species richness by annual mean temperature level in the Serra do Mar, South and Southeast Brazil.

Diversity of the *Passiflora* L. in the Serra do Mar ecoregion and the relationships with environmental gradients, South and Southeast, Brazil

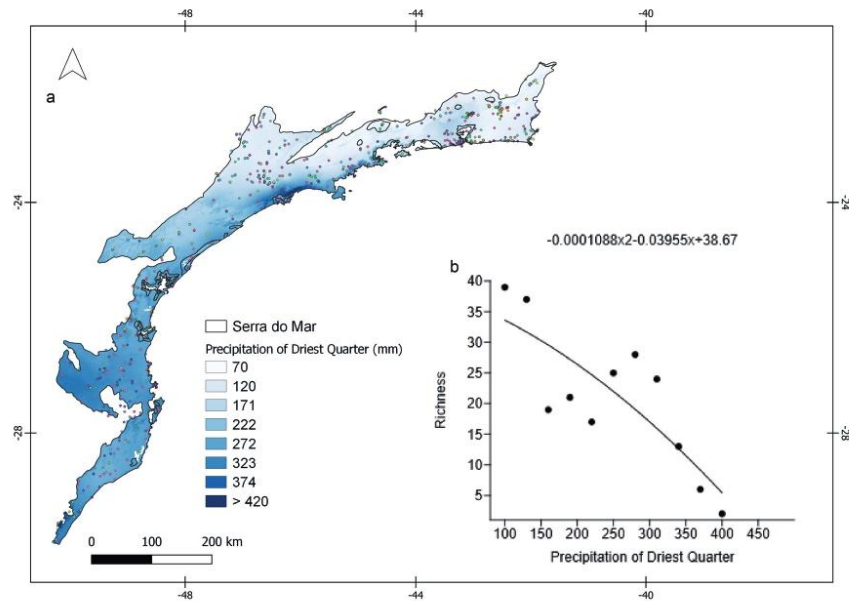


Figure 6. a. Precipitation of Driest Quarter in the Serra do Mar, Brazil; b. *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.) species richness by precipitation of driest quarter level in the Serra do Mar, South and Southeast Brazil.

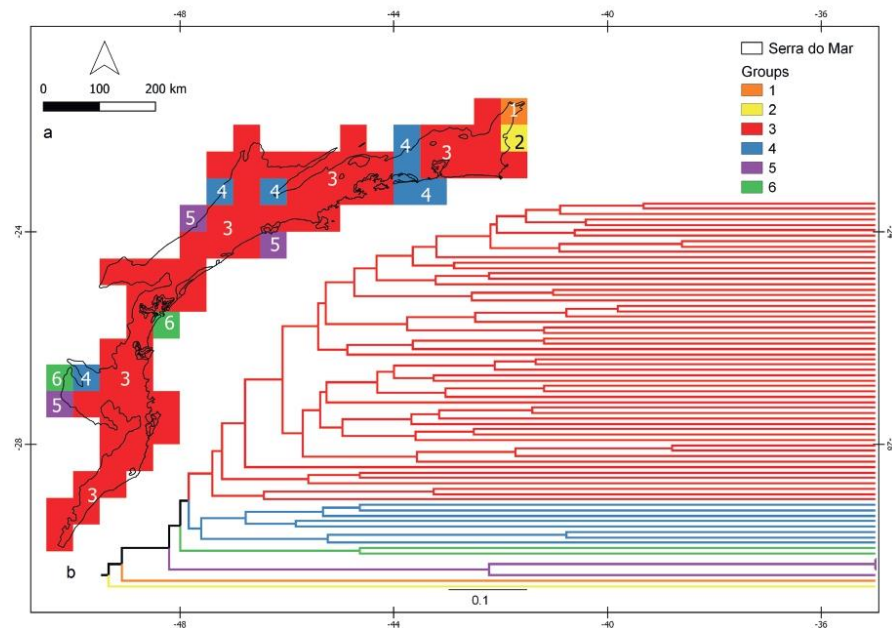


Figure 7. a. Similarity map in the composition of *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.) species obtained by the UPGMA method with grids (0.50° x 0.50°) of occurrence in the Serra do Mar, Brazil; b. Similarity dendrogram generated through the Jaccard index.



**Natália Brandão Gonçalves Fernandes, Andreza Magro Moraes
and Michaele Alvim Milward-de-Azevedo**

Table 3. Distribution and threat assessment of the endemic species of *Passiflora* L. from the Atlantic Rain Forest occurring in the Serra do Mar, Southeast and South, Brazil. Being: EOO = Extent of Occurrence; AOO = Area of Occupancy; CR = Critically Endangered; DD = Data Deficient; EN = Endangered; LC = Least Concern; NT = Nearly Threatened; VU = Vulnerable; EW = Extinct in the Wild; NE = Not Evaluated.

Species	Distribution range (km ²)		Suggested Categories	Suggested Criteria	Official Categories	Reference
	EOO	AOO				
<i>Passiflora actinia</i> Hook	206,404	228	-	-	EN/VU	CONSEMA (2003; 2014), SEMA (2014) – EN/ Durigon <i>et al.</i> (2009) – VU
<i>Passiflora catharinensis</i> Sacco	119,424	40	-	-	VU	CONSEMA (2014)
<i>Passiflora cervii</i> M.A.Milward-de-Azevedo	119,902	36	LC/EN	B2ab (ii,iii)	NE	Present study
<i>Passiflora deidamioides</i> Harms	17,361	52	-	-	EN	Milward-de-Azevedo and Fernandes (2021)
<i>Passiflora elliptica</i> Gardner	20	12	EN	B1b (i,ii,iii) + 2ab (ii,iii)	NE	Present study
<i>Passiflora farneyi</i> Pessoa & Cervi	128	36	EN	B1b (ii,iii) + 2b (i,iii)	VU	Martinelli <i>et al.</i> (2018)/ Present study
<i>Passiflora filamentosa</i> Cav.	5,425	16	-	-	Rara	Bernacci <i>et al.</i> (2005)
<i>Passiflora imbeana</i> Sacco	7,234	28	VU/EN	B1b (ii, iii) + B2b (ii, iii)	EN	CNCFlora (2012b)/ Martinelli and Moraes (2013) Martinelli <i>et al.</i> (2018), Milward-de-Azevedo and Fernandes (2021), MMA (2022), Present study
<i>Passiflora ischnoclada</i> Harms	851	28	EN	B1ab(i, ii, iii) + B2b (i, ii, iii)	CR/VU	CNCFlora (2012c), MMA (2022), SMA-SP (2016), MMA (2008) – CR / Biodiversitas (2005) – VU/ Present study.
<i>Passiflora junqueirae</i> Imig & Cervi	< 1	8	-	-	EN	Milward-de-Azevedo and Fernandes (2021)
<i>Passiflora lepidota</i> Mast.	-	-	-	-	DD	
<i>Passiflora loefgrenii</i> Vitta	9,613	60	-	-	NE	
<i>Passiflora marginata</i> Mast.	9,525	24	-	-	EN	Bernacci (2003)
<i>Passiflora mediterranea</i> Vell.	189,061	356	-	-	NE	
<i>Passiflora mendoncae</i> Harms	96,895	128	-	-	VU	Bernacci (2003)
<i>Passiflora odontophylla</i> Harms ex Glaz.	-	-	-	-	NE	
<i>Passiflora ovalis</i> Vell. ex M.Roem	10,137	64	-	-	VU	Bernacci (2003)
<i>Passiflora pentagona</i> Mast.	12,921	84	-	-	VU	Bernacci (2003)
<i>Passiflora racemosa</i> Brot.	41,641	144	-	-	VU	CNCFlora (2012d) - SMA-SP (2004)
<i>Passiflora reitzii</i> Sacco	-	-	DD	-	Rare/VU	Cervi (1997) – Rare/ CONSEMA (2014) – VU/ Present study – data deficient to make an assess of its risk of extinction
<i>Passiflora rhamnifolia</i> Mast.	34.905	68	-	-	NE	
<i>Passiflora setulosa</i> Killip	-	-	-	-	EW	Bernacci (2003), SMA-SP (2004)
<i>Passiflora sidifolia</i> M.Roem.	56.549	116	-	-	NE	
<i>Passiflora truncata</i> Regel	175.653	164	LC/EN	B2b(ii,iii)	EN	Milward-de-Azevedo and Fernandes (2021). Present study
<i>Passiflora vellozoi</i> Gardner	174.747	84	-	-	NE	



Diversity of the *Passiflora* L. in the Serra do Mar ecoregion and the relationships with environmental gradients, South and Southeast, Brazil

restricted distribution such as *P. catharinensis*, *P. farneyi*, *P. filamentosa*, *P. imbeana* and *P. ischnoclada*. It is possible to observe that the northeast portion of the Serra do Mar encompasses more heterogeneous areas regarding species composition. Meanwhile, the Center-West and Southwest areas of the range are characterized as presenting more homogeneity. Groups five and six presented a few species concerning other areas, which is why they turned into distinct groups.

Discussion

Spatial analysis - In this study, we found the greater richness of *Passiflora* in the areas comprised of the massifs inside the Serra do Mar and exactly where the main Conservation Units are (Tijuca National Park, Serra dos Órgãos National Park, Serra da Bocaina National Park, Serra do Mar State Park and Três Picos State Park). The so-called “mar de morros”, in the Serra do Mar, shows that hillockes complexes represent the main landscapes in the Atlantic Forest (Graeff 2015). The distribution of species in an altitude gradient, defined by terrain characteristics, can show evident distinctions in diversity along a mountain (Grytnes 2003). Thus, the Serra do Mar terrain structure becomes a relevant factor in the distribution of climbing plants, since that *Passiflora* species significantly respond to altitude gradients (Ocampo *et al.* 2010; Moraes *et al.* 2018; 2020; Fernandes *et al.* 2022).

Fernandes *et al.* (2022), in a study concerning the species richness of *Passiflora* as a function of altitude in an area within the Serra Mar, found higher species richness in the middle part of the gradient. Meanwhile, in this study, we found a negative correlation, where richness decreased with increasing altitude. However, our results corroborate with the demonstrated by Moraes *et al.* (2020), in which there is *Passiflora* richness reduction with increasing altitude, and other lianas studies also found similar patterns, such Malizia *et al.* (2004), Hernández *et al.* (2012), Carvalho and Melis (2013) and Sainge *et al.* (2019).

The temperature was a relevant factor in understanding the distribution of *Passiflora*, we found the highest species richness where the average annual temperature varies between 19 °C and 23 °C. Places with very low temperatures present a deficit in the water balance because they do not maintain the same humidity as warmer areas and cause lianas to establish themselves better in places with higher temperatures (Stephenson 1990; Barry 1992; Hu and Riveros-Iregui 2016). An example of this is those very low temperatures can impede the water conductance of liana species, which explains the low richness found in this study (Ewers 1985).

In contrast to the result found for temperature, the Precipitation of Driest Quarter showed a negative correlation with *Passiflora* species richness. We observed

a decrease in the number of species as we moved south of the Serra do Mar, where the highest rainfall was recorded in the driest period. Even so, the areas in this region suffer less influence from the variation in relief (Pandolfo *et al.* 2002), while the north portion of the Serra do Mar sustains the areas humidity in these periods through orographic rains and fogs.

Studies such as the one by Arcova *et al.* (2021) and Cortines *et al.* (2011) point to fog as a water source for vegetation during all months of the year, which maintains the area's humidity in drier periods. In addition, water droplets suspended in the air and intercepted by the canopy commonly occur in Ombrophilous Forests and are called hidden rain, contributing to the maintenance of the area's water resource (Pereira *et al.* 2016).

Conservation - According to studies and Official National and State Lists (SEMA/GTZ-PR 1995; Cervi 1997; CONSEMA 2003; Bernacci 2003; SMA-SP 2004; Bernacci *et al.* 2005; Durigon *et al.* 2009; CNCFlores 2012a; Martinelli & Moraes 2013; List of Endangered Flora in the States of Rio Grande do Sul (CONSEMA 2003; SEMA 2014) and Santa Catarina (CONSEMA 2014; Martinelli *et al.* 2018; Milward-de-Azevedo & Fernandes 2021), at least 21 species found in the Serra do Mar area are classified in some level of threat. An example is *P. farneyi*, restricted to *Restinga* vegetation. It is worth highlighting that this type of vegetation has been suffering significant losses of habitat due to urban expansion and real estate speculation in the *Restinga* areas, further threatening endemic and restricted species (Leme 2000; Guerra 2005; Ribeiro & Oliveira 2009).

Passiflora elliptica is solely restricted to the municipality of Rio de Janeiro, occurring in the areas of Tijuca National Park (Mezzonato-Pires *et al.* 2020) and no evaluation was made as to its status of endangerment. Thus, we indicate this species as “Endangered”, due to the quantity of specimens found and the small number of locations where they were encountered following the IUCN category criteria (IUCN 2022). Of the species found which are endemic to the Atlantic Domain seven others, in addition to *P. elliptica* were not evaluated as being endangered nor were they mentioned on any national or state list or study.

Another species presented as rare, according to Cervi (1997), was *P. reitzii*, found in the forests on the slopes of the Serra do Mar and is represented in this study by only one record and no calculation was possible to determine its status of endangerment. However, the date of the last record is 1957, thus the species can be considered as CR*, a classification which indicated that, in addition to the species being “Critically Endangered”, there is also the possibility of extinction, as there are no new records of collection over the last 30 years, ensuring its legal protection and conservation actions (IUCN 2022; Penedo *et al.* 2015; Martinelli & Moraes 2013).

Pointed out as “Endangered” for the State of Rio Grande do Sul, on the Official List of Native Flora Species in Danger



Natália Brandão Gonçalves Fernandes, Andreza Magro Moraes
and Michaele Alvim Milward-de-Azevedo

of Extinction (SEMA 2014), *P. actinia* was one of the species with the largest number of records along the Serra do Mar (11 grids). However, most of these records are in Brazil's Southeast Region, which explains the presence of this species in the endangered categories in the South of the country.

In this study, we suggested four endemics species for the Serra do Mar: *P. elliptica* and *P. ischnoclada* recorded in the Ombrophilous Forest, *P. farneyi* in Restinga vegetation, and *P. imbeana* Sacco in ecotones between Highland Fields and Upper Montane Ombrophilous Forest. The heterogeneity of vegetation in the Serra do Mar ecoregion contributes to the occurrence of several endemic taxa (Garcia & Pirani 2005). Characteristics of these phytophysiognomes are determined by terrain formation and may differ according to the altitude and latitude (Ivanauskas & Assis 2009; IBGE 2012).

Similarity - In a study performed by Moraes *et al.* (2020), for the Serra da Mantiqueira, a similarity analysis of floristic composition indicated two well-defined groups (Northern and Southern) and an isolated group, which corroborates with the geomorphological division of the range (Machado-Filho *et al.* 1983). The Northern portion presents greater richness and a more heterogeneous composition of *Passiflora* species, while the Southern portion points to less variation of richness and greater homogeneity in composition (Moraes *et al.* 2020). Compared with the Serra do Mar, the Northeast and North areas, adjacent to the Northern and Southern portions of the Serra da Mantiqueira, showed material heterogeneity, also related to the greater richness of *Passiflora* species. The homogeneity in the floristic composition of the Serra do Mar is observed only in the areas more to the Central-West and Southwest of the range.

In this study performed by Moraes *et al.* (2020) 42 species were found in common with this study, most of them belonging to the Ombrophilous Forest at altitudes above 500 m.a.s.l., which can be explained by the proximity between the two ranges. The change in vegetation composition and questions covered related to terrain explain the heterogeneity of the species clusters in the Northeastern part of the Serra do Mar and point to the fact that the Ombrophilous Forest regions are made up of more homogeneous groups. This can be observed by the number of species restricted to Brazil's Southeast Region, where terrain is rugged.

Considerations - We presented the analysis of all *Passiflora* species recorded thus far in data bases for the Serra do Mar. Rainfall levels and terrain conditions are factors that influence the distribution of these species. In this study, we point to the fact that the Southeast Region showed the greatest richness and collection effort in the area, precisely in the regions where there is the greatest rainfall and variation in altitude. The State of Rio de Janeiro recorded the largest number of endemic species in the Serra do Mar.

A considerable portion of the species found in this study were presented on lists indicating endangered flora taxa. We also suggest including *P. elliptica* and *P. reitzii*, which are found only in Rio de Janeiro and Santa Catarina, respectively, on the lists of endangered species. It is also important to consider the species with insufficient data to make AOO and EOO calculations and revise them regarding their degree of threat.

The richness of *Passiflora* species, including those which are endemic to the Atlantic Forest, reveals the importance of the Serra do Mar area for conservation. Filling collection gaps in the South Region is also necessary to express and understand the diversity of these species in the range areas.

Supplementary Material

Table S1 - List of municipalities that are part of the original boundary of Serra do Mar ecoregion, South and Southeast Brazil. Presence=1; Absence=0.

Acknowledgements

To Dr. Luiz Menini, Dr. Dulce Mantuano and Dr. Leonardo Meireles, for considerations and suggestions. This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brazil - Finance Code 001.

References

- Arcova FCS, Galvani E, Ranzini M, de Cicco V. 2021. Avaliação da precipitação oculta na Serra do Mar com coletores passivos de nevoeiro. *Revista Brasileira De Climatologia*, 25. doi: 10.5380/abclima.v25i0.64388
- Bachman S, Moat J, Hill A, de la Torre J, Scott B. 2011. Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: Geospatial conservation assessment tool. *ZooKeys* 150: 117-126. doi: 10.3897/zookeys.150.2109
- Barros AAM, Ribas LA, Araujo DSD. 2009. Trepadeiras do Parque Estadual da Serra da Tiririca, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 60: 681-694.
- Barry RG. 1992. Mountain weather and climate. 2nd. edn. London, Routledge.
- Bernacci LC, Vitta FA. 1999. Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil): 54. *Passifloraceae*. *Hoehnea* 26: 135-147.
- Bernacci LC. 2003. *Passifloraceae*. In: Wanderley MGL, Shepherd GJ, Giulietti AM, Melhem TS (eds.). *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. São Paulo, Fapesp, Rima. p. 247-274.
- 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 (eds.). *Maracujá: Germoplasma e melhoramento genético*. Planaltina, EMBRAPA. p. 559-586
- Bernacci LC, Nunes TS, Mezzonato AC, Milward-de-Azevedo MA, Imig DC, Cervi AC. 2020. *Passifloraceae in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. 12 Mar. 2022.
- Biodiversitas - Fundação Biodiversitas. 2005. Lista da flora brasileira ameaçada de extinção segundo avaliação no workshop da fundação. Biodiversitas. http://www.biodiversitas.org.br/florabr/lista_florabr.pdf. 8 Jan. 2022.



**Diversity of the *Passiflora* L. in the Serra do Mar ecoregion and the relationships
with environmental gradients, South and Southeast, Brazil**

- Braak CJ. 1987. The analysis of vegetation-environment relationship by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69: 69-77. doi: 10.1007/BF00038688
- Carvalho PG, Melis J. 2013. Critérios para amostragem de lianas: Comparação e estimativa de abundância e biomassa de lianas no Cerrado. *Revista Árvore* 37: 1037-1043. doi: 10.1590/S0100-67622013000600005
- Cervi AC. 1981. Revision del genero *Passiflora* L. (Passifloraceae) del Estado de Parana - Brasil. Tese de Doutorado, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- Cervi AC. 1992. Passifloraceae. In: Melo MM, da RF. Flora Fanerogâmica da Ilha do Cardoso. São Paulo, Instituto Botânica. p. 11-20.
- Cervi AC. 1997. Passifloraceae do Brasil. Estudo do genero *Passiflora* L. subgenero *Passiflora*. *Fontqueria* 45: 92.
- Cervi AC. 2000. O estudo das Passifloraceae Brasileiras: O subgenero *Dysosmiodendron* Killip do genero *Passiflora* L. para o Brasil. *Estudos de Biologia* 45: 91-115
- Cortines E, Pereira AL, Santos PRO, Santos GL, Valcarcel R. 2011. Vegetação arbórea em vertentes com orientação norte e sul na Floresta Montana, Nova Friburgo-RJ. *Floresta e Ambiente* 18: 428-437.
- CNCFlora - Centro Nacional de Conservação da Flora. 2012a. Lista Vermelha. Disponível em <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal>>
- CNCFlora - Centro Nacional de Conservação da Flora. 2012b. *Passiflora imbeana* in Lista Vermelha da flora brasileira. [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora imbeana](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora%20imbeana). 2 Feb. 2022.
- CNCFlora - Centro Nacional de Conservação da Flora. 2012c. *Passiflora ischnoclada* in Lista Vermelha da flora brasileira. [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora ischnoclada](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora%20ischnoclada). 2 Feb. 2022.
- CNCFlora - Centro Nacional de Conservação da Flora. 2012d. *Passiflora racemosa* in Lista Vermelha da flora brasileira. [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora racemosa](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Passiflora%20racemosa). 2 Feb. 2022.
- CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. 2003. Decreto Estadual CONSEMA 42.099 de 2002: Espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no estado do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul.
- CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina. 2014. Resolução n. 51/2014. Lista oficial das espécies da flora ameaçada de extinção no estado de Santa Catarina. Santa Catarina, Diário Oficial de Santa Catarina.
- Dinerstein E, Olson DM, Graham DJ, Web-ster AL, Primm SA, Bookbinder MP, Ledec G. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones terrestres de América latina y el Caribe. Washington, WWF - World Bank.
- Durigan J, Canto-Dorow T, Eisinger S. 2009. Composição florística de trepadeiras ocorrentes em bordas de fragmentos de floresta estacional, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rodriguésia* 60: 415-422. doi: 10.1590/2175-7860200960213
- Ewers FW. 1985. Xylem structure and water conduction in conifer trees, dicot trees, and lianas. *IAWA Bulletin New Series* 6: 309-371.
- Fernandes NBG, Yazbeck G, Milward-de-Azevedo MA. 2022. Taxonomic diversity of Passifloraceae sensu stricto along altitudinal gradient and on Serra dos Órgãos mountain slopes in southeastern Brazil. *Rodriguésia* 73: e00702021. doi: 10.1590/2175-7860202273057
- Fick SE, Hijmans RJ. 2017. WorldClim 2: New 1-km Spatial Resolution Climate Surfaces for Global Land Areas. *International Journal of Climatology* 37: 4302-4315. doi: 10.1002/joc.5086
- Garcia RJE, Pirani JR. 2005. Análise florística, ecológica e fitogeográfica do Núcleo Curucutu, Parque Estadual da Serra do Mar (São Paulo, SP), com ênfase nos campos junto à crista da Serra do Mar. *Hoehnea* 32: 1-48.
- Graeff O. 2015. Fitogeografia do Brasil: Uma atualização de bases e conceitos. Nau Editora.
- Grytnes JA. 2003. Species-richness patterns of vascular plants along several altitudinal transects in Norway. *Ecography* 26: 291-300.
- Guerra MF. 2005. Conflitos Ambientais em Fronteiras Urbanas: O caso do Parque Natural Municipal de Grumari, RJ. MSc Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2008. PAST - Paleontological Statistics, ver. 1.81 <http://folk.uio.no/chammer/past>. 10 Dec. 2021.
- Hernández L, Dezzee N, Sanoja E, Salazar L, Castellanos H. 2012. Changes in structure and composition of evergreen forests on an altitudinal gradient in the Venezuelan Guayana Shield. *Revista de Biología Tropical* 60: 11-33.
- Hu J, Riveros-Iregui DA. 2016. Life in the clouds: Are tropical montane cloud forests responding to changes in climate? *Oecologia* 180: 1061-1073.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Imig DC, Cervi AC. 2014. A new species of *Passiflora* L. (Passifloraceae), from Espírito Santo, Brazil. *Phytotaxa* 186: 292-296
- IUCN - International Union for Conservation of Nature. 2022. Red List Categories - IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. http://www.iucnredlist.org/documents/redlist_cats_crit_sp.pdf. 30 Jan. 2022
- Ivanauskas NM, Assis MC. 2009. Formações florestais brasileiras. In: Martins SV (ed.). *Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil*. Viçosa, Editora UFV. p. 74-108.
- Kessler M. 2002. The elevational gradient of Andean plant endemism: varying influences of taxon-specific traits and topography at different taxonomic levels. *Journal of Biogeography* 29: 1159-1165. doi: 10.1046/j.1365-2699.2002.00773.x
- Laffan S, Lubarsky E, Rosauer D. 2010. Biodiverse: A tool for the spatial analysis of biological and other diversity. *Ecography* 33: 643-647.
- Leme EMC. 2000. Bromélias da Mata Atlântica - Nidularium. Rio de Janeiro, Editora Sextante.
- Lomolino M. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and 54 prospective views. *Global Ecology and Biogeography* 10: 3-13.
- Machado-Filho L, Ribeiro MW, Gonzalez SR. 1983. Geologia. In: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, Vitória, Folhas SF p. 23-24.
- Mäder G, Lorenz-Lemke AL, Cervi AC, Freitas LB. 2009. Novas ocorrências e distribuição do genero *Passiflora* L. no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 7: 364-367.
- Martinelli G, Moraes MA. 2013. Livro vermelho da flora do Brasil. Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://cncflora.jbrj.gov.br>. 8 Jan. 2022.
- Martinelli G, Martins E, Moraes M, Loyola R, Amaro R (org.). 2018. Livro vermelho da flora endêmica do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Malizia A, Chacoff NP, Grau HR, Brown AD. 2004. Vegetation recovery on a gas-pipeline track along an altitudinal gradient in the Argentinean Yungas forests. *Ecological Austral* 14: 165-178.
- McCain CM. 2009. Global analysis of bird elevation diversity. *Global Ecology and Biogeography* 18: 346-360. doi: 10.1111/j.1466-8238.2008.00443.x
- Mezzonato-Fires AC, Milward-De-Azevedo MA, Mendonça CBE, Gonçalves-Esteves V. 2020. A taxonomic revision of *Passiflora* subgenus *Astrophea* (Passifloraceae sensu stricto) in Brazil. *Phytotaxa* 473: 60. doi: 10.11646/phytotaxa.473.1.1
- Milward-de-Azevedo MA, Baumgratz JFA. 2004. *Passiflora* L. subg. Decaloba (DC.) Rchb. (Passifloraceae) na região Sudeste. *Rodriguésia* 55: 17-54.
- Milward-de-Azevedo MA, Gonçalves-Esteves V, Baumgratz JFA. 2004. Palinotaxonomia das espécies de *Passiflora* L. subg. Decaloba (DC.) Rchb. (Passifloraceae) no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 655-665.
- Milward-de-Azevedo MA, Baumgratz JFA, Gonçalves-Esteves V. 2012. A taxonomy revision of *Passiflora* subgenus Decaloba (Passifloraceae) in Brazil. *Phytotaxa* 53: 68.
- Milward-de-Azevedo MA, Fernandes NBG. 2021. New records and conservation of *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.) in Rio de Janeiro, Brazil. *Neotropical Biology and Conservation* 16: 115-128. doi: 10.3897/neotropical.16.e62045
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2008. Instrução Normativa n. 6, de 23 de setembro de 2008. Espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção e com deficiência de dados, Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 set. 2008. Seção 1, p.75-83.



**Natália Brandão Gonçalves Fernandes, Andreza Magro Moraes
and Michael Alvim Milward-de-Azevedo**

- MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2022. Portaria MM n. 148, de 7 de junho de 2022. Atualização da lista de espécies da flora ameaçada de extinção. Diário Oficial da União, 08/06/2022, Anexo 1, p. 2-116.
- Mondin C, Cervi A, Moreira G. 2011. Sinopse das espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae) do Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Biociências 9: 3-27.
- Moraes AM, Milward-de-Azevedo MA, Faria APG. 2018. Passifloraceae *sensu stricto* no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia 69: 815-840. doi: 10.1590/2175-7860201869238
- Moraes AM, Milward-de-Azevedo MA, Menini-Neto L, de Faria AP. 2020. Distribution patterns of *Passiflora* L. (Passifloraceae s.s.) in the Serra da Mantiqueira, Southeast Brazil. Brazilian Journal of Botany 43: 999-1012. doi: 10.1007/s40415-020-00665-w
- Nunes TS. 2009. Estudos sistemáticos em *Passiflora* L. Subgênero *Deidamioides* (Harms) Killip (Passifloraceae). PhD thesis, Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil.
- Ocampo-Pérez J, d'Eeckenbrugge G, Restrepo M, Jarvis A, Salazar M, Caetano C. 2007. Diversity of Colombian Passifloraceae: Biogeography and an updated list for conservation. Biota Colombiana 8: 45.
- Ocampo J, d'Eeckenbrugge G, Andy J. 2010. Distribution of the Genus *Passiflora* L. Diversity in Colombia and Its Potential as an Indicator for Biodiversity Management in the Coffee Growing Zone. Diversity 2: 1158-1180. doi: 10.3390/d2111158.
- Pandolfo C, Braga HJ, Silva-Júnior VP, Massignan AM, Pereira ES, Thomé VM, Valci FV. 2002. Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, Epagri.
- Penedo TS de A, Moraes M d'Ávila de, Borges RAX, Maurenza D, Judice DM, Martinelli G. 2015. Considerations on extinct species of Brazilian flora. Rodriguésia 66: 711-715. doi: 10.1590/2175-7860201566304.
- Pereira CR, Valcarcel R, Barboza RS. 2016. Quantificação da Chuva oculta na Serra do Mar, estado do Rio de Janeiro. Ciência Florestal 26: 1061. doi: 10.5902/1980509824995.
- Pessoa SVA. 1994. Passifloraceae. In: Lima MPM, Guedes-Bruni RR. Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo - RJ, Aspectos Florísticos das Espécies Vasculares 1: 315-322.
- Pessoa SVA. 1996. Passifloraceae. In: Marques MCM, Vaz AS, Marquete R. Flórua da APA Cairuçu, Parati, RJ: espécies vasculares. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, p. 388-395. (Série estudos e contribuições 14).
- QGIS DEVELOPMENT TEAM Geographic Information System. 2020. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.org>. 8 Jan. 2022.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.Rproject.org/>. 8 Jan. 2022.
- RBMA - Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. 2008. Revisão da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica-Fase VI/2008. <http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/RBMAFaseVI>. 8 Jan. 2022.
- Ribeiro G, Oliveira LD. 2009. As Territorialidades da Metrópole no Século XXI: Tensões entre o Tradicional e o Moderno na Cidade de Cabo Frio-RJ. Geo UERJ 3: 108-127. doi: 10.12957/geouerj.2009.1431
- Sainge MN, Lyonga NM, Mbatchou GPT, Kenfack D, Nchu F, Peterson AT. 2019. Vegetation, floristic composition and structure of a tropical montane forest in Cameroon. Bothalia - African Biodiversity & Conservation 49: 12. doi: 10.4102/abc.v49i1.2270
- SMA-SP - Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo. 2004. Resolução SMA n. 48. São Paulo, Lista oficial das espécies da flora do Estado de São Paulo ameaçadas de extinção, Diário Oficial do Estado de São Paulo.
- SMA-SP - Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo. 2016. Resolução SMA n. 57 de 2016. Lista oficial das espécies da flora do Estado de São Paulo ameaçadas de extinção, São Paulo, Diário Oficial do Estado de São Paulo.
- Sacco JC. 1962. Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul: Passifloraceae, Parte 4. Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 7-29.
- Sacco JC. 1980. Passifloráceas. In: REITZ R (ed.). Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues, p. 1-130.
- SEMA - Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. 2014. Decreto nº 52.109, de 1º de dezembro de 2014. Rio Grande do Sul, Espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul.
- SEMA/GTZ PR - Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Paraná & Deutsche Gesellschaft Technische Zusammenarbeit. 1995. Lista Vermelha de Plantas Ameaçadas de Extinção no Estado do Paraná, Curitiba.
- Sobral-Souza T, Francini RB, Lima-Ribeiro MS. 2015. Species extinction risk might increase out of reserves: allowances for conservation of threatened butterfly *Actinote quadra* (Lepidoptera: Nymphalidae) under global warming. Natureza & Conservação 13: 159-165. doi: 10.1016/j.ncon.2015.11.009
- Stephenson NL. 1990. Climatic control of vegetation distribution: The role of the water balance. American Naturalist 135: 649-670.
- WWF - World Wide Fund for Nature. 2008. Visão da Biodiversidade da Ecorregião Serra do Mar. Domínio Fitogeográfico Mata Atlântica.



APÊNDICE - Lista de municípios que pertencem aos limites originais da ecorregião da Serra do Mar, Brasil.

Município	Estado	Latitude	Longitude	Pres/Aus
Adrianópolis	PR	-24.657200	-48.991100	1
Agrolândia	SC	-27.450833	-49.862222	1
Agronômica	SC	-27.265000	-49.711111	0
Águas de lindóia	SP	-22.469999	-46.630001	1
Águas mornas	SC	-27.718889	-48.871389	1
Alfredo Wagner	SC	-27.628889	-49.445556	1
Aluminio	SP	-23.535000	-47.261944	0
Américo de Campos	SP	-20.298889	-49.731944	0
Amparo	SP	-22.700000	-46.759998	1
Angelina	SC	-27.524445	-49.122222	1
Angra dos Reis	RJ	-23.006701	-44.318100	1
Anitápolis	SC	-27.901899	-49.128601	1
Antonina	PR	-25.238333	-48.806944	1
Antonio Carlos	SC	-25.428600	-48.711899	1
Aparecida	SP	-22.848056	-45.227500	0
Apiúna	SC	-27.035556	-49.389722	0
Araçariguama	SP	-23.438889	-47.060833	0
Araquari	SC	-26.370001	-48.722198	1
Araranguá	SC	-28.934700	-49.485801	1
Araruama	RJ	-22.936389	-42.293889	1
Areal	RJ	-22.230556	-43.105556	0
Areias	SP	-22.580000	-44.696944	0
Armazem	SC	-28.261944	-49.017500	0
Arraial do Cabo	RJ	-22.932778	-42.255556	1
Arujá	SP	-23.389999	-46.320000	1
Ascurra	SC	-26.913611	-49.421389	1
Atalanta	SC	-27.420000	-49.781111	0
Atibaia	SP	-23.110001	-46.549999	1
Aurora	SC	-27.315000	-49.637778	0
Balneário Arroio do Silva	SC	-27.315000	-49.412778	0
Balneário do Camboriú	SC	-27.006944	-48.593333	1
Bananal	SP	-22.680000	-44.319999	1
Barra do Chapéu	SP	-25.290556	-49.006667	1
Barra do Piraí	RJ	-22.469999	-43.825600	1
Barra do turvo	SP	-24.756399	-48.504699	1
Barra Mansa	RJ	-22.590278	-44.359722	1
Barra Velha	SC	-26.632200	-48.684700	1
Barueri	SP	-23.510000	-46.869998	1
Belford Roxo	RJ	-22.763889	-43.398889	0

Benedito Novo	SC	-26.895556	-49.478889	1
Bertioga	SP	-23.854401	-46.138599	1
Biguaçu	SC	-27.450000	-48.690000	1
Biritiba Mirim	SP	-23.572778	-46.038889	0
Blumenal	SC	-26.919399	-49.066101	1
Bocaiúva do Sul	PR	-25.206100	-49.115002	1
Bom jardim	RJ	-22.151899	-42.419399	1
Bom Jesus dos Perdões	SP	-23.135000	-46.465278	0
Bombinhas	SC	-27.157801	-48.553100	1
Botuverá	SC	-27.264166	-49.028611	1
Braço do Norte	SC	-28.275000	-49.165599	1
Braço do Trombudo	SC	-27.357778	-49.885556	0
Bragança Paulista	SP	-27.137778	-48.917222	1
Brusque	SC	-27.098101	-48.917499	1
Buzios	RJ	-22.733333	-41.866666	1
Cabo Frio	RJ	-22.879400	-42.018600	1
Cabreúva	SP	-23.299999	-47.130001	1
Caçapava	SP	-22.945800	-45.514600	1
Cachoeira Paulista	SP	-27.357778	-49.885556	0
Cachoeiras de Macacu	RJ	-25.305599	-49.055302	1
Caieras	SP	-23.363889	-46.740833	0
Cajamar	SP	-23.355833	-46.876944	0
Cajati	SP	-24.735833	-48.122778	0
Camboriú	SC	-27.025000	-48.653889	0
Campina grande do Sul	PR	-25.305599	-49.055301	1
Campinas	SP	-22.900000	-47.060001	1
Campo Alegre	SC	-26.036667	-48.953333	1
Campo dos Goytacazes	RJ	-21.754199	-41.324402	1
Campo Limpo Paulista	SP	-23.206389	-46.784444	0
Campos do Jordão	SP	-22.730000	-45.590000	1
Cananéia	SP	-25.010000	-47.919998	1
Canas	SP	-22.703611	-45.055278	0
Canelinha	SC	-27.265000	-48.767778	0
Capão Bonito	SP	-24.120000	-48.380000	1
Capivari de baixo	SC	-28.444722	-48.957778	0
Caraguatatuba	SP	-23.616667	-45.416666	1
Carapicuíba	SP	-23.522500	-46.835556	0
Casimiro de Abreu	RJ	-22.480600	-42.204201	1
Cêrro Azul	PR	-24.823601	-49.261100	1
Chapadão do Lageado	SC	-27.590556	-49.553889	0
Cocal do Sul	SC	-28.601111	-49.325833	0
Conceição de Macabu	RJ	-22.085278	-41.868333	0
Corupá	SC	-26.393611	-49.354167	1

Cotia	SP	-23.600000	-46.909999	1
Criciúma	SC	-28.709167	-49.409166	1
Cubatão	SP	-23.889999	-46.419998	1
Cunha	SP	-23.070000	-44.959999	1
Diadema	SP	-23.686111	-46.622778	0
Dom Pedro de Alcântara	RS	-29.369400	-49.849700	1
Dona Emma	SC	-26.984722	-49.725556	0
Doutor Ulysses	PR	-24.566667	-49.416667	1
Duque de Caxias	RJ	-22.785556	-43.311667	0
Eldorado	SP	-24.634722	-48.407778	1
Embu	SP	-23.639999	-46.849998	1
Embu-Guaçu	SP	-23.832222	-46.811389	0
Engenheiro Paulo de Frontin	RJ	-22.498056	-43.564722	1
Ermo	SC	-28.982500	-49.643611	0
Ferraz de Vasconcelos	SP	-23.540000	-46.360000	1
Florianópolis	SC	-27.596700	-48.549198	1
Forquilha	SC	-28.748055	-49.472778	1
Francisco Morato	SP	-23.281667	-46.745278	0
Franco da Rocha	SP	-23.320000	-46.720001	1
Garopaba	SC	-28.104722	-48.680833	1
Gaspar	SC	-26.931389	-48.958889	0
Governador Celso Ramos	SC	-27.314722	-48.559167	1
Grão Pará	SC	-28.185000	-49.214722	0
Gravatal	SC	-28.331100	-49.035301	1
Guabiruba	SC	-27.085833	-48.981111	0
Guapimirim	RJ	-22.537222	-42.981944	1
Guaramirim	SC	-26.473100	-49.002800	1
Guaraqueçaba	PR	-25.306699	-48.328899	1
Guararapes	SP	-21.260833	-50.642778	0
Guaratinguetá	SP	-22.816389	-45.192500	0
Guaratuba	PR	-25.882799	-48.574699	1
Guarujá	SP	-23.993100	-46.256400	1
Guarulhos	SP	-23.459999	-46.529998	1
Garuva	SC	-26.026699	-48.855000	1
Ibirama	SC	-27.056900	-49.517799	1
Ibiúna	SP	-23.650000	-47.220001	1
Içara	SC	-28.713889	-49.300555	1
Igaratá	SP	-23.204400	-46.156100	1
Iguaba Grande	RJ	-22.839199	-42.228901	1
Iguape	SP	-24.700001	-47.549999	1
Ilhota	SC	-26.899700	-48.827201	1
Imaruí	SC	-28.341400	-48.820000	1
Imbituba	SC	-28.254444	-48.676667	1
Imbuia	SC	-27.492778	-49.423889	0

Indaial	SC	-27.116111	-49.179722	1
Indaiatuba	SP	-23.090000	-47.209999	1
Iporanga	SP	-24.579999	-48.590000	1
Itaboraí	RJ	-22.744400	-42.859400	1
Itaguaí	RJ	-22.852200	-43.775299	1
Itaiópolis	SC	-26.549722	-49.947500	1
Itajaí	SC	-26.907801	-48.661900	1
Itanhaém	SP	-24.180000	-46.779999	1
Itaóca	SP	-24.640000	-48.842778	0
Itapecerica da Serra	SP	-23.716944	-46.849167	0
Itapema	SC	-27.090300	-48.611400	1
Itapira	SP	-22.436100	-46.821700	1
Itapirapuã Paulista	SP	-24.573889	-49.168056	0
Itapoá	SC	-26.116899	-48.616100	1
Itaquaquecetuba	SP	-23.486111	-46.348333	0
Itariri	SP	-24.289200	-47.174400	1
Itatiaia	RJ	-22.496099	-44.563301	1
Itatiaia	RJ	-21.496099	-44.563301	1
Itatiba	SP	-23.005833	-46.838889	0
Itu	SP	-23.260000	-47.290000	1
Itupeva	SP	-23.153056	-47.057778	0
Ituporanga	SC	-27.540000	-49.410555	1
Jacareí	SP	-23.305278	-45.965833	1
Jacinto Machado	SC	-28.997499	-49.763599	1
Jacupiranga	SP	-24.962222	-48.414722	1
Jaguaruna	SC	-28.615000	49.025556	0
Jambeiro	SP	-23.267258	-44.643983	1
Jandira	SP	-23.527500	-46.902500	0
Japeri	RJ	-22.643056	-43.653333	0
Jaraguá do Sul	SC	-26.486099	-49.066700	1
Jarinu	SP	-23.101389	-46.728333	1
Joanópolis	SP	-22.930000	-46.270000	0
Joinville	SC	-26.305278	-48.806944	1
José Boiteux	SC	-26.958333	-49.628056	0
Jundiaí	SP	-23.230444	-46.935778	1
Juquiá	SP	-24.320833	-47.634722	0
Juquitiba	SP	-23.930000	-47.060001	1
Lagoinha	SP	-23.090556	-45.190278	1
Laguna	SC	-28.482500	-48.780800	0
Laurentino	SC	-27.216667	-49.733056	1
Lauro Muller	SC	-28.392799	-49.396702	0
Leoberto Leal	SC	-27.506944	-49.286944	0
Lindóia	SP	-22.520000	-46.650002	1
Lontras	SC	-27.166111	-49.541944	0
Lorena	SP	-22.730000	-45.119998	1
Louveira	SP	-23.086389	-46.950556	0

Luiz Alves	SC	-26.748537	-48.941177	1
Macaé	RJ	-22.370800	-41.786900	1
Magé	RJ	-22.652778	-43.040556	1
Mairinque	SP	-23.545800	-47.183300	1
Mairiporã	SP	-23.309999	-46.580002	1
Major gercino	SC	-27.418056	-48.951389	0
Mampituba	RS	-29.211389	-49.934722	0
Mangaratiba	RJ	-22.959700	-44.040599	1
Maquiné	RS	-29.674999	-50.207199	1
Maracajá	SC	-28.846667	-49.452778	0
Maricá	RJ	-22.919399	-42.818600	1
Massaranduba	SC	-26.610556	-49.008333	0
Matinhos	PR	-25.817499	-48.542801	1
Mauá	SP	-23.659999	-46.459999	1
Meleiro	SC	-28.828611	-49.635833	0
Mendes	RJ	-22.526699	-43.732800	1
Miguel Pereira	RJ	-22.453899	-43.468898	1
Miracatu	SP	-24.281389	-47.459722	0
Mirim doce	SC	-27.196389	-50.076667	0
Mogi das Cruzes	RJ	-23.522800	-46.188301	1
Mongaguá	SP	-24.080000	-46.619999	1
Monte Alegre do Sul	SP	-22.681900	-46.680800	1
Monteiro Lobato	SP	-22.956667	-45.839722	0
Morretes	PR	-25.476900	-48.834400	1
Morrinhos do Sul	RS	-29.365000	-49.934700	1
Morro da Fumaça	SC	-28.650800	-49.209999	1
Morro Grande	SC	-28.800556	-49.720833	0
Morungaba	SP	-22.880000	-46.791667	0
Natividade da Serra	RJ	-23.425767	-45.247067	1
Navegantes	SC	-26.831111	-48.638333	1
Nazaré Paulista	SP	-23.142611	-46.357889	1
Nilópolis	RJ	-22.807501	-43.413898	1
Niterói	RJ	-22.957778	-43.069722	1
Nova Friburgo	RJ	-22.466667	-42.566667	1
Nova Iguaçu	RJ	-22.759199	-43.451099	1
Nova trento	SC	-27.285833	-48.929722	0
Nova Veneza	SC	-28.708056	-49.588611	1
Orleans	SC	-28.133889	-49.479167	1
Osasco	SP	-23.532500	-46.791667	0
Osório	RS	-32.013333	-53.005833	1
Palhoça	SC	-27.645299	-48.667801	1
Papanduva	SC	-26.370300	-50.144401	1
Paracambi	RJ	-22.610833	-43.709167	0
Paraíba do Sul	RJ	-22.161900	-43.292801	1
Paraibuna	SP	-23.463889	-45.710278	1
Paranaguá	PR	-25.520000	-48.509167	0

Paraty	RJ	-23.333333	-44.816667	1
Paraty	RJ	-23.333334	-43.816667	1
Pariquera-Açu	SP	-24.800417	-47.848333	1
Passo de Torres	SC	-29.335000	-49.722778	0
Paty do Alferes	RJ	-22.443611	-43.383889	1
Paulo Lopes	SC	-27.973333	-48.687778	1
Pedra Bela	SP	-22.745069	-46.399442	1
Pedras Grandes	SC	-28.435833	-49.185000	0
Pedreira	SP	-22.741900	-46.901400	1
Pedro de Toledo	SP	-24.274722	-47.232778	0
Penha	SC	-26.801944	-48.616388	1
Peruíbe	SP	-26.802806	-48.596694	1
Petrolândia	SC	-27.535278	-49.698056	0
Petrópolis	RJ	-22.902800	-43.207500	1
Piçarras	SC	-26.763889	-48.671667	0
Piedade	SP	-23.711944	-47.427778	1
Pilar do Sul	SP	-23.813056	-47.716389	0
Pindamonhagaba	SP	-22.923900	-45.461700	1
Piracaia	SP	-23.053900	-46.358100	1
Piraí	RJ	-22.629199	-43.898102	1
Pirapora do Bom Jesus	SP	-23.396944	-47.002222	1
Piraquara	PR	-25.441699	-49.063301	1
Poá	SP	-23.528056	-46.344722	0
Pomerode	SC	-26.740556	-49.176944	0
Pontal do Paraná	PR	-25.673599	-48.511101	1
Porto Belo	SC	-27.203333	-48.741667	1
Potim	SP	-22.842778	-45.251389	0
Pouso redondo	SC	-27.334444	-49.942222	1
Praia Grande	SC	-29.196667	-49.950278	1
Praia Grande	SP	-24.005800	-46.402800	1
Presidente Getúlio	SC	-27.050556	-49.622778	0
Presidente Nereu	SC	-27.270000	-49.410556	1
Quatro Barras	PR	-25.365601	-49.076900	1
Queimados	RJ	-22.716111	-43.555278	0
Quissamã	RJ	-22.106667	-41.472222	0
Redenção da Serra	SP	-23.266944	-45.536667	0
Registro	SP	-24.487500	-47.843600	1
Resende	RJ	-22.468901	-44.446701	1
Ribeira	SP	-24.656944	-49.008889	1
Ribeirão Pires	SP	-23.710556	-46.413333	0
Rio Bonito	RJ	-22.708611	-42.609722	1
Rio Branco do Sul	PR	-25.190001	-49.314201	1
Rio Claro	RJ	-22.871111	-44.149444	1
Rio das Ostras	RJ	-22.526899	-41.945000	1
Rio de Janeiro	RJ	-22.902799	-43.207500	1

Rio do campo	SC	-26.828611	-49.987500	1
Rio do Oeste	SC	-27.193400	-49.797000	0
Rio do Sul	SC	-27.214199	-49.643100	1
Rio dos Cedros	SC	-26.676944	-49.318056	1
Rio Fortuna	SC	-28.158056	-49.047778	1
Rio Grande da Serra	SP	-23.739999	-46.389999	1
Rio negrinho	SC	-26.254444	-49.518333	0
Rodeio	SC	-26.910278	-49.411388	1
Roseira	SP	-22.898056	-45.305278	0
Salesópolis	SP	-23.532200	-45.846400	1
Salete	SC	-26.980000	-49.999722	0
Salto	SP	-23.186111	-47.307222	1
Salto do Pirapora	SP	-23.648889	-47.573333	0
Sangão	SC	-28.637778	-49.129167	0
Santa Branca	SP	-23.396700	-45.883900	1
Santa Isabel	SP	-23.389999	-45.880001	1
Santa Maria Madalena	RJ	-21.955299	-42.008099	1
Santa Rosa de Lima	SC	-27.993889	-49.160278	1
Santa Rosa do Sul	SC	-29.136111	-49.700000	0
Santa Terezinha	SC	-26.730278	-49.950556	1
Santana de Parnaíba	SP	-23.444167	46.917778	0
Santo Amaro da Imperatriz	SC	-27.821667	-48.896944	1
Santo André	SP	-23.783333	-46.316667	1
Santo Antônio do Pinhal	SP	-22.827222	-45.662500	0
Santos	SP	-23.959999	-46.330002	1
Santos	SP	-23.959999	-46.330002	1
São Bernardo do Campo	SP	-23.690001	-46.560001	1
São Bonifácio	SC	-27.876389	-48.864167	1
São Caetano do sul	SP	-23.623056	-46.551111	0
São Fidelis	RJ	-21.646111	-41.746944	0
São Francisco do Sul	SC	-26.166389	-48.530278	1
São Gonçalo	RJ	-22.860556	-42.881944	1
São João Batista	SC	-27.276100	-48.849400	1
São João de Meriti	RJ	-22.803900	-43.372200	1
São João do Itaperiú	SC	-26.548055	-48.776667	1
São João do Sul	SC	-29.223301	-49.810001	1
São José	SC	-27.615299	-48.627499	1
São José do Barreiro	SP	-22.639999	-44.570000	1
São José do Vale do Rio Preto	RJ	-22.151389	-42.924444	1
São José dos Campos	SP	-23.170000	-45.880001	1
São José dos Pinhais	PR	-25.534700	-49.206402	1
São Lourenço da Serra	SP	-23.852500	-46.942500	0
São Ludgero	SC	-28.325833	-49.176667	0

São Luiz do Paraitinga	SP	-23.221667	-45.310000	1
São Martinho	SC	-28.119167	-49.032500	1
São Paulo	SP	-23.540001	-46.630001	1
São Pedro da Aldeia	RJ	-22.770003	-42.097501	1
São Roque	SP	-23.520000	-47.130001	1
São Sebastião do Alto	RJ	-21.866667	-42.083333	1
São Sebastião	SP	-23.760000	-45.410000	1
São Vicente	SP	-23.963056	-46.391944	0
Sapucaia	RJ	-21.995000	-42.914444	0
Saquarema	RJ	-22.920000	-42.510300	1
Schroeder	SC	-26.314722	-49.119167	1
Seropédica	RJ	-22.743889	-43.707500	0
Serra Negra	SP	-22.612222	-46.700556	1
Sete Barras	SP	-24.379999	-47.919998	1
Siderópolis	SC	-28.597799	-49.424400	1
Silva Jardim	RJ	-22.650800	-42.391701	1
Silveiras	SP	-22.660000	-44.849998	1
Socorro	SP	-22.590000	-46.520000	1
Sombrio	SC	-29.113899	-49.616699	1
Sorocaba	SP	-23.501667	-47.458056	1
Sumidouro	RJ	-22.049722	-42.674722	0
Suzanápolis	SP	-20.501400	-51.024700	1
Suzano	SP	-23.540001	-46.310001	1
Taboão da Serra	SP	-23.626111	-46.791667	0
Taió	SC	-23.542500	-46.310800	1
Tanguá	RJ	-22.730278	-42.714167	0
Tapirai	SP	-23.963600	-47.507200	1
Taubaté	SP	-23.026400	-45.555300	1
Teresópolis	RJ	-22.412222	-42.965556	1
Terra de Areia	RS	-29.585278	-50.070833	0
Tijucas	SC	-27.241400	-48.633598	1
Tijucas do Sul	PR	-25.944167	-48.995833	1
Timbé do Sul	SC	-28.830299	-49.847198	1
Timbó	SC	-26.823333	-49.271667	1
Torres	RS	-29.335300	-49.726898	0
Trajano de Moraes	RJ	-22.063333	-42.066389	0
Tremembé	SP	-22.958333	-45.549444	1
Três Cachoeiras	RS	-29.455601	-49.924400	0
Três Forquilhas	RS	-29.536944	-50.064444	0
Três Rios	RJ	-22.116667	-43.209167	0
Treviso	SC	-28.515556	-49.457500	0
Treze de maio	SC	-28.558889	-49.147778	0
Trombudo central	SC	-27.299167	-49.790278	0
Tubarão	SC	-28.464444	-49.007222	1
Tuiuti	SP	-22.816389	-46.693611	0

Tunas do Paraná	PR	-24.974400	-49.085800	1
Turvo	SC	-28.927500	-49.681944	1
Ubatuba	SP	-23.430000	-45.069999	1
Urussanga	SC	-28.517799	-49.320801	1
Valinhos	SP	-22.969999	-46.990002	1
Vargem	SP	-22.888889	-46.413611	0
Vargem Grande				
Paulista	SP	-23.603333	-47.026389	0
Vassouras	RJ	-22.403889	-43.662500	1
Vinhedo	SP	-23.030001	-46.970001	1
Vitor Meireles	SC	-26.898333	-49.895555	1
Votorantim	SP	-23.540000	-47.430000	1
Witmarsum	SC	-26.926111	-49.795833	0

Legenda: Estados da região Sudeste e Sul da Serra do Mar, RJ = Rio de Janeiro; SP = São Paulo; PR = Paraná; SC = Santa Catarina; RS = Rio Grande do Sul. Pres/Aus = Presença (1), Ausência (0) de registros de espécies de *Passiflora* L. nos municípios pertencentes a Serra do Mar.

Fonte: A autora 2023.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Estudos de espécies de *Passiflora* L. na região Sudeste do Brasil.

Localidade	Nº de espécies	Estados	Fitofisionomias	Domínio Fitogeográfico	Referência
Espírito Santo (estado)	30	ES	Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional e formações campestres	Floresta Atlântica	BORGES et al. 2020
Represa do Grama	6	MG	Floresta Estacional	Floresta Atlântica	FARINAZZA; SALIMENA 2007
Serra Negra	12	MG	Floresta Ombrófila e Campo Rupestre	Floresta Atlântica	MEZZONATO-PIRES; SALIMENA; BERNACCI; 2013
Parque Estadual de Ibitipoca	6	MG	Floresta Nebular e formações campestres	Floresta Atlântica	MILWARD-DE-AZEVEDO
Grão Mogol	5	MG	Cerrado, Veredas isoladas e Campos Rupestres	Cerrado	VITTA 2005
Minas Gerais (estado)	52	MG	Floresta Estacional, Floresta Ombrófila, Cerradão, Campo Rupestre, Campo de Altitude	Caatinga, Cerrado e Floresta Atlântica	IMIG, MILWARD-DE-AZEVEDO, CERVÍ
Parque Estadual da Serra do Brigadeiro	11	MG	Floresta Ombrófila, Campos de altitude e Campos Higrófilos	Floresta Atlântica	MORAES et al., 2018
Serra da Mantiqueira	50	MG, RJ, SP	Florestas Estacionais, Florestas Ombrófilas, Campos de Altitude e outras formações campestres	Floresta Atlântica	MORAES et al., 2020
Parque Nacional Serra dos Órgãos	19	RJ	Floresta Ombrófila e Campo de Altitude	Floresta Atlântica	FERNANDES; YAZBECK; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2022
Serra do Mar	53	PR, RJ, RS, SC, SP	Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional, Restinga e Campo de altitude	Floresta Atlântica	FERNANDES; YAZBECK; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2023
Serra da Bocaina	23	RJ, SP	Floresta Ombrófila Densa, Floresta de Encosta, Restinga e Campo de altitude	Floresta Atlântica	Presente estudo
Flora Fanerogâmica de São Paulo (estado)	38	SP	Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional, Restinga, Campo de altitude e outras formações campestres	Cerrado e Floresta Atlântica	BERNACCI, 2003
Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga	12	SP	Floresta Ombrófila	Floresta Atlântica	BERNACCI; VITTA, 1999

Legenda: Estudos na região Sudeste do Brasil, com o número de espécies de *Passiflora* L. encontrado para as áreas, de acordo com as fitofisionomias e Domínios Fitogeográficos.

Fonte: A autora 2023.