

GUSTAVO ROCHA ALVES

**COMO ILHAS FLORESTAIS EM UMA MATRIZ CAMPESTRE MODULAM A
DIVERSIDADE FUNCIONAL DE FORMIGAS?**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Lucas Navarro Paolucci

Coorientadores: Vanessa Soares Ribeiro
Tiago Vinicius Fernandes

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A474c
2024
Alves, Gustavo Rocha, 1998-
Como ilhas florestais em uma matriz campestre modulam a
diversidade funcional de formigas? / Gustavo Rocha Alves. –
Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (39 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Lucas Navarro Paolucci.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Biologia Geral, 2024.
Referências bibliográficas: f. 32-39.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.553>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Formigas. 2. Comunidades de insetos - Aspectos
ambientais. I. Paolucci, Lucas Navarro, 1984-. II. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Geral. Programa
de Pós-Graduação em Ecologia. III. Título.

CDD 22. ed. 595.796


GUSTAVO ROCHA ALVES

**COMO ILHAS FLORESTAIS EM UMA MATRIZ CAMPESTRE MODULAM A
DIVERSIDADE FUNCIONAL DE FORMIGAS?**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 31 de julho de 2024

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO ROCHA ALVES**
Data: 06/09/2024 10:44:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gustavo Rocha Alves
Autor

Documento assinado digitalmente
 **LUCAS NAVARRO PAOLUCCI**
Data: 06/09/2024 11:06:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Lucas Navarro Paolucci
Orientador

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais, Agenor e Ednalva, por estarem sempre presentes, me dando força e motivos para continuar.

À minha namorada, Isabela, por todo carinho, apoio e paciência ao longo de todo o processo.

À minha família aqui em Viçosa, que trouxe mais brilho e esperança para cada momento vivido.

Aos ilustres companheiros do LAB 249, que acompanharam as longas horas de triagem, morfoespeciação, mensuração das formigas e análises, sempre trazendo humor e tragédia, tornando possível a elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador, Lucas, por demonstrar a importância da organização e dos diálogos assertivos, contribuir intelectualmente e apoiar na tomada de decisões.

À minha coorientadora, Vanessa, por acompanhar todo o percurso, incentivando, direcionando e alertando ao longo de todo processo e contribuindo intelectualmente.

Ao meu coorientador, Tiago, por incentivar a execução deste projeto, disponibilizar os materiais depositados em coleção para a condução dos experimentos e contribuir intelectualmente.

Aos professores, professoras e técnicos do PPG-Ecologia, pelas conversas, indicações de oportunidades e contribuição imensa na minha formação pessoal e profissional.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

ALVES, Gustavo Rocha, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2024. **Como ilhas florestais em uma matriz campestre modulam a diversidade funcional de formigas?** Orientador: Lucas Navarro Paolucci. Coorientadores: Vanessa Soares Ribeiro e Tiago Vinicius Fernandes.

As comunidades biológicas são estruturadas por condições ambientais e processos bióticos. Assim, as espécies presentes na região com capacidade de se dispersar ocupam e se estabelecem de acordo com suas capacidades de superar condições do ambiente (filtros ambientais) e interações com outras espécies. Ambientes abertos (ex. campos) e fechados (ex. florestas) apresentam diferenças quanto às condições ambientais e exercem pressões diferentes nos organismos que ali se estabelecem. Ambientes abertos apresentam maior exposição à radiação, maior amplitude térmica e variações de umidade, enquanto ambientes fechados apresentam barreiras contra radiação, maior umidade e menor amplitude térmica. Ambientes fechados apresentam ainda uma maior complexidade no solo, devido à maior deposição de sedimentos. O Campo Rupestre é um ecossistema montano campestre, composto por uma vegetação herbácea e plantas de porte arbustivo. Nestes ambientes ocorrem naturalmente ilhas florestais (Capão de Mata), que possuem plantas de porte arbustivo e arbóreo. Esses dois ecossistemas contrastantes ocorrem lado a lado e sob as mesmas condições ambientais, o que faz destes sistemas ideais para se investigar como diferenças na estrutura da vegetação podem moldar características funcionais das espécies animais associadas. Assim, investigamos como os atributos morfológicos quantitativos contínuos de formigas respondem às variações microambientais existentes entre estes ambientes. Nossas hipóteses foram que i) fatores microclimáticos selecionam formigas com atributos funcionais mais similares em ambientes abertos, e que ii) estes fatores microclimáticos exercem pressão sobre atributos relacionados à exploração, deslocamento e ocupação dos ambientes. Nós mensuramos oito atributos em até seis indivíduos das 60 espécies de formigas coletadas, e avaliamos a distribuição destes atributos nas comunidades dos diferentes ambientes. Identificamos uma menor dispersão funcional em formigas de Campo Rupestre do que em Capão de Mata. Além disso, os resultados indicam uma forte influência de filtragem ambiental. Formigas de Campo Rupestre apresentaram mandíbulas menores, menor distância interocular, olhos mais compridos e pernas mais compridas do que as formigas de Capão de Mata. Nossos resultados embasam nossa hipótese de que a filtragem ambiental exerce forte influência na estruturação de comunidades de formigas de ambientes montanos. Além disso, demonstram como as comunidades de ambientes abertos são mais suscetíveis à intensidade de radiação, amplitude de temperatura e umidade, apresentando homogeneização dos atributos relacionados à exploração, deslocamento e ocupação dos ambientes.

Palavras-chave: Comunidades, Formigas, Atributos funcionais, Filtros ambientais, Dispersão funcional

ABSTRACT

ALVES, Gustavo Rocha, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July de 2024. **How forest islands in a grassland matrix modulate the functional diversity of ants?** Adviser: Lucas Navarro Paolucci. Co-advisers: Vanessa Soares Ribeiro e Tiago Vinicius Fernandes.

Biological communities are structured by environmental conditions and biotic processes. Thus, the species present in the region (regional pool) with the ability to disperse occupy and establish themselves according to their ability to overcome environmental conditions (environmental filters) and interactions with other species. Open environments (e.g., grasslands) and closed environments (e.g., forests) differ in environmental conditions and exert different pressures on the organisms that establish themselves there. Open environments have greater exposure to radiation, greater thermal amplitude, and humidity variations, while closed environments have barriers against radiation, increased humidity, and lower thermal amplitude. Closed environments also present greater soil complexity due to higher sediment deposition. The Campo Rupestre is a montane grassland ecosystem composed of herbaceous vegetation and shrub-sized plants. However, in these environments, there are naturally occurring vegetation islands (Capão de Mata) with shrub and tree-sized plants. These two contrasting ecosystems occur side by side and under the same environmental conditions, making it possible to evaluate how differences in vegetation structure can affect the functional characteristics of species. Thus, we investigated how the continuous quantitative morphological attributes of ants respond to the microenvironmental variations between the occurrence sites. Our hypotheses are that i) the microclimatic factors select ants with more similar functional attributes in open environments, and that ii) these microclimatic factors exert pressure on attributes related to exploration, movement, and occupation of environments. We measured eight attributes in up to six individuals of the 60 ant species collected and evaluated the distribution of these attributes in the communities of the different environments. We identified lower functional dispersion in ants from Campo Rupestre than in Capão de Mata. Additionally, the results indicate a strong influence of environmental filtering. Ants from Campo Rupestre had smaller mandibles, shorter interocular distance, longer eyes, and longer legs than ants from forest patches. Our results support our hypothesis that environmental filtering strongly influences the structuring of ant communities in montane environments. Furthermore, they demonstrate how open environment communities are more susceptible to radiation intensity, temperature amplitude, and humidity, presenting a homogenization of attributes related to exploration, movement, and occupation of environments.

Key-words: Communities, Ants, Functional traits, Environmental filters, Functional dispersion

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Esquema do desenho amostral para a instalação de armadilhas de queda e coletas por batimento. Foram estabelecidos oito parcelas, sendo quatro em Campo Rupestre e quatro em Capão de Mata. As armadilhas de queda foram instaladas em uma grade, contendo três linhas, distantes 25 m entre si, com três armadilhas em cada, distantes também 25 m entre si. Para as armadilhas de batimento foram selecionadas cinco plantas das três espécies mais abundantes dentro de cada parcela de 50 m x 50 m. 15
- Figura 2:** Análise de correlação entre métricas antes da padronização por comprimento de mesossoma..... 16
- Figura 3:** Análise de correlação entre métricas após a padronização por tamanho de mesossoma, apresentando apenas os atributos escolhidos para prosseguir com os estudos. ... 17
- Figura 4:** Atributos funcionais das mensurados das formigas coletadas. Foram realizadas nove medidas com auxílio de um micrômetro ocular, mais uma medida a partir da captura da cor dominante do mesossoma, que resultaram em oito atributos funcionais. a) WL = Mesossoma Length, ou comprimento de Mesossoma, FL = Femur Length, ou comprimento de fêmur, TL = Tibia Length, ou comprimento de tibia; b) HL = Head Length, ou comprimento de cabeça, WBE = Width Between Eyes, ou largura entre os olhos, WAE = Width Across Eyes, ou largura através dos olhos, ML = Mandible Length, ou comprimento de mandíbula, SL = Scape Length, ou comprimento de escapo; c) EL = Eye Length, ou comprimento dos olhos..... 18
- Figura 5:** Análise dos Componentes Principais (PCA) da distribuição de atributos morfológicos em comunidades de formigas que ocorrem em dois diferentes tipos de ambiente. O polígono verde representa o volume ocupado pelas comunidades de formigas que ocorrem em Capão de mata (ilhas florestais), enquanto o polígono laranja representa o volume ocupado pelas comunidades que ocorrem em Campo rupestre (ambientes abertos). As setas vermelhas representam os atributos mensurados, e as posições relativas ocupadas no espaço multivariado. Os nomes representam as espécies de formigas mais distantes do centroide dos dados, que sustentam o limite do polígono..... 22
- Figura 6:** Métricas utilizadas para avaliar a diferença entre a diversidade de Capão de Mata (ilhas florestais) e Campo Rupestre, localizados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas

Gerais. Os pontos verdes representam os valores referentes às parcelas em Capão de Mata e os laranjas representam as parcelas de Campo Rupestre. Os asteriscos representam diferença significativa entre as áreas, “*” = $p < 0.05$, “**” = $p < 0.01$. A inscrição ‘ns’ representa ausência de diferença significativa entre as áreas. Os losangos representam a média, e a barra o erro padrão.26

Figura 7: Distribuição dos atributos ponderados pela comunidade (Community Weight Mean-CWM). Os pontos verdes representam os valores referentes às parcelas em Capão de Mata e os laranjas representam as parcelas de Campo Rupestre. Os asteriscos representam diferença significativa entre as áreas, “*” = $p < 0.05$, “**” = $p < 0.01$. A inscrição ‘ns’ representa ausência de diferença significativa entre as áreas. Os losangos representam a média, e a barra o erro padrão.28

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Atributos funcionais mensurados nas espécies de formigas coletadas e seu significado funcional. Cada espécie coletada em áreas de Campo Rupestre ou Capão de Mata teve oito atributos mensurados em até seis indivíduos. Indivíduos que não possuíam todos os atributos de interesse foram descartadas. 19
- Tabela 2:** Lista de espécies de formigas coletadas no Parque Nacional Serra do Cipó em cada habitat, e com o respectivo método de coleta. 24
- Tabela 3:** Resultados dos modelos avaliados dos índices variando em função dos habitats... 25
- Tabela 4:** Valores de tamanho de efeito padronizado (Standardized Effect Size-SES) atribuído à cada índice de interesse, gerado a partir de modelos nulos com distribuições dos dados aleatorizados. SES.FEve: Tamanho de efeito padronizado calculado para o índice de Equitabilidade Funcional. SES.FRic: Tamanho de efeito padronizado calculado para o índice de Riqueza Funcional. SES.FDis: Tamanho de efeito padronizado calculado para o índice de Dispersão Funcional. A sigla sobrescrita ‘ns’ representa valores não significativos respeitando os padrões de distribuição estocástica, enquanto ‘*’ representa valores significativamente diferentes dos valores esperados (WITTMAN et al., 2010). 26
- Tabela 5:** Resultados dos modelos avaliados a partir da distribuição dos atributos ponderados pela frequência relativa na comunidade em função dos habitats. 27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1. ÁREA DE ESTUDOS.....	14
2.2. COLETA DE DADOS.....	14
2.3. MENSURAÇÃO DOS ATRIBUTOS.....	15
2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	19
3. RESULTADOS.....	23
4. DISCUSSÃO.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. Introdução

Comunidades biológicas são constituídas por um conjunto de entidades taxonômicas que ocupam determinado ambiente, coexistem e interagem em maior ou menor grau (ELTON, 1949). A estrutura das comunidades depende do *pool* regional de espécies que estão aptas a se dispersar e ocupar os diferentes locais (REMEŠ *et al.*, 2022). Para se estabelecerem, os indivíduos das diferentes espécies precisam superar as pressões bióticas e abióticas do meio, explorar os recursos disponíveis e deixar descendentes (MITTELBACH; SCHEMSKE, 2015). Os processos que determinam este estabelecimento variam de acordo com a disponibilidade de recursos, da demanda de cada espécie e da habilidade em superar as pressões bióticas e abióticas do local (HARRISON; CORNELL, 2008). Além disso, a ocorrência de eventos estocásticos pode limitar a ocorrência de alguns organismos, levar à exclusão de algumas espécies e favorecer outras (TILMAN, 2004). Assim, a coexistência das espécies é um processo dinâmico, onde os organismos mais adaptados, seja pela presença de atributos morfológicos ou fisiológicos, são mais aptos a permanecer (ABRAMS; MATSUDA; HARADA, 1993; KLAUSCHIES; VASSEUR; GAEDKE, 2016). Caracterizar os organismos que ocorrem nos ambientes naturais é fundamental para compreender como ocorre a estruturação das comunidades biológicas.

A mensuração de características morfofisiológicas auxilia na compreensão das relações entre os organismos e o ambiente (GIBB *et al.*, 2015). O conjunto destas características pode ser análogo ao nicho ecológico, sendo avaliado como o volume virtual onde os organismos se estabelecem ou ocorrem, definindo o espaço funcional das espécies (LAMANNA *et al.*, 2014; PETCHEY; GASTON, 2006; TRAPPE, 2021). A diversidade funcional é uma dimensão da biodiversidade que surgiu como possível explicação da distribuição dos organismos e funções no ambiente, e possibilita a inferência sobre os serviços ecossistêmicos prestados (MASON *et al.*, 2005). Os índices de diversidade funcional mensuram a distribuição dos atributos em um espaço funcional, sendo alguns ponderados pela abundância relativa das espécies na comunidade (MASON *et al.*, 2005; VILLÉGER; MASON; MOUILLOT, 2008). Devido às pressões ambientais, espécies mais adaptadas podem obter maior sucesso na ocupação de um ambiente, tornando-se mais abundantes ou frequentes (LAW *et al.*, 2020). A ocorrência de formigas em solos mais complexos, com mais obstáculos, por exemplo, pode ser modulada pela habilidade destas formigas se locomoverem através destes obstáculos (GIBB; PARR, 2010). Estas habilidades podem ser caracterizadas pela presença de apêndices sensoriais que facilitem a localização dos obstáculos, ou então apêndices articulados que melhorem a mobilidade

(FARJI-BRENER; BARRANTES; RUGGIERO, 2004; GIBB *et al.*, 2015; KASPARI; WEISER, 1999). Estes atributos relacionados ao valor adaptativo das espécies são conhecidos como atributos funcionais (VIOLLE *et al.*, 2007). A compreensão da distribuição de atributos funcionais em ambientes naturais e como a estruturação das comunidades é influenciada pelas variações microambientais dentro da mesma matriz local permanece sem consenso.

As variações da comunidade vegetal, cobertura do solo e sombreamento alteram as condições microambientais para os demais organismos que interagem no meio (AHUATZIN *et al.*, 2022; GUILHERME *et al.*, 2019; LAW *et al.*, 2020; TEWS *et al.*, 2004). Dentre biomas tropicais existe uma grande diversidade de fitofisionomias, sendo influenciados pela disponibilidade hídrica, estrutura do solo, umidade relativa do ar, altitude, entre outros (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991). A estrutura de cada comunidade vegetal influencia diretamente a diversidade de artrópodes acima do solo e ao nível do solo. (AHUATZIN *et al.*, 2022; TEWS *et al.*, 2004). A presença de vegetação de porte arbóreo pode reduzir a incidência de radiação, diminuir a temperatura e aumentar a umidade do sub-bosque (MADIGOSKY, 2004; SCHEFFERS *et al.*, 2013), que favorece a nidificação de organismos menos tolerantes a dessecação, altas temperaturas e taxas de radiação (AHUATZIN *et al.*, 2022; DE FRENNE *et al.*, 2019). Já ambientes abertos apresentam maior intensidade de radiação, pressão de vapor e temperatura, tornando as condições ambientais mais específicas e inóspitas, a depender dos organismos que se estabelecem (GUILHERME *et al.*, 2019; LAW; CESCATTI; BALDOCCHI, 2001; LAW *et al.*, 2020). Estes contrastes entre a estrutura dos ambientes podem filtrar os organismos que ocorrem em cada local, contendo diferentes características, que irão exercer diferentes funções em cada tipo de ambiente.

Comunidades de formigas apresentam variações na composição quando há uma diferença marcante nas condições ambientais (CASTRO *et al.*, 2020; LASMAR *et al.*, 2020; NOOTEN *et al.*, 2019; ROCHA-ORTEGA *et al.*, 2018), sendo sensíveis a variações de altitude, umidade, temperatura e radiação, podendo apresentar segregação temporal de nicho devido às condições ambientais (GUIMARÃES *et al.*, 2023; LASMAR *et al.*, 2020; LAW *et al.*, 2020). Esta sensibilidade está relacionada à presença de adaptações morfológicas que aumentem sua performance, fazendo com que superem os filtros ambientais (DARWIN, 1859; FARJI-BRENER; BARRANTES; RUGGIERO, 2004; KASPARI; WEISER, 1999). O estabelecimento de espécies de formigas depende de um conjunto de atributos morfológicos adaptados as condições microambientais, que confirmam resistência aos indivíduos (BISHOP *et*

al., 2016; KASPARI *et al.*, 2015; LAW *et al.*, 2020). Uma maior incidência de radiação reduz a presença de formigas menores e menos melanizadas, bem como formigas maiores e mais resistentes a desidratação podem ser mais persistentes em ambientes secos (KASPARI, 1993; LAW *et al.*, 2020). Formigas com pernas mais compridas podem se deslocar mais rapidamente, encontrar e dominar possíveis recursos (PEARCE-DUVET; ELEMANS; FEENER, 2011). A presença de olhos mais dorsais em relação à cabeça pode facilitar a visualização a distâncias mais longas, assim como receptores quimiotáteis podem facilitar a localização de recursos em ambientes abertos e mais simplificados (GIBB; PARR, 2013; KASPARI; WEISER, 1999). Um conjunto de condições específicas que exerce pressão sobre os indivíduos pode resultar numa maior similaridade entre as espécies que ocorrem no ambiente, homogeneizando a distribuição dos atributos (KASPARI, 1993; GUILHERME *et al.*, 2019).

Em ilhas florestais, a presença de árvores aumenta a deposição de serrapilheira no solo, o que promove um aumento do número de obstáculos no chão (FARJI-BRENER; BARRANTES; RUGGIERO, 2004; VILLELA; PROCTOR, 1999), exercendo outros tipos de pressão aos organismos. Para conseguir se deslocar nestes ambientes, pernas menores facilitam o deslocamento por entre os obstáculos, assim como olhos mais lateralizados (GIBB; PARR, 2013; KASPARI; WEISER, 1999). A presença de árvores favorece uma menor amplitude de temperatura, umidade e intensidade de radiação, alterando as condições microambientais e de exploração e estabelecimento dos organismos (DE FRENNE *et al.*, 2019; GONZÁLEZ DEL PLIEGO *et al.*, 2016; MADIGOSKY, 2004; MARTELLO *et al.*, 2018). Assim, divergências na vegetação podem levar a diferenças nas características funcionais das comunidades de animais que ocupam cada ambiente. Contudo, essa relação entre ambiente e diversidade funcional ainda não está clara, havendo dificuldades na predição de respostas ecossistêmicas baseadas em atributos funcionais.

Neste trabalho, avaliaremos como as diferenças microambientais existentes entre dois ambientes naturais dentro de uma mesma matriz macroambiental modulam a diversidade funcional de formigas e a distribuição de atributos funcionais. A ocorrência de dois ambientes distintos sob as mesmas condições macroclimáticas auxiliam na compreensão da importância da estrutura fitofisionômica nas condições microclimáticas para a fauna associada. Nossas hipóteses são que i) fatores microclimáticos selecionam formigas com atributos funcionais mais similares em ambientes abertos, e que ii) estes fatores microclimáticos exercem pressão sobre

atributos relacionados à exploração, deslocamento e ocupação dos ambientes, quando comparados a ambientes fechados.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudos

Nós conduzimos este estudo no Parque Nacional da Serra do Cipó (19°14'19" S, 43°31'35" W), na porção sul da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil, onde as elevações variam entre 1300 m e 1350 m. A área apresenta duas estações bem demarcadas, sendo a estação seca entre abril e setembro, e a estação chuvosa entre outubro e março. A região apresenta temperaturas anuais médias entre 15.1°C e 20.7°C, e pluviosidade entre 1250 mm e 1550 mm (MADEIRA; FERNANDES, 1999). Dentro deste complexo de montanhas ocorrem diferentes fitofisionomias, com composições florísticas características e muito associadas aos solos e disponibilidade hídrica. Uma destas fitofisionomias é o Campo Rupestre, que possui plantas xeromórficas, de porte arbustivo ou herbáceo, que não formam dosséis contínuos ou complexos florestais, aqui chamados de "ambientes abertos" (SILVEIRA *et al.*, 2016). Dentro dessa região ocorrem ilhas florestais naturais chamadas de Capão de Mata, que são complexos florestais com florística semelhante à Mata Atlântica, com árvores de até 30 metros, normalmente distribuídos ao longo de ravinas ou cabeceiras, aqui chamados de "ambientes fechados" (COELHO *et al.*, 2016).

2.2. Coleta de dados

Nós estabelecemos oito parcelas divididas entre ambientes abertos e fechados, cada uma com 50 × 50 m (Figura 1). Utilizamos dois métodos de coleta dentro de cada parcela, para aumentar o esforço amostral. Dentro de cada parcela foram instaladas nove armadilhas de queda (*pitfalls*), distantes 25 m entre si, em uma grade com 3 x 3 pontos. Os *pitfalls* possuíam 350 ml, 8 cm de diâmetro e tiveram 1/3 do volume preenchidos com água e detergente (Referência). Nós instalamos os *pitfalls* com a borda na altura do chão, que ficaram por 48 h abertos em campo. Após a retirada dos *pitfalls*, os invertebrados coletados foram filtrados e armazenados em uma solução de álcool 70%. Em cada área experimental também foram selecionados cinco indivíduos das três espécies das plantas mais abundantes, com altura média entre 0,5 m e 3 m, para coletas por batimento, totalizando 15 pontos por parcela para coleta por batimento. Nós armamos um guarda-chuva entomológico sob cada planta e então agitamos vigorosamente os seus ramos com o auxílio de um bastão. Os invertebrados coletados foram armazenados em uma solução de álcool 70%. Todos os espécimes foram triados e identificados em laboratório. As formigas coletadas foram levadas para a Universidade Federal de Viçosa – UFV, para a classificação ao menor nível taxonômico possível utilizando chaves de identificação

(BACCARO *et al.*, 2015; FEITOSA; DIAS, 2024) e materiais catalográficos disponíveis no *AntWeb* (ANTWEB, 2024). Todo material foi tombado e depositado na coleção entomológica do Laboratório de Ecologia de Comunidades e Ecossistemas Tropicais (EcoTrop-UFV).

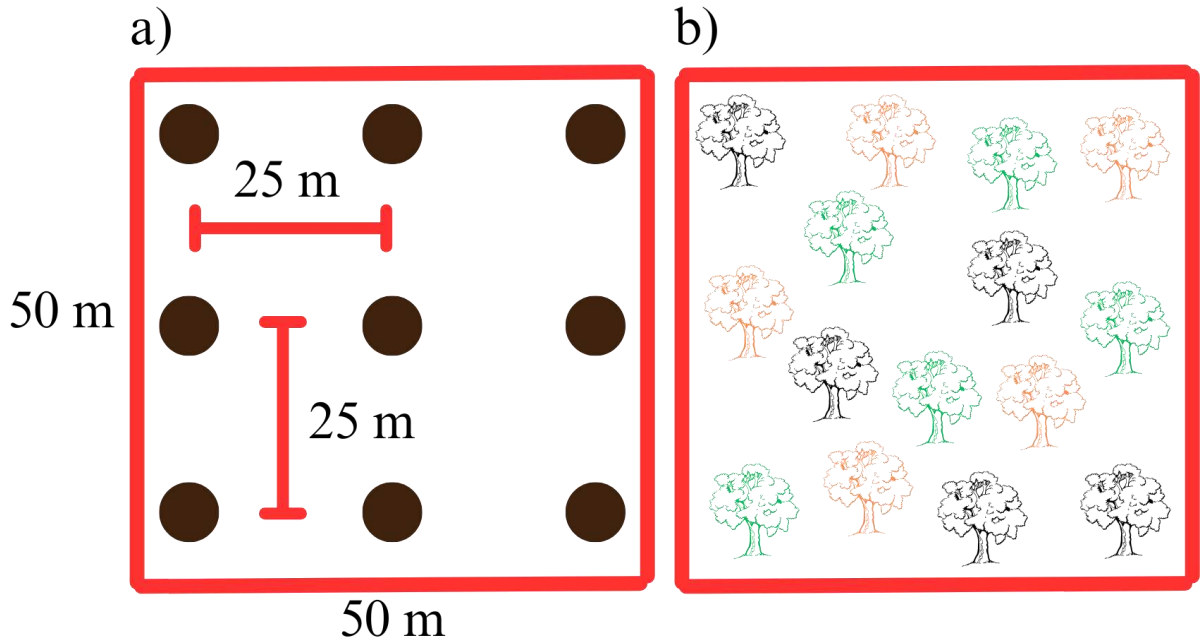


Figura 1: Esquema do desenho amostral para a instalação de armadilhas de queda e coletas por batimento. Foram estabelecidos oito parcelas, sendo quatro em Campo Rupestre e quatro em Capão de Mata. As armadilhas de queda foram instaladas em uma grade, contendo três linhas, distantes 25 m entre si, com três armadilhas em cada, distantes também 25 m entre si. Para as armadilhas de batimento foram selecionadas cinco plantas das três espécies mais abundantes dentro de cada parcela de 50 m x 50 m.

2.3. Mensuração dos atributos

Nós selecionamos oito atributos morfológicos para mensuração em até seis indivíduos de cada espécie (Tabela 1). Todos os atributos foram mensurados pela mesma pessoa, através de um micrômetro ocular em um estereomicroscópio. Os atributos foram padronizados através da divisão pelo tamanho corporal ('comprimento de Mesossoma', Tabela 1) e selecionados de acordo com a ausência de correlação entre as métricas (Anexo, Figura 6 e 7). Os atributos 'olhos' e 'posição dos olhos' foram selecionados para representar as preferências exploratórias no ambiente, sendo indicadores das estratégias de exploração do habitat (GIBB; PARR, 2013). Os atributos 'escapo' e 'perna' foram selecionados para avaliar a distribuição dos atributos relacionados ao deslocamento destes organismos nas diferentes áreas estudadas (GIBB; PARR,

2013; JELLEY; BARDEN, 2021; WEISER; KASPARI, 2006). Os atributos ‘cabeça’, ‘mandíbula’, ‘mesossoma’ e ‘cor’ foram selecionados para avaliar a distribuição de características relacionadas a capacidade de consumirem recursos e se estabelecerem nos ambientes, superando os fatores de estresse abióticos e ocupando os habitats (AHUATZIN *et al.*, 2022; LAW *et al.*, 2020; WEISER; KASPARI, 2006). Para o atributo ‘cor’, utilizamos a paleta de cores disponível no material suplementar de PARR *et al.* (2017) como referência para classificação da cor dominante do mesossoma das formigas avaliadas. Após identificação da cor dominante, capturamos do modelo de cores HSV a variável ‘valor’, de cada cor correspondente da paleta de cores, através do *software Paint*. Os valores variam entre 0 e 100, sendo 0 a ausência de cor, associado ao preto.

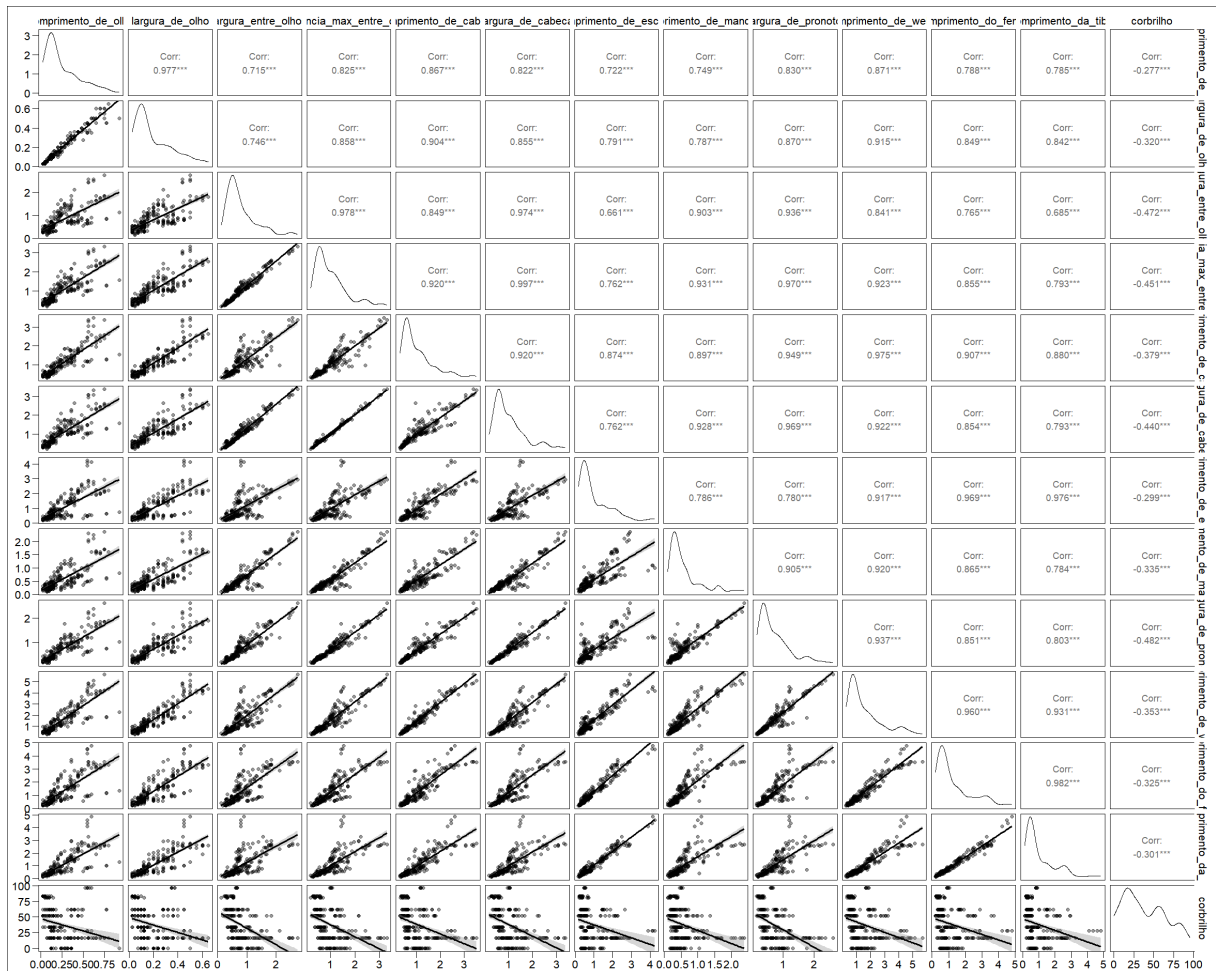


Figura 2: Análise de correlação entre métricas antes da padronização por comprimento de mesossoma.

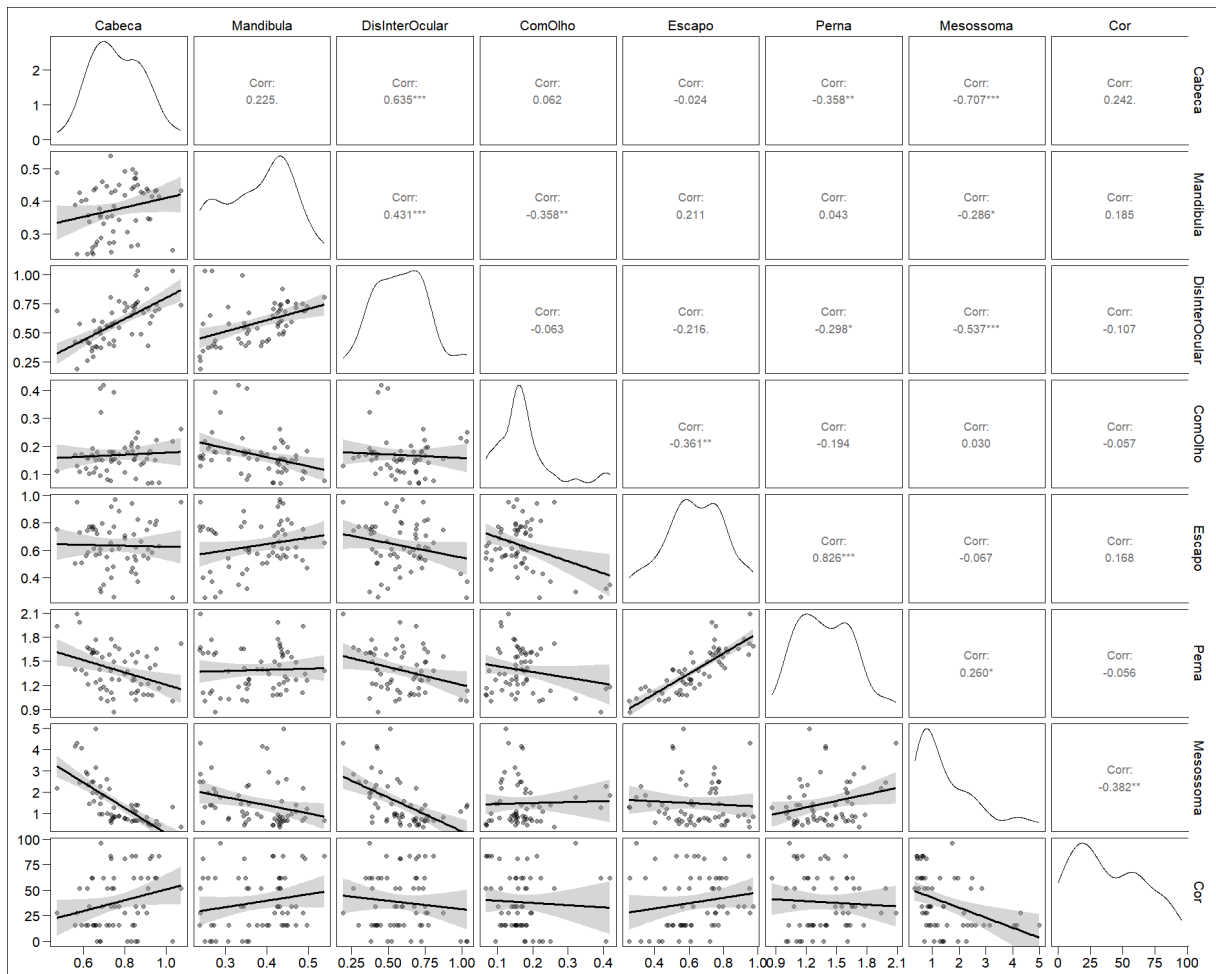


Figura 3: Análise de correlação entre métricas após a padronização por tamanho de mesossoma, apresentando apenas os atributos escolhidos para prosseguir com os estudos.

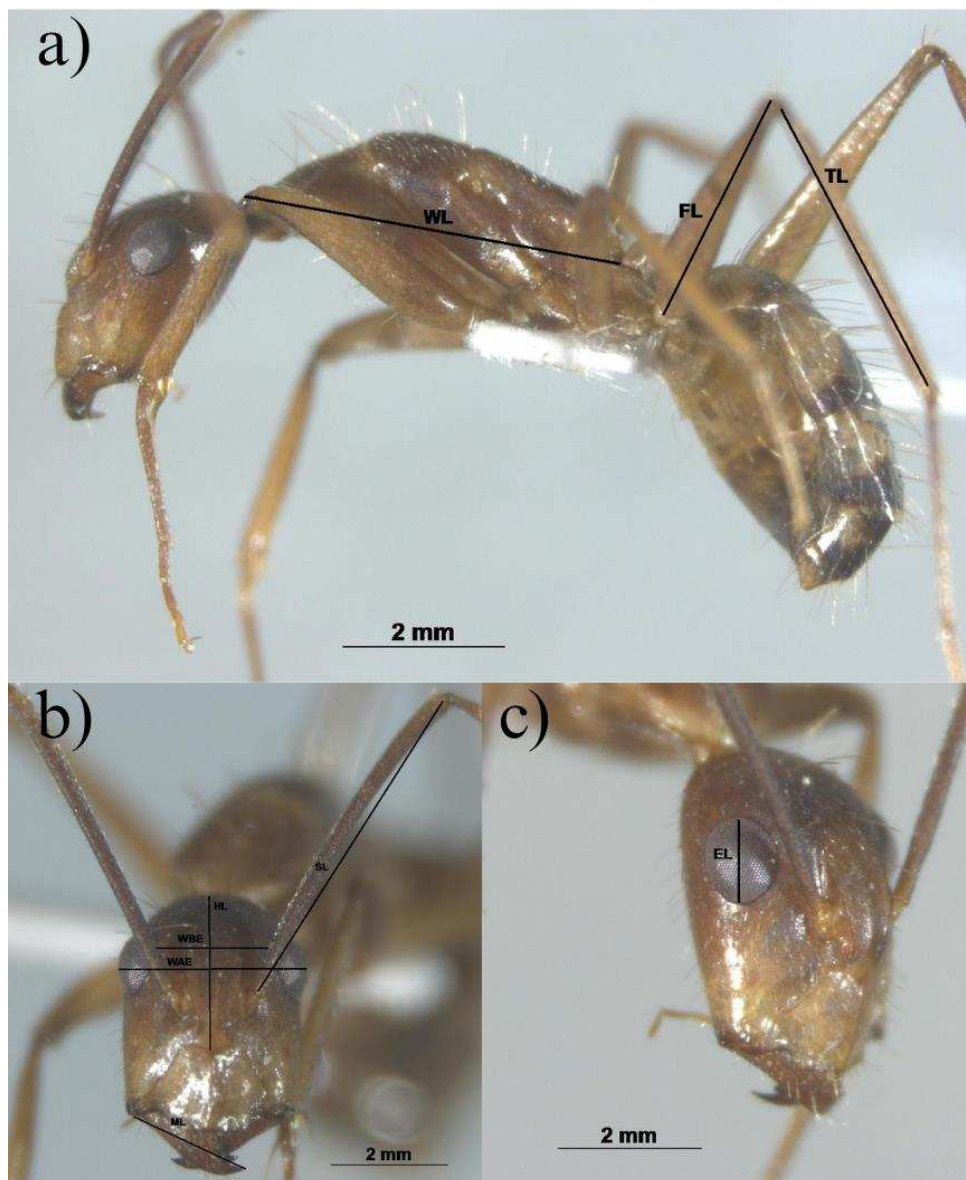


Figura 4: Atributos funcionais das mensurados das formigas coletadas. Foram realizadas nove medidas com auxílio de um micrômetro ocular, mais uma medida a partir da captura da cor dominante do mesossoma, que resultaram em oito atributos funcionais. a) WL = *Mesosoma Length*, ou comprimento de Mesossoma, FL = *Femur Length*, ou comprimento de fêmur, TL = *Tibia Length*, ou comprimento de tíbia; b) HL = *Head Length*, ou comprimento de cabeça, WBE = *Width Between Eyes*, ou largura entre os olhos, WAE = *Width Across Eyes*, ou largura através dos olhos, ML = *Mandible Length*, ou comprimento de mandíbula, SL = *Scape Length*, ou comprimento de escapo; c) EL = *Eye Length*, ou comprimento dos olhos.

Tabela 1: Atributos funcionais mensurados nas espécies de formigas coletadas e seu significado funcional. Cada espécie coletada em áreas de Campo Rupestre ou Capão de Mata teve oito atributos mensurados em até seis indivíduos. Indivíduos que não possuíam todos os atributos de interesse foram descartadas.

Estrutura	Medida	Significado funcional
Olhos	distância entre a porção superior e inferior da inserção do olho esquerdo	Indicador de preferências exploratórias no habitat (GIBB; PARR, 2013)
Posição dos olhos	distância a porção mais interna dos olhos direito e esquerdo	Indicador de estratégias de exploração do ambiente (GIBB; PARR, 2013)
Cabeça	comprimento da porção mais apical da cabeça até a inserção do clipeo	Representa a estratégia de consumo de recursos (LARABEE; SUAREZ, 2014; WEISER; KASPARI, 2006)
Mandíbula	distância da inserção da mandíbula esquerda até a porção mais distal	Indicador dos hábitos alimentares e tamanho do alimento (AHUATZIN <i>et al.</i> , 2022; WEISER; KASPARI, 2006)
Mesosoma	comprimento do mesossoma	Representa o tamanho corporal (WEISER; KASPARI, 2006)
Perna	soma do comprimento da tíbia posterior esquerda e do fêmur posterior esquerdo	Representa as estratégias de deslocamento e exploração do ambiente (GIBB; PARR, 2013)
Escapo	comprimento do primeiro segmento antenal	Métrica utilizada para descrever o investimento relativo no sistema tátil/olfativo (JELLEY; BARDEN, 2021; WEISER; KASPARI, 2006)
Cor	cor dominante da cutícula do mesossoma	Indicador de resistência ao nível de exposição à radiação UVB (LAW <i>et al.</i> , 2020)

2.4. Análises estatísticas

Todas as operações foram conduzidas no *software* R, versão 4.3.2. (R Core Team, 2024). Investigamos como os atributos morfológicos se distribuíram dentro da comunidade através da distância euclidiana existente entre os atributos em uma matriz de frequência das

espécies coletadas. As distâncias foram calculadas a partir de uma análise de ordenação (PCA; Figura 5). Para testar a homoscedasticidade das distribuições, realizamos um teste de permutação, a partir da função *betadisper*, do pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2022). Para investigar como os diferentes ambientes podem estar modulando a diversidade funcional utilizamos três índices, sendo eles I) FRic: índice de riqueza funcional, que mede o volume do espaço funcional ocupado pelas espécies, demonstrando o quão amplas são as diferenças existentes na comunidade (VILLÉGER; MASON; MOUILLOT, 2008). II) FEve: índice de equitabilidade funcional, que representa a regularidade da distribuição das abundâncias dentro do espaço funcional, definido pelo conjunto de atributos funcionais da comunidade (MASON *et al.*, 2005; VILLÉGER; MASON; MOUILLOT, 2008). III) FDis: índice de dispersão funcional, que mede as distâncias relativas entre as espécies definidas no espaço funcional e é sensível a frequência relativa das espécies, sendo especialmente eficaz para dados de presença e ausência (LALIBERTÉ; LEGENDRE, 2010). Para calcular os índices, os dados foram padronizados com média = 0 e desvio = 1, a partir da função *decostand*, do pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2022). Para investigar como os atributos morfológicos estão distribuídos na comunidade, utilizamos as métricas dos atributos ponderadas pela comunidade (*Community Weight Mean* - CWM). Os índices foram gerados a partir da função *dbFD*, do pacote *FD* (LALIBERTÉ, LEGENDRE & SHIPLEY 2014), assim como os CWM.

Avaliamos as diferenças entre a diversidade das duas áreas de trabalho (Campo Rupestre e Capão de Mata) a partir de modelos lineares generalizados, com a função *glm*, para otimizar a avaliação do tipo de distribuição e escolha do teste mais adequado. Para os modelos a partir dos atributos, utilizamos as diferentes áreas como variável explicativa e os atributos como variável resposta. Para os modelos a partir dos índices, utilizamos as diferentes áreas como variável explicativa e os índices como variável resposta. Para garantir que as diferenças encontradas não seriam em função da riqueza de espécies, avaliamos a riqueza taxonômica nos dois ambientes, a partir de um teste χ^2 , dada a distribuição *poisson*. Para avaliar a diferença dos índices de diversidade funcional e a distribuição dos atributos morfológicos, utilizamos o Teste F, dada a distribuição normal. Calculamos o tamanho do efeito padronizado (SES, do inglês *Standardized Effect Size*) para inferir sobre os processos envolvidos na estruturação das comunidades (ORTEGA-MARTÍNEZ *et al.*, 2020; SWENSON; WEISER, 2014). Para isso, a matriz de ocorrência de espécies e a matriz de distribuição de atributos tiveram seus valores aleatorizados. Utilizamos a função *nullmodel* do pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2022), que possibilita a criação de modelos nulos respeitando as características dos diferentes conjuntos de

dados. A partir da criação dos modelos nulos, foram calculados os índices de diversidade funcional a partir da função *dbFD* do pacote *FD*. O *Standardized Effect Size* - SES foi calculado a partir da seguinte fórmula: $SES = (MIO - MIE)/DPVE$, onde MIO = Média dos Índices Observados, a partir dos dados reais para cada parcela; MIE = Média dos Índices Esperados, a partir dos modelos nulos para cada parcela; e DPVE = Desvio Padrão dos Índices Observados, a partir do desvio padrão de cada índice dos valores reais. Valores entre -1.96 e 1.96 estão associados efeitos estocásticos ($p > 0.05$). Valores subdispersos (< -1.96) indicam que a processos de filtragem ambiental estão atuando mais intensamente nas comunidades. Valores sobredispersos (> 1.96) indicam que a similaridade limitante está atuando nas comunidades com maior intensidade (CORNWELL; SCHWILK; ACKERLY, 2006; LIU; WANG, 2018; ORTEGA-MARTÍNEZ *et al.*, 2020; SWENSON; WEISER, 2014; WITTMAN *et al.*, 2010).

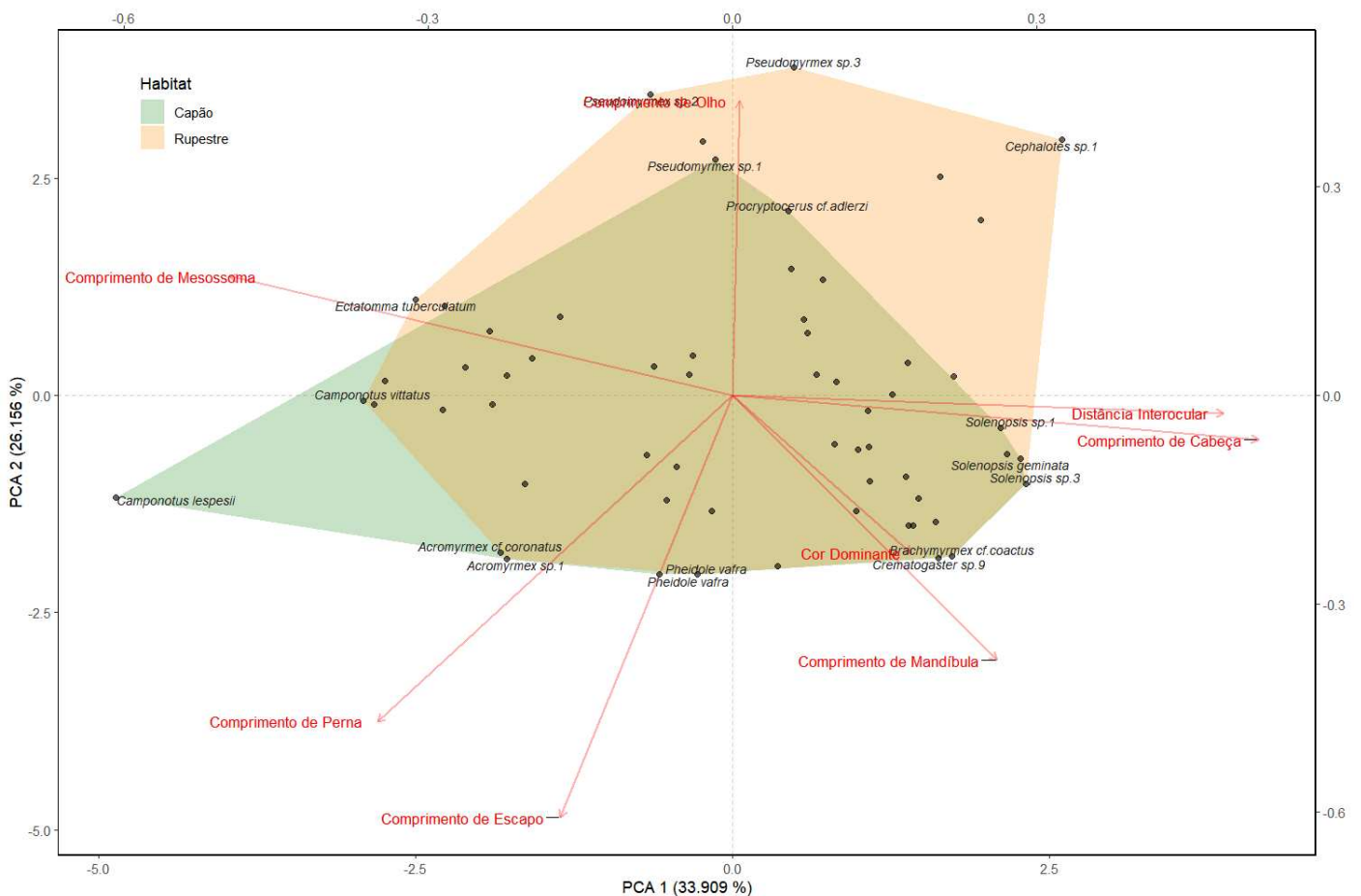


Figura 5: Análise dos Componentes Principais (PCA) da distribuição de atributos morfológicos em comunidades de formigas que ocorrem em dois diferentes tipos de ambiente. O polígono verde representa o volume ocupado pelas comunidades de formigas que ocorrem em Capão de mata (ilhas florestais), enquanto o polígono laranja representa o volume ocupado pelas comunidades que ocorrem em Campo rupestre (ambientes abertos). As setas vermelhas representam os atributos mensurados, e as posições relativas ocupadas no espaço multivariado. Os nomes representam as espécies de formigas mais distantes do centroide dos dados, que sustentam o limite do polígono.

3. Resultados

Nós identificamos e mensuramos 60 espécies de formigas, de 21 gêneros e 6 subfamílias, sendo 49 espécies de Capão de Mata e 47 espécies de Campo Rupestre (36 espécies em comum entre elas; Tabela 2). 50 espécies de foram coletadas em armadilhas de queda (*pitfall*), 37 espécies de batimento, sendo 27 espécies comuns entre as armadilhas, Tabela 2). Não há diferença quanto à distribuição das variâncias dentro das comunidades de Capão de Mata e Campo Rupestre ($F_{(1,6)} = 0,012$, $p = 0.832$). Não há diferença na riqueza taxonômica entre os dois ambientes ($\chi^2_{(1, n=7)} = 0.363$, $p = 0.545$, Figura 6a), assim como na riqueza funcional (Figura 6b, Tabela 3) e equitabilidade funcional (Figura 6c, Tabela 3). No entanto, a dispersão funcional das comunidades de formigas de Campo Rupestre é menor do que em Capão de Mata (Figura 6d, Tabela 3).

O tamanho de efeito padronizado (SES) apresenta subdispersão para o índice de dispersão funcional (FDis) em Capão de Mata e Campo Rupestre (Tabela 3). Para riqueza funcional (FRic) e equitabilidade funcional (FEve) o tamanho de efeito padronizado (SES) não apresenta diferença significativa das distribuições nulas (Tabela 3), o que impossibilita qualquer conclusão sobre os padrões de estruturação destas comunidades a partir destes índices.

Encontramos comunidades de Campo Rupestre com mandíbulas menores (Figura 7b, Tabela 4), menor distância interocular (Figura 7c, Tabela 4), olhos mais compridos (Figura 7d, Tabela 4), escapos maiores (Figura 7e, Tabela 4) e maior tamanho de perna (Figura 7f, Tabela 4). Não encontramos diferença entre as áreas de estudos para os atributos tamanho de cabeça (Figura 7a, Tabela 4), comprimento de *Weber* (Figura 7g, Tabela 4) e cor dominante (Figura 7h, Tabela 4).

Tabela 2: Lista de espécies de formigas coletadas no Parque Nacional Serra do Cipó em cada habitat, e com o respectivo método de coleta.

Subfamília / Espécie	Local de ocorrência		Tipo de coleta	
	Campo Rupestre	Capão de Mata	Pitfall	Batimento
Dolichoderinae				
<i>Linepithema</i> cf. <i>neotropicum</i>	X	X	X	X
<i>Linepithema</i> sp.1	X	X	X	X
<i>Linepithema</i> UFV sp.2	X	X	X	X
Ectatomminae				
<i>Ectatomma permagnum</i>	X	X	X	
<i>Ectatomma</i> sp.1	X		X	
<i>Ectatomma tuberculatum</i>	X		X	
<i>Gnamptogenys striatula</i>	X	X	X	
<i>Heteroponera</i> cf. <i>mayri</i>		X	X	X
Formicinae				
<i>Brachymyrmex</i> cf. <i>coactus</i>	X	X	X	
<i>Camponotus</i> (<i>Myrmobrachys</i>) cf. <i>crassus</i>	X	X	X	X
<i>Camponotus</i> (<i>Myrmothrix</i>) <i>rufipes</i>	X	X	X	X
<i>Camponotus alboannulatus</i>		X	X	X
<i>Camponotus cingulatus</i>	X	X	X	X
<i>Camponotus lespesii</i>		X	X	
<i>Camponotus</i> sp.1	X	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp.2	X	X	X	
<i>Camponotus vittatus</i>	X	X	X	
<i>Nylanderia</i> sp.1		X	X	X
<i>Nylanderia</i> UFV sp.5	X	X	X	
Myrmicinae				
<i>Acromyrmex</i> cf. <i>coronatus</i>	X	X	X	
<i>Acromyrmex</i> sp.1	X	X	X	X
<i>Acromyrmex</i> sp.2	X	X	X	
<i>Apterostigma</i> cf. <i>pilosum</i>		X	X	
<i>Cephalotes</i> cf. <i>pinelli</i>	X			X
<i>Cephalotes depressus</i>	X			X
<i>Cephalotes</i> sp.1	X			X
<i>Crematogaster</i> sp.1		X		X
<i>Crematogaster</i> sp.10		X	X	
<i>Crematogaster</i> sp.2	X	X	X	X
<i>Crematogaster</i> sp.3		X		X
<i>Crematogaster</i> sp.4	X	X		X

<i>Crematogaster</i> sp.5	X	X	X	X
<i>Crematogaster</i> sp.6		X	X	X
<i>Crematogaster</i> sp.7	X	X		X
<i>Crematogaster</i> sp.8		X	X	
<i>Crematogaster</i> sp.9		X	X	
<i>Cyphomyrmex minutus</i>	X	X	X	X
<i>Hylomyrma</i> sp.1	X	X	X	
<i>Hylomyrma</i> sp.2		X	X	
<i>Hylomyrma</i> sp.3	X	X	X	
<i>Monomorium</i> sp.1	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> cf. <i>alexeter</i>	X	X	X	
<i>Pheidole</i> cf. <i>vafra</i>	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp.2	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> UFV sp.11	X	X	X	X
<i>Pheidole vafra</i>	X	X	X	X
<i>Pogonomyrmex naegelli</i>	X		X	
<i>Procryptocerus</i> cf. <i>adlerzi</i>	X	X		X
<i>Solenopsis geminata</i>	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp.1	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp.2	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp.3	X	X	X	
<i>Solenopsis</i> sp.5	X		X	X
<i>Ponerinae</i>				
<i>Neoponera latinoda</i>	X		X	X
<i>Pachycondyla harpax</i>		X	X	X
<i>Pachycondyla striata</i>	X	X	X	
<i>Pseudomyrmecinae</i>				
<i>Pseudomyrmex</i> cf. <i>termitarius</i>	X		X	
<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	X	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp.2	X			X
<i>Pseudomyrmex</i> sp.3	X			X

Tabela 3: Resultados dos modelos avaliados dos índices variando em função dos habitats.

model	term	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	F	Pr(>F)
Riqueza Funcional				7	4.1432		
	Habitat	1	0.1729	6	3.9703	0.261	0.627
Equitabilidade Funcional				7	0.012		
	Habitat	1	0.0006	6	0.0113	0.371	0.565
Dispersão Funcional				7	0.4498		
	Habitat	1	0.3278	6	0.1219	16.130	0.007

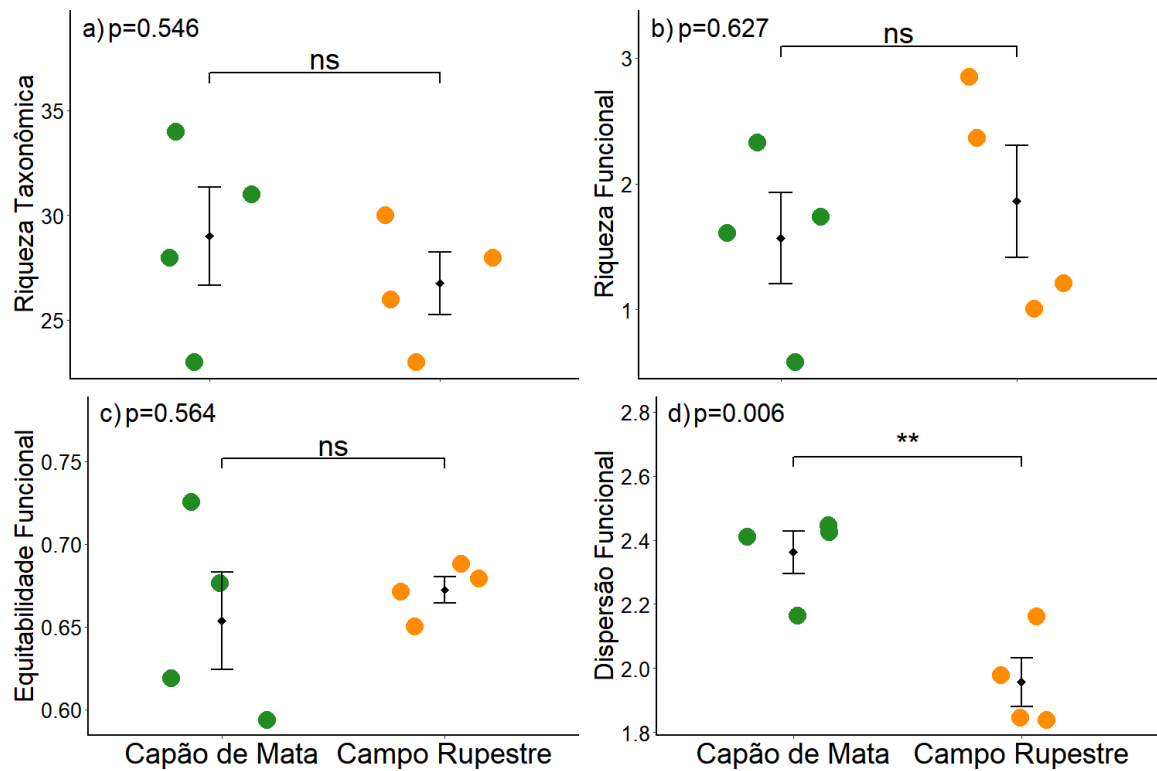


Figura 6: Métricas utilizadas para avaliar a diferença entre a diversidade de Capão de Mata (ilhas florestais) e Campo Rupestre, localizados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. Os pontos verdes representam os valores referentes às parcelas em Capão de Mata e os laranjas representam as parcelas de Campo Rupestre. Os asteriscos representam diferença significativa entre as áreas, “*” = $p < 0.05$, “**” = $p < 0.01$. A inscrição ‘ns’ representa ausência de diferença significativa entre as áreas. Os losangos representam a média, e a barra o erro padrão.

Tabela 4: Valores de tamanho de efeito padronizado (*Standardized Effect Size-SES*) atribuído à cada índice de interesse, gerado a partir de modelos nulos com distribuições dos dados aleatorizados. SES.FEve: Tamanho de efeito padronizado calculado para o índice de Equitabilidade Funcional. SES.FRic: Tamanho de efeito padronizado calculado para o índice de Riqueza Funcional. SES.FDis: Tamanho de efeito padronizado calculado para o índice de Dispersão Funcional. A sigla sobrescrita ‘ns’ representa valores não significativos respeitando os padrões de distribuição estocástica, enquanto ‘*’ representa valores significativamente diferentes dos valores esperados (WITTMAN et al., 2010).

Habitat	SES.FEve	SES.FRic	SES.FDis
Capão de Mata	-0.056 ^{ns}	1.354×10^{13} ^{ns}	-5.512*
Campo Rupestre	-0.459 ^{ns}	1.404×10^{13} ^{ns}	-8.138*

Tabela 5: Resultados dos modelos avaliados a partir da distribuição dos atributos ponderados pela frequência relativa na comunidade em função dos habitats.

model	term	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	F	Pr(>F)
Cabeça				7	2.14E-03		
	Habitat	1	1.59E-05	6	2.13E-03	0.045	0.839
Mandíbula				7	1.79E-03		
	Habitat	1	1.27E-03	6	5.20E-04	14.711	0.009
Distância Interocular				7	1.17E-02		
	Habitat	1	6.32E-03	6	5.40E-03	7.030	0.038
Comprimento Ocular				7	2.28E-03		
	Habitat	1	1.82E-03	6	4.57E-04	23.945	0.003
Escapo				7	9.93E-04		
	Habitat	1	4.87E-04	6	5.06E-04	5.768	0.053
Perna				7	8.76E-03		
	Habitat	1	4.49E-03	6	4.27E-03	6.310	0.046
Weber				7	7.41E-01		
	Habitat	1	3.23E-01	6	4.18E-01	4.628	0.075
Cor				7	1.52E+02		
	Habitat	1	2.13E+00	6	1.50E+02	0.085	0.780

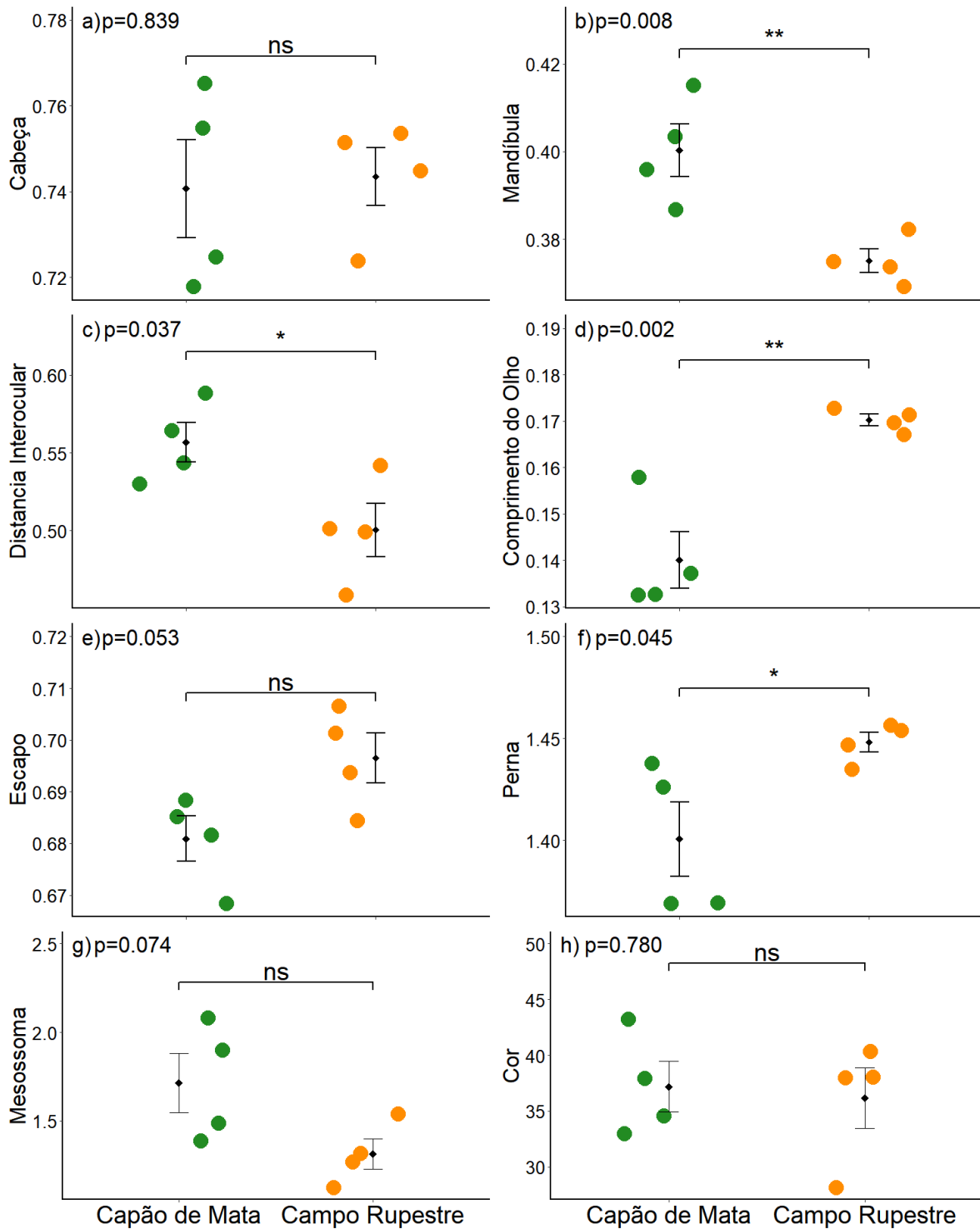


Figura 7: Distribuição dos atributos ponderados pela comunidade (*Community Weight Mean-CWM*). Os pontos verdes representam os valores referentes às parcelas em Capão de Mata e os laranjas representam as parcelas de Campo Rupestre. Os asteriscos representam diferença significativa entre as áreas, “*” = $p < 0.05$, “**” = $p < 0.01$. A inscrição ‘ns’ representa ausência de diferença significativa entre as áreas. Os losangos representam a média, e a barra o erro padrão.

4. Discussão

Neste trabalho, investigamos como as diferenças na vegetação entre dois ambientes montanos contrastantes modulam a diversidade funcional da comunidade de formigas. Encontramos uma menor dispersão funcional nos ambientes abertos, sugerindo menor diferença na distribuição dos atributos das formigas encontradas nesses ambientes quando comparados às ilhas florestais. Dessa forma, suportamos a nossa hipótese de que os filtros ambientais selecionam atributos funcionais mais similares entre diferentes espécies em ambientes abertos. Além disso, encontramos diferenças na distribuição de atributos relacionados à exploração, deslocamento e ocupação dos ambientes, que podem ser devidas à pressão de filtros ambientais. Uma vez que comunidades de formigas de ilhas florestais apresentam distribuição de mandíbulas maiores e maior distância interocular, o consumo de recursos e a exploração podem ser facilitadas, aumentando a frequência relativa dos indivíduos com essas características (GIBB; PARR, 2013; GUILHERME *et al.*, 2019). As formigas de ambientes abertos apresentaram diferenças das formigas das ilhas florestais quanto aos atributos relacionados a deslocamento: as formigas de ambientes abertos possuem olhos mais compridos, escapos e pernas maiores, atributos estes ligados à orientação espacial e deslocamento (SOSIAK; BARDEN, 2021). Nestes ambientes mais simplificados, as formigas com maior facilidade de localização dos recursos e deslocamento são mais frequentes (PEARCE-DUVET; ELEMANS; FEENER, 2011).

A maior dispersão funcional encontrada nas ilhas florestais está relacionada a maiores divergências na distribuição dos atributos das comunidades de formigas nesses locais, em comparação às encontradas em ambientes abertos. Essas divergências são indícios de que as condições ambientais e disponibilidade de recursos em ambientes fechados possibilitam a coexistência de um maior número de estratégias de vida (ARNAN; CERDÁ; RETANA, 2014). Em contrapartida, a menor dispersão em ambientes abertos indica uma redundância de atributos, devido aos filtros ambientais que pressionam as formigas, favorecendo aquelas mais aptas a explorar e se deslocar nestes ambientes abertos (MAMMOLA *et al.*, 2021). Nestes ambientes, a maior capacidade de explorar os recursos disponíveis aumenta a frequência de formigas com olhos mais compridos, escapos e pernas maiores, homogeneizando os atributos na comunidade (JELLEY; BARDEN, 2021; SCHOFIELD; BISHOP; PARR, 2016).

Dentro dessa matriz campestre, as ilhas florestais, chamadas de Capão de Mata provavelmente estão servindo como facilitadores para espécies menos aptas a se estabelecerem

em ambientes abertos. A presença destas formigas pode representar um aumento de possíveis polinizadores, forrageadores e consumidores mesmo fora das ilhas florestais, aumentando a riqueza de interações em Campo Rupestre (CHRISTIANINI; OLIVEIRA, 2009; IBARRA-ISASSI; SENDOYA, 2016; TRAGER *et al.*, 2010). Ambientes com maior cobertura de dossel apresentam maior disponibilidade de recursos e abrigos para artrópodes, podendo favorecer o estabelecimento de formigas que predam sementes, coletam *honeydew* ou cultivam fungos (DAVIDSON *et al.*, 2003; PAOLUCCI; SOLAR; SCHOEREDER, 2010; SCHOEREDER *et al.*, 2010). Formigas especializadas tendem a apresentar mandíbulas mais compridas, como no caso de formigas granívoras, onde mandíbulas maiores auxiliam na manipulação e quebra das sementes, junto a musculaturas mais desenvolvidas na cabeça (GIBB *et al.*, 2015; PAUL, 2001; WEISER; KASPARI, 2006). Estas guildas, que frequentemente apresentam mandíbulas maiores, podem estar sendo favorecidas nas ilhas florestais (SOSIAK; BARDEN, 2021).

Nas ilhas florestais também há forte influência de filtros ambientais para o estabelecimento de formigas. Ambientes com maior presença de árvores e maior cobertura vegetal apresentam também maior deposição de serrapilheira (RUSSELL *et al.*, 2007). Essa maior complexidade do ambiente logo acima do solo aumenta o número de obstáculos para os indivíduos que se deslocam pelo solo (FARJI-BRENER; BARRANTES; RUGGIERO, 2004; GIBB; PARR, 2010; KASPARI; WEISER, 1999; SARTY; ABBOTT; LESTER, 2006; SCHOFIELD; BISHOP; PARR, 2016). A presença de olhos mais lateralizados auxilia no deslocamento destas formigas entre os interstícios no solo, assim como pernas menores favorecem o deslocamento por entre as folhas, galhos e demais sedimentos no solo (GIBB; PARR, 2013; KASPARI; WEISER, 1999; SARTY; ABBOTT; LESTER, 2006). Essas características, presentes nas comunidades de Capão de Mata, indicam uma pressão de seleção em atributos relacionados à mobilidade e exploração do ambiente. Ainda que sob condições diferentes e em menor grau quando comparado a ambientes abertos, a filtragem ambiental exerce forte pressão na estruturação das comunidades de formiga em ilhas florestais.

As comunidades de Campo Rupestre e Capão de Mata apresentaram equitabilidade funcional intermediária-alta, o que é forte indicativo de sistemas resistentes e distribuídos de maneira regular (MASON *et al.*, 2005; MOUCHET *et al.*, 2010). A maior disponibilidade de recursos em ambientes florestados pode estar causando uma maior dispersão funcional das comunidades de Capão de Mata, tendo uma maior distribuição de espécies com atributos mais distintos (Figura 6d; AHUATZIN *et al.*, 2022; LALIBERTÉ; LEGENDRE, 2010). Em

contrapartida, a menor dispersão funcional observada em Campo Rupestre é um indicativo de um ambiente estressante, desfavorecendo espécies mais sensíveis e homogeneizando os atributos presentes nas comunidades (GUILHERME *et al.*, 2019; LALIBERTÉ; LEGENDRE, 2010). É interessante observar que o SES.FDis em ambos os locais sofre grande influência da filtragem ambiental, apresentando subdispersão (Tabela 4), refletindo os efeitos dos fatores abióticos presentes mais intensamente em ambientes abertos. Essa subdispersão pode estar relacionada ao fato de que todas as comunidades são encontradas em uma matriz campestre, ou em um ambiente envolvido por uma matriz campestre. Por mais que a intensidade de atuação dos filtros seja menor em ilhas florestais, devido ao tamanho do efeito padronizado apresentar valores inferiores, o atributo cor (avaliado como *proxy* para proteção contra intensidade de radiação) não diferiu, tendo formigas mais escuras em ambos os locais estudados. Esta uniformidade na distribuição de cor dominante é um indicativo de uma forte atuação da incidência luminosa na estruturação das comunidades de formigas na Serra do Cipó (LAW *et al.*, 2020).

Por fim, concluímos que a estruturação das comunidades de formigas em diferentes ambientes de montanha sofre influência de condições microambientais, moldando a distribuição de atributos funcionais dentro de diferentes fitofisionomias. Formigas de Capão de Mata apresentam uma distribuição de atributos mais ampla na comunidade, sendo este um indicativo de condições favoráveis a uma maior diversidade de estratégias de vida. A presença de Capão de Mata na matriz campestre representa uma fonte de recursos e abrigos, favorecendo a manutenção da diversidade de estratégias e atributos morfológicos nestas paisagens. Estas ilhas florestais podem estar atuando como fontes de espécies, enriquecendo o *pool* local e dando manutenção no *pool* regional de espécies, majoritariamente dominado por vegetação arbustiva ou herbácea.

Referências Bibliográficas

- ABRAMS, P. A.; MATSUDA, H.; HARADA, Y. Evolutionarily unstable fitness maxima and stable fitness minima of continuous traits. **Evolutionary Ecology**, v. 7, n. 5, p. 465–487, set. 1993. <https://doi.org/10.1007/BF01237642>.
- AHUATZIN, D. A.; GONZÁLEZ-TOKMAN, D.; SILVA, R. R.; GONZÁLEZ, J. E. V.; ESCOBAR, F.; RIBEIRO, M. C.; ACOSTA, J. C. L.; DÁTILLO, W. Forest cover modulates diversity and morphological traits of ants in highly fragmented tropical forest landscapes. **Biodiversity and Conservation**, v. 31, n. 8–9, p. 2097–2117, jul. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10531-022-02428-3>.
- ANTWEB. 2024. Disponível em: <https://www.antweb.org/>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- ARNAN, X.; CERDÁ, X.; RETANA, J. Ant functional responses along environmental gradients. **Journal of Animal Ecology**, v. 83, n. 6, p. 1398–1408, nov. 2014. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12227>.
- BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; DE SOUZA, J. L. P.; SOLAR, R. R. C. **Guia Para Os Gêneros De Formigas Do Brasil**. [S. l.]: Zenodo, 2015. DOI 10.5281/ZENODO.32912.
- BISHOP, T. R.; ROBERTSON, M. P.; GIBB, H.; VAN RENSBURG, B. J.; BRASCHLER, B.; CHOWN, S. L.; FOORD, S. H.; MUNYAI, T. C.; OKEY, I.; TSHIVHANDEKANO, P. G.; WERENKRAUT, V.; PARR, C. L.; PINCHEIRA-DONOSO, D. Ant assemblages have darker and larger members in cold environments. **Global Ecology and Biogeography**, v. 25, n. 12, p. 1489–1499, dez. 2016. <https://doi.org/10.1111/geb.12516>.
- CASTRO, F. S. de; DA SILVA, P. G.; SOLAR, R.; FERNANDES, G. W.; NEVES, F. de S. Environmental drivers of taxonomic and functional diversity of ant communities in a tropical mountain. **Insect Conservation and Diversity**, v. 13, n. 4, p. 393–403, jul. 2020. <https://doi.org/10.1111/icad.12415>.
- CHRISTIANINI, A. V.; OLIVEIRA, P. S. The relevance of ants as seed rescuers of a primarily bird-dispersed tree in the Neotropical cerrado savanna. **Oecologia**, v. 160, n. 4, p. 735–745, jul. 2009. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1349-2>.
- COELHO, M. S.; FERNANDES, G. W.; PACHECO, P.; DINIZ, V.; MEIRELES, A.; DOS SANTOS, R. M.; CARVALHO, F. A.; NEGREIROS, D. Archipelago of Montane Forests Surrounded by Rupestrian Grasslands: New Insights and Perspectives. In: FERNANDES, G. W. (org.). **Ecology and Conservation of Mountaintop grasslands in Brazil**. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 129–156. DOI 10.1007/978-3-319-29808-5_7.
- CORNWELL, W. K.; SCHWILK, D. W.; ACKERLY, D. D. A trait-based test for habitat filtering: convex hull volume. **Ecology**, v. 87, n. 6, p. 1465–1471, jun. 2006. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1465:ATTFHF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1465:ATTFHF]2.0.CO;2).

- DARWIN, C. R. On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. **London: John Murray**. 1st edition, oct. 1859.
- DAVIDSON, D. W.; COOK, S. C.; SNELLING, R. R.; CHUA, T. H. Explaining the Abundance of Ants in Lowland Tropical Rainforest Canopies. **Science**, v. 300, n. 5621, p. 969–972, may 2003. <https://doi.org/10.1126/science.1082074>.
- DE FRENNE, P.; ZELLWEGER, F.; RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, F.; SCHEFFERS, B. R.; HYLANDER, K.; LUOTO, M.; VELLEND, M.; VERHEYEN, K.; LENOIR, J. Global buffering of temperatures under forest canopies. **Nature Ecology & Evolution**, v. 3, n. 5, p. 744–749, abr. 2019. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0842-1>.
- DEL TORO, I. D.; RIBBONS, R. R.; SHANNON, L. P. The little things that run the world revisited; a review of ant-mediated ecosystem services. **Myrmecological News**, v. 32, p. 133–146, ago. 2012.
- ELTON, C. Population Interspersion: An Essay on Animal Community Patterns. **The Journal of Ecology**, v. 37, n. 1, p. 1, jul. 1949. <https://doi.org/10.2307/2256726>.
- FARJI-BRENER, A. G.; BARRANTES, G.; RUGGIERO, A. Environmental rugosity, body size and access to food: a test of the size-grain hypothesis in tropical litter ants. **Oikos**, v. 104, n. 1, p. 165–171, jan. 2004. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12740.x>.
- FEITOSA, R. M.; DIAS, A. M. An illustrated guide for the identification of ant subfamilies and genera in Brazil. **Insect Systematics & Evolution**, p. 1–121, 7 jun. 2024. <https://doi.org/10.1163/1876312X-bja10062>.
- GIBB, H.; PARR, C. L. How does habitat complexity affect ant foraging success? A test using functional measures on three continents. **Oecologia**, v. 164, n. 4, p. 1061–1073, dez. 2010. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1703-4>.
- GIBB, H.; STOKLOSA, J.; WARTON, D. I.; BROWN, A. M.; ANDREW, N. R.; CUNNINGHAM, S. A. Does morphology predict trophic position and habitat use of ant species and assemblages? **Oecologia**, v. 177, n. 2, p. 519–531, fev. 2015. <https://doi.org/10.1007/s00442-014-3101-9>.
- GIBB, Heloise; PARR, C. L. Does Structural Complexity Determine the Morphology of Assemblages? An Experimental Test on Three Continents. **PLoS ONE**, v. 8, n. 5, p. e64005, may 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064005>.
- GONZÁLEZ DEL PLIEGO, P.; SCHEFFERS, B. R.; BASHAM, E. W.; WOODCOCK, P.; WHEELER, C.; GILROY, J. J.; MEDINA URIBE, C. A.; HAUGAASEN, T.; FRECKLETON, R. P.; EDWARDS, D. P. Thermally buffered microhabitats recovery in tropical secondary forests following land abandonment. **Biological Conservation**, v. 201, p. 385–395, set. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.038>.
- GUILHERME, D. R.; SOUZA, J. L. P.; FRANKLIN, E.; PEQUENO, P. A. C. L.; CHAGAS, A. C. das; BACCARO, F. B. Can environmental complexity predict functional trait composition of ground-dwelling ant assemblages? A test across the Amazon Basin.

Acta Oecologica, v. 99, p. 103434, ago. 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.05.004>.

GUIMARÃES, P. H.; SOBRINHO, T. G.; CRISTIANO, M. P.; CARDOSO, D. C. Under the sun or stars: how a dune ant (Hymenoptera: Formicidae) community is shaped along the day and night. **Austral Entomology**, v. 62, n. 2, p. 191–199, may 2023.
<https://doi.org/10.1111/aen.12636>.

HARRISON, S.; CORNELL, H. Toward a better understanding of the regional causes of local community richness. **Ecology Letters**, v. 11, n. 9, p. 969–979, set. 2008.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01210.x>.

IBARRA-ISASSI, J.; SENDOYA, S. F. Ants as floral visitors of *Blutaparion portulacoides* (A. St-Hil.) Mears (Amaranthaceae): an ant pollination system in the Atlantic Rainforest. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 10, n. 3, p. 221–227, jun. 2016.
<https://doi.org/10.1007/s11829-016-9429-9>.

JELLEY, C.; BARDEN, P. Vision-Linked Traits Associated With Antenna Size and Foraging Ecology Across Ants. **Insect Systematics and Diversity**, v. 5, n. 5, p.1-10, 2021.
<https://doi.org/10.1093/isd/ixab020>.

KASPARI, M. Body size and microclimate use in Neotropical granivorous ants. **Oecologia**, v. 96, n. 4, p. 500–507, dez. 1993. <https://doi.org/10.1007/BF00320507>.

KASPARI, M.; WEISER, M. D. The size–grain hypothesis and interspecific scaling in ants. **Functional Ecology**, v. 13, n. 4, p. 530–538, ago. 1999. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1999.00343.x>.

KASPARI, M.; CLAY, N. A.; LUCAS, J.; YANOVIK, S. P.; KAY, A. Thermal adaptation generates a diversity of thermal limits in a rainforest ant community. **Global Change Biology**, v. 21, n. 3, p. 1092–1102, mar. 2015. <https://doi.org/10.1111/gcb.12750>.

KLAUSCHIES, T.; VASSEUR, D. A.; GAEDKE, U. Trait adaptation promotes species coexistence in diverse predator and prey communities. **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 12, p. 4141–4159, jun. 2016. <https://doi.org/10.1002/ece3.2172>.

LALIBERTÉ, E.; LEGENDRE, P. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. **Ecology**, v. 91, n. 1, p. 299–305, jan. 2010.
<https://doi.org/10.1890/08-2244.1>.

LALIBERTÉ, E.; LEGENDRE, P. and B. SHIPLEY. (2014). FD: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology. R package version 1.0-12.1.

LAMANNA, C.; BLONDER, B.; VIOLLE, C.; KRAFT, N. J. B.; SANDEL, B.; ŠÍMOVÁ, I.; DONOGHUE, J. C.; SVENNING, J.-C.; MCGILL, B. J.; BOYLE, B.; BUZZARD, V.; DOLINS, S.; JØRGENSEN, P. M.; MARCUSE-KUBITZA, A.; MORUETA-HOLME, N.; PEET, R. K.; PIEL, W. H.; REGETZ, J.; SCHILDHAUER, M.; ... ENQUIST, B. J. Functional trait space and the latitudinal diversity gradient. **Proceedings of the**

- National Academy of Sciences**, v. 111, n. 38, p. 13745–13750, 23 set. 2014. <https://doi.org/10.1073/pnas.1317722111>.
- LARABEE, F. J.; SUAREZ, A. V. The evolution and functional morphology of trap-jaw ants (Hymenoptera: Formicidae). v. 20, p. 25–36, 2014.
- LASMAR, C. J.; RIBAS, C. R.; LOUZADA, J.; QUEIROZ, A. C. M.; FEITOSA, R. M.; IMATA, M. M. G.; ALVES, G. P.; NASCIMENTO, G. B.; NEVES, F. S.; DOMINGOS, D. Q. Disentangling elevational and vegetational effects on ant diversity patterns. **Acta Oecologica**, v. 102, p. 103489, jan. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103489>.
- LAW, B. E.; CESCATTI, A.; BALDOCCHI, D. D. Leaf area distribution and radiative transfer in open-canopy forests: implications for mass and energy exchange. **Tree Physiology**, v. 21, n. 12–13, p. 777–787, ago. 2001. <https://doi.org/10.1093/treephys/21.12-13.777>.
- LAW, S. J.; BISHOP, T. R.; EGGLETON, P.; GRIFFITHS, H.; ASHTON, L.; PARR, C. Darker ants dominate the canopy: Testing macroecological hypotheses for patterns in colour along a microclimatic gradient. **Journal of Animal Ecology**, v. 89, n. 2, p. 347–359, fev. 2020. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13110>.
- LIU, X.; WANG, H. Contrasting patterns and drivers in taxonomic versus functional diversity, and community assembly of aquatic plants in subtropical lakes. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n. 12, p. 3103–3118, out. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1590-2>.
- MADEIRA, J. A.; FERNANDES, G. W. Reproductive phenology of sympatric taxa of *Chamaecrista* (Leguminosae) in Serra do Cipó, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 15, n. 4, p. 463–479, jul. 1999. <https://doi.org/10.1017/S0266467499000954>.
- MADIGOSKY, S. R. Tropical Microclimatic Considerations. **Forest Canopies**. Elsevier, 2004. p. 24–48. DOI 10.1016/B978-012457553-0/50006-X.
- MAMMOLA, S.; CARMONA, C. P.; GUILLERME, T.; CARDOSO, P. Concepts and applications in functional diversity. **Functional Ecology**, v. 35, n. 9, p. 1869–1885, 2021. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13882>.
- MARTELLO, F.; DE BELLO, F.; MORINI, M. S. de C.; SILVA, R. R.; SOUZA-CAMPANA, D. R. de; RIBEIRO, M. C.; CARMONA, C. P. Homogenization and impoverishment of taxonomic and functional diversity of ants in Eucalyptus plantations. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 3266, fev. 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20823-1>.
- MASON, N. W. H.; MOUILLOT, D.; LEE, W. G.; WILSON, J. B. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. **Oikos**, v. 111, n. 1, p. 112–118, out. 2005. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13886.x>.
- MITTELBACH, G. G.; SCHEMSKE, D. W. Ecological and evolutionary perspectives on community assembly. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 5, p. 241–247, may 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.02.008>.

- MOUCHET, M. A.; VILLÉGER, S.; MASON, N. W. H.; MOUILLOT, D. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. **Functional Ecology**, v. 24, n. 4, p. 867–876, ago. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01695.x>.
- NOOTEN, S.; SCHULTHEISS, P.; ROWE, R. C.; FACEY, S. L.; COOK, J. M. Habitat complexity affects functional traits and diversity of ant assemblages in urban green spaces (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**, v. 29, p. 67–77, may 2019. https://doi.org/10.25849/MYRMECOL.NEWS_029:067.
- OKSANEN, J.; SIMPSON, G.; BLANCHET, F.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P.; O'HARA, R.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.; SZOECs, E.; WAGNER, H.; BARBOUR, M.; BEDWARD, M.; BOLKER, B.; BORCARD, D.; CARVALHO, G.; CHIRICO, M.; DE CACERES, M.; DURAND, S.; EVANGELISTA, H.; FITZJOHN, R.; FRIENDLY, M.; FURNEAUX, B.; HANNIGAN, G.; HILL, M.; LAHTI, L.; MCGLINN, D.; OUELLETTE, M.; RIBEIRO CUNHA, E.; SMITH, T.; STIER, A.; TER BRAAK, C.; WEEDON, J. (2022). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-4, <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- ORTEGA-MARTÍNEZ, I. J.; MORENO, C. E.; RIOS-DÍAZ, C. L.; ARELLANO, L.; ROSAS, F.; CASTELLANOS, I. Assembly mechanisms of dung beetles in temperate forests and grazing pastures. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 391, 15 jan. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57278-x>.
- PAOLUCCI, L. N.; SOLAR, R. R. C.; SCHOEREDER, J. H. Litter and Associated Ant Fauna Recovery Dynamics After a Complete Clearance. **Sociobiology**, v.55, n.1, 133-144, 2010.
- PARR, C. L.; DUNN, R. R.; SANDERS, N. J.; WEISER, M. D.; PHOTAKIS, M.; BISHOP, T. R.; FITZPATRICK, M. C.; ARNAN, X.; BACCARO, F.; BRANDÃO, C. R. F.; CHICK, L.; DONOSO, D. A.; FAYLE, T. M.; GÓMEZ, C.; GROSSMAN, B.; MUNYAI, T. C.; PACHECO, R.; RETANA, J.; ROBINSON, A.; ... GIBB, H. *GlobalAnts* : a new database on the geography of ant traits (Hymenoptera: Formicidae). **Insect Conservation and Diversity**, v. 10, n. 1, p. 5–20, jan. 2017. <https://doi.org/10.1111/icad.12211>.
- PAUL, J. Mandible movements in ants. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 131, n. 1, p. 7-20, 2001. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(01\)00458-5](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(01)00458-5)
- PEARCE-DUVET, J. M. C.; ELEMANS, C. P. H.; FEENER, D. H. Walking the line: search behavior and foraging success in ant species. **Behavioral Ecology**, v. 22, n. 3, p. 501–509, 2011. <https://doi.org/10.1093/beheco/arr001>.
- PETCHEY, O. L.; GASTON, K. J. Functional diversity: back to basics and looking forward. **Ecology Letters**, v. 9, n. 6, p. 741–758, jun. 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00924.x>.

- R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- REMEŠ, V.; HARMÁČKOVÁ, L.; MATYSIOKOVÁ, B.; RUBÁČOVÁ, L.; REMEŠOVÁ, E. Vegetation complexity and pool size predict species richness of forest birds. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 964180, 30 set. 2022. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.964180>.
- ROCHA-ORTEGA, M.; ARNAN, X.; RIBEIRO-NETO, J. D.; LEAL, I. R.; FAVILA, M. E.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Taxonomic and functional ant diversity along a secondary successional gradient in a tropical forest. **Biotropica**, v. 50, n. 2, p. 290–301, mar. 2018. <https://doi.org/10.1111/btp.12511>.
- RUSSELL, A. E.; RAICH, J. W.; VALVERDE-BARRANTES, O. J.; FISHER, R. F. Tree Species Effects on Soil Properties in Experimental Plantations in Tropical Moist Forest. **Soil Science Society of America Journal**, v. 71, n. 4, p. 1389–1397, jul. 2007. <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0069>.
- SARTY, M.; ABBOTT, K. L.; LESTER, P. J. Habitat complexity facilitates coexistence in a tropical ant community. **Oecologia**, v. 149, n. 3, p. 465–473, set. 2006. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0453-9>.
- SCHEFFERS, B. R.; PHILLIPS, B. L.; LAURANCE, W. F.; SODHI, N. S.; DIOSMOS, A.; WILLIAMS, S. E. Increasing arboreality with altitude: a novel biogeographic dimension. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 280, n. 1770, p. 20131581, nov. 2013. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.1581>.
- SCHOEREDER, J.; SOBRINHO, T.; MADUREIRA, M.; RIBAS, C.; OLIVEIRA, P. The arboreal ant community visiting extrafloral nectaries in the Neotropical cerrado savanna. **Terrestrial Arthropod Reviews**, v.3, n.1, p.3–27, 2010. <https://doi.org/10.1163/187498310X487785>.
- SCHOFIELD, S. F.; BISHOP, T. R.; PARR, C. L. Morphological characteristics of ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) differ among contrasting biomes. **Myrmecological News**, v. 23, p. 129–137, 2016.
- SILVEIRA, F. A. O.; NEGREIROS, D.; BARBOSA, N. P. U.; BUISSON, E.; CARMO, F. F.; CARSTENSEN, D. W.; CONCEIÇÃO, A. A.; CORNELISSEN, T. G.; ECHTERNACHT, L.; FERNANDES, G. W.; GARCIA, Q. S.; GUERRA, T. J.; JACOBI, C. M.; LEMOS-FILHO, J. P.; LE STRADIC, S.; MORELLATO, L. P. C.; NEVES, F. S.; OLIVEIRA, R. S.; SCHAEFER, C. E.; ... LAMBERS, H. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, v. 403, n. 1–2, p. 129–152, jun. 2016. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2637-8>.
- SOSIAK, C. E.; BARDEN, P. Multidimensional trait morphology predicts ecology across ant lineages. **Functional Ecology**, v. 35, n. 1, p. 139–152, jan. 2021. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13697>.

- SWENSON, N. G.; WEISER, M. D. On the packing and filling of functional space in eastern North American tree assemblages. **Ecography**, v. 37, n. 11, p. 1056–1062, nov. 2014. <https://doi.org/10.1111/ecog.00763>.
- TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M. C.; SCHWAGER, M.; JELTSCH, F. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of Biogeography**, v. 31, n. 1, p. 79–92, jan. 2004. <https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00994.x>.
- TILMAN, D. Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: A stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 30, p. 10854–10861, 27 jul. 2004. <https://doi.org/10.1073/pnas.0403458101>.
- TRAGER, M. D.; BHOTIKA, S.; HOSTETLER, J. A.; ANDRADE, G. V.; RODRIGUEZ-CABAL, M. A.; MCKEON, C. S.; OSENBERG, C. W.; BOLKER, B. M. Benefits for Plants in Ant-Plant Protective Mutualisms: A Meta-Analysis. **PLoS ONE**, v. 5, n. 12, p. e14308, 22 dez. 2010. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014308>.
- TRAPPES, R. Defining the niche for niche construction: evolutionary and ecological niches. **Biology & Philosophy**, v. 36, n. 3, p. 31, jun. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10539-021-09805-2>.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento; Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991.
- VILLÉGER, S.; MASON, N. W. H.; MOUILLOT, D. NEW MULTIDIMENSIONAL FUNCTIONAL DIVERSITY INDICES FOR A MULTIFACETED FRAMEWORK IN FUNCTIONAL ECOLOGY. **Ecology**, v. 89, n. 8, p. 2290–2301, ago. 2008. <https://doi.org/10.1890/07-1206.1>.
- VILLELA, D. M.; PROCTOR, J. Litterfall Mass, Chemistry, and Nutrient Retranslocation in a Monodominant Forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. **Biotropica**, v. 31, n. 2, p. 198–211, jun. 1999. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00132.x>.
- VIOLE, C.; NAVAS, M.-L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. Let the concept of trait be functional! **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882–892, may 2007. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>.
- WEISER, M. D.; KASPARI, M. Ecological morphospace of New World ants. **Ecological Entomology**, v. 31, n. 2, p. 131–142, abr. 2006. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2006.00759.x>.
- WIESCHER, P. T.; PEARCE-DUVET, J. M. C.; FEENER, D. H. Assembling an ant community: species functional traits reflect environmental filtering. **Oecologia**, v. 169, n. 4, p. 1063–1074, ago. 2012. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2262-7>.

WITTMAN, S. E.; SANDERS, N. J.; ELLISON, A. M.; JULES, E. S.; RATCHFORD, J. S.; GOTELLI, N. J. Species interactions and thermal constraints on ant community structure. **Oikos**, v. 119, n. 3, p. 551–559, mar. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17792.x>.