



**Universidade do Estado da Bahia - UNEB**  
**Departamento de Ciências Exatas e da Terra – DCET (*Campus II*)**  
**Colegiado de Ciências Biológicas**  
**Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas**

**Valesca Kailane Dias de Almeida Santos**

**MORFOMETRIA CEFÁLICA COMPARATIVA DE *Cephalotes pusillus*  
(KLUG, 1824) (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES ECOLÓGICAS, EM UM REMANESCENTE DE MATA  
ATLÂNTICA EM ALAGOINHAS, BAHIA (BRASIL)**

**Alagoinhas**

**2025**

**Valesca Kailane Dias de Almeida Santos**

**MORFOMETRIA CEFÁLICA COMPARATIVA DE *Cephalotes pusillus*  
(KLUG, 1824) (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES ECOLÓGICAS, EM UM REMANESCENTE DE MATA  
ATLÂNTICA EM ALAGOINHAS, BAHIA (BRASIL)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Ciências Exatas e da Terra – *Campus II* como requisito para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade da Estado da Bahia.

**Orientadora:** Profa. Dra. Eltamara Souza da Conceição

**Alagoinhas**

**2025**

**Valesca Kailane Dias de Almeida Santos**

**MORFOMETRIA CEFÁLICA COMPARATIVA DE *Cephalotes pusillus*  
(KLUG, 1824) (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES ECOLÓGICAS, EM UM REMANESCENTE DE MATA  
ATLÂNTICA EM ALAGOINHAS, BAHIA (BRASIL)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Ciências Exatas e da Terra – *Campus II* como requisito para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade da Estado da Bahia.

Orientadora: Profa. Dra. Eltamara Souza da Conceição

Data da aprovação: 16/12/2025

Conceito: 9,9

**Banca examinadora:**

---

Profa. Dra. Eltamara Souza da Conceição

Orientadora – Universidade do Estado da Bahia

---

Especialista João Gabriel Santos de Souza

Examinador – Universidade do Estado da Bahia

---

Mestra Amanda Araújo de Jesus Santos

Examinadora - Universidade do Estado da Bahia

Alagoinhas  
2025

Dedico este trabalho à minha família, que me sustentou nos dias difíceis e celebrou comigo cada pequena conquista. Sem vocês, nada disso seria possível.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meus passos e me sustentar em cada decisão, cada dúvida e cada recomeço. Nada disso teria sido possível sem a Sua presença constante ao longo da minha vida.

À Universidade do Estado da Bahia, ao seu corpo docente, pela formação acadêmica de excelência, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo fomento da bolsa que possibilitou o desenvolvimento de um trabalho que serviu de base para o projeto que culmina neste Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos meus pais Joseilda e Vanilton e às minhas irmãs Jilvana e Jozélia, meu amor infinito. Obrigada por nunca soltarem a minha mão, por me apoiarem mesmo nos meus dias de incerteza, por acreditarem em mim antes mesmo que eu acreditasse. Obrigada por cada palavra de incentivo, por cada gesto de cuidado e por nunca permitir que eu desistisse dos meus sonhos. Vocês são o meu porto seguro, minha força e minha razão de insistir sempre mais. Ao meu sobrinho Joaquim, que nos nossos momentos de “investigação” e “caça aos insetos” reacendeu minha curiosidade e lembrou-me da beleza simples de aprender. Você, tão pequeno, me inspira de um jeito imenso.

À toda a equipe do MZooUNEB, em especial à minha orientadora, Profa. Dra. Eltamara Souza da Conceição, meu profundo agradecimento. Obrigada por cada palavra, por cada correção firme, por cada gesto de paciência e por acreditar que eu podia ir além. Sua dedicação e sensibilidade me marcaram como estudante e como pessoa. Você é inspiração.

Aos amigos que a UNEB colocou no meu caminho: Thiago, Carla, Clara, Livia e Tainara obrigada por cada conversa, por cada socorro na correria, pelos risos, pelo apoio e pela leveza que tornaram essa caminhada possível. Ao meu amigo Vinícius, parceiro fiel de campo e de laboratório, obrigada por dividir o peso, o sol forte, as risadas e as descobertas. Sem você, essa jornada teria sido muito mais difícil.

E à Letícia, obrigada por ser abrigo, por me incentivar quando eu achava que não conseguiria, por acreditar no meu potencial nos dias em que eu mesma duvidei. Sua sensatez, inteligência e carinho tornaram tudo mais leve. Obrigada por caminhar comigo.

Por fim, a todos que, de qualquer forma, cruzaram meu caminho e deixaram um pouco de luz, meu mais sincero agradecimento. Muito obrigada!

## RESUMO

As formigas representam um dos grupos mais diversos e ecologicamente relevantes dos ecossistemas terrestres, apresentando ampla variedade de adaptações morfológicas e comportamentais que lhes permitem ocupar diferentes micro-habitats. *Cephalotes pusillus*, espécie estritamente arborícola e amplamente distribuída em biomas como a Mata Atlântica, destaca-se por sua flexibilidade ecológica e por características morfológicas associadas à locomoção e ao uso do dossel. Considerando que a estrutura da vegetação e a complexidade ambiental influenciam diretamente aspectos funcionais e morfológicos das formigas, a análise morfométrica surge como uma ferramenta importante para compreender possíveis respostas a diferentes condições ecológicas. Neste estudo, analisou-se como níveis de densidade da vegetação influenciam a morfometria cefálica de *C. pusillus* em um remanescente de Mata Atlântica no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. Foram selecionadas três parcelas com gradientes estruturais da vegetação caracterizados pelos índices NDVI e SAVI, a partir de imagens Landsat 8. No total, 90 operárias foram mensuradas quanto a seis atributos cefálicos, relacionados à percepção visual, manipulação de recursos e desempenho funcional em ambientes arbóreos. As análises estatísticas indicaram diferenças significativas entre as áreas, evidenciando maior largura de mandíbula na parcela mais densa e valores mais elevados de atributos ligados à visão nas parcelas menos densas. Os resultados revelam que *C. pusillus* apresenta variações compatíveis com plasticidade fenotípica diante das mudanças na estrutura da vegetação, reforçando seu potencial como bioindicadora em estudos que investigam efeitos da complexidade ambiental sobre a fauna de formigas.

**Palavras-chave:** *Cephalotes pusillus*; morfometria; Mata Atlântica;

## ABSTRACT

Ants represent one of the most diverse and ecologically relevant groups in terrestrial ecosystems, exhibiting a wide variety of morphological and behavioral adaptations that allow them to occupy different microhabitats. *Cephalotes pusillus*, a strictly arboreal species widely distributed in biomes such as the Atlantic Forest, stands out for its ecological flexibility and morphological characteristics associated with locomotion and canopy use. Considering that vegetation structure and environmental complexity directly influence functional and morphological aspects of ants, morphometric analysis emerges as an important tool for understanding possible responses to different ecological conditions. In this study, we analyzed how different levels of vegetation density influence the cephalic morphometry of *C. pusillus* in a remnant of Atlantic Forest in the municipality of Alagoinhas, Bahia, Brazil. Three plots with structural vegetation gradients characterized by NDVI and SAVI indices were selected from Landsat 8 images. A total of 90 workers were measured for six cephalic attributes related to visual perception, resource manipulation, and functional performance in arboreal environments. Statistical analyses indicated significant differences between areas, showing greater mandible width in the denser plot and higher values for attributes related to vision in the less dense plots. The results reveal that *C. pusillus* exhibits variations compatible with phenotypic plasticity in response to changes in vegetation structure, reinforcing its potential as a bioindicator in studies investigating the effects of environmental complexity on ant fauna.

**Keywords:** *Cephalotes pusillus*; morphometry; Atlantic Forest;

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização das parcelas no Complexo Vegetacional da Universidade do Estado da Bahia, Alagoinhas/BA.....	16
Figura 2. Análise de componentes principais (PCA).....	23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de densidade da vegetação derivados dos índices espectrais NDVI em três parcelas do Complexo Vegetacional da UNEB, Alagoinhas/BA.....	18
Tabela 2. Valores de densidade da vegetação derivados dos índices espectrais SAVI em três parcelas do Complexo Vegetacional da UNEB, Alagoinhas/BA.....	19
Tabela 3. Distância interocular, distância do olho composto à inserção da mandíbula, comprimento do olho composto, largura da cabeça, largura da mandíbula, comprimento da mandíbula de <i>C. pusillus</i> no Complexo Vegetacional da UNEB, Alagoinhas/BA.....	21

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
1.1. Objetivos.....	11
1.1.1. Objetivo geral.....	11
1.1.2. Objetivo específico.....	11
1.2. Justificativa.....	11
2. Fundamentação teórica.....	12
2.1. Mata Atlântica, ecologia da paisagem e gradientes ambientais.....	12
2.2. Biologia, ecologia e morfologia do gênero <i>Cephalotes</i> .....	14
2.3. Morfometria funcional e plasticidade fenotípica.....	14
3. Materiais e métodos.....	15
3.1. Área de estudo.....	15
3.2. Coleta de dados.....	16
3.2.1. Densidade da vegetação.....	16
3.2.2 Coleta de formigas.....	17
3.3. Tratamento e análises estatísticas dos dados.....	17
4. Resultados e discussões.....	18
5. Conclusão.....	24
6. Referências.....	25

## 1. INTRODUÇÃO

As formigas formam um dos grupos com maior biomassa nos ecossistemas, desempenhando um papel significativo na estrutura das comunidades onde estão presentes (Hölldobler; Wilson, 1990; Lutinski *et al.*, 2024). Elas influenciam na composição e qualidade do solo, e exercem um impacto considerável sobre outros seres vivos, interagindo com outros artrópodes e auxiliando as plantas na dispersão de sementes (Del Toro *et al.*, 2012; Mendonça-Santos *et al.*, 2023), além de usá-los como fonte de alimento, enquanto oferecem proteção contra outros insetos (Fernandes *et al.*, 2021).

A família Formicidae é representada por mais de 14.200 espécies, 342 gêneros e 16 subfamílias (Oberski *et al.*, 2025). Entre estas, destaca-se a subfamília Myrmicinae, que se destaca por ser a mais diversa, reunindo 7.200 espécies (Bolton, 2025). Nesse grupo, a tribo Attini inclui aproximadamente 2.600 espécies distribuídas em 47 gêneros, entre os quais está *Cephalotes*, considerado um dos gêneros de formigas mais antigos e diversos, que reúne formigas estritamente arborícolas, encontradas apenas nas Américas (de Andrade e Baroni-Urbani, 1999). *Cephalotes pusillus* é uma espécie amplamente distribuída em diversos biomas, incluindo a Mata Atlântica e tem sido registrada tanto em florestas densas quanto em áreas mais alteradas, sugerindo uma significativa flexibilidade ecológica (Silva e Brandão, 2010).

A Mata Atlântica é o terceiro maior bioma do Brasil, ocupando aproximadamente 13% do território nacional (IBGE, 2019), e é uma das regiões mais abundantes do mundo em biodiversidade, pois abriga uma enorme riqueza de espécies endêmicas da fauna e flora. Essa formação fitogeográfica possui grande variedade de ecossistemas, devido à sua complexa topografia e variabilidade climática, que vão desde florestas de altitude até manguezais costeiros (Oliveira-Filho e Fontes, 2000; Joly *et al.*, 2014). Em contrapartida, este bioma encontra-se majoritariamente fragmentado e com alto grau de ameaça, principalmente devido a impactos antrópicos decorrentes do desmatamento e uso do solo, dificultando a manutenção da vegetação nativa (Fundação SOS Mata Atlântica; INPE, 2021). Isso constitui como um dos grandes desafios no que tange à conservação da biodiversidade. Diante disso, diversos fatores corroboram a relevância de estudo envolvendo análise de qualidade da paisagem, como o grau de isolamento, efeito de borda e áreas circunvizinhas (Viana *et al.*, 1992).

Nesse sentido, as formigas têm sido utilizadas como bioindicadoras na avaliação da integridade de ecossistemas naturais, devido à sua complexidade estrutural e capacidade de responder sensivelmente a alterações ambientais (Andersen, 1997). Levando em consideração que o tamanho corporal dos organismos é um fator que influencia as interações com o ambiente

(Santos, 2022), torna-se possível investigar a relação de seus traços funcionais com as condições do ecossistema.

A morfometria é uma técnica empregada para medir as disparidades entre espécies, estabelecendo padrões de comparação. Simultaneamente, ecologistas argumentam que a estrutura e o porte de um organismo devem descrever detalhadamente aspectos como alimentação, uso de microambientes, competição e predação (Peres-Neto, 1995; Gibb, 2024). Nesse sentido, a análise morfométrica de formigas é amplamente utilizada em pesquisas biológicas para compreender a diversidade, a evolução e a ecologia desses insetos em diferentes habitats e contextos ambientais, avaliando características específicas, como tamanho corporal, proporções das diferentes partes do corpo e demais traços morfológicos relevantes (Silva e Brandão, 2010).

Desse modo, através da análise morfométrica comparativa, é possível averiguar a possível plasticidade fenotípica das formigas, utilizando-as como bioindicadores da qualidade ambiental, em prol da conservação da biodiversidade.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O presente estudo teve como objetivo verificar se há relação entre a morfometria cefálica de *C. pusillus* e as diferentes condições ecológicas, de acordo com o percentual de cobertura vegetal, no remanescente de Mata Atlântica do complexo vegetacional UNEB, Alagoinhas-BA.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Caracterizar a densidade da vegetação nas três parcelas de estudo por meio dos índices espectrais NDVI e SAVI;

Mensurar os atributos morfométricos cefálicos de *C. pusillus* coletadas em cada parcela;

Comparar estatisticamente os atributos morfométricos entre as parcelas com diferentes densidades vegetacionais;

Avaliar se a variação dos traços morfológicos da formiga está associada às condições ecológicas das parcelas, indicando possível plasticidade fenotípica, além de do seu potencial funcional e desempenho ecológico.

## **1.2 Justificativa**

A fragmentação da vegetação, que é consequência direta da expansão urbana, agrícola e de outras formas de uso do solo, tem provocado profundas alterações na estrutura dos ecossistemas da Mata Atlântica, afetando significativamente a composição, a funcionalidade e

a dinâmica das comunidades biológicas (Fahrig, 2003; Ribeiro *et al.*, 2009; Rocha *et al.*, 2025). Em ambientes arborícolas, modificações na densidade e na complexidade da vegetação alteram não somente a disponibilidade de recursos, mas também as condições microclimáticas e a estrutura tridimensional do habitat, influenciando diretamente o comportamento e a morfologia dos organismos que vivem nesse ambiente (Gibb e Parr, 2013; Magnago *et al.*, 2015).

As formigas, por sua vez, constituem um dos grupos mais sensíveis a alterações ambientais, sendo amplamente utilizadas como bioindicadoras da qualidade do habitat, uma vez que respondem rapidamente a mudanças estruturais e funcionais da paisagem (Kaspari e Weiser, 1999; Del Toro *et al.*, 2012). No caso de espécies estritamente arborícolas, como *C. pusillus*, características morfológicas relacionadas à locomoção, percepção visual e manipulação de recursos podem variar conforme o contexto ecológico, refletindo adaptações funcionais às condições do dossel (Powell, 2008; Vieira *et al.*, 2025).

Dessa forma, investigar se os traços morfométricos de *C. pusillus* variam em resposta a diferentes níveis de densidade vegetal contribui para compreender como a estrutura da vegetação influencia o desempenho ecológico das formigas arborícolas (Weiser, M. D. Kaspari, 2006). Além disso, estudos de morfometria funcional fornecem subsídios importantes para avaliar a plasticidade fenotípica em ambientes naturais, permitindo identificar ajustes sutis, porém ecologicamente relevantes, associados às condições do habitat (Queiroz, 2015; Santos, 2022).

Assim, este estudo justifica-se pela necessidade de integrar atributos morfológicos e características estruturais da vegetação como ferramenta para compreender os efeitos da complexidade ambiental sobre organismos arbóreos. A abordagem proposta também reforça o potencial de *C. pusillus* como bioindicadora, especialmente em paisagens fragmentadas da Mata Atlântica, onde pesquisas que relacionem sensoriamento remoto, estrutura vegetal e respostas funcionais da fauna ainda são escassos (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2020; Ribeiro *et al.*, 2021).

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Mata Atlântica, ecologia da paisagem e gradientes ambientais**

Apesar de ser reconhecida como um dos principais *hotspots* de biodiversidade mundial (Myers *et al.*, 2000), a Mata Atlântica continua submetida a fortes pressões antrópicas que comprometem sua integridade ecológica. A conversão da vegetação nativa para agricultura, pastagens e áreas urbanas reduziu significativamente sua extensão original, resultando em um bioma altamente fragmentado, com apenas uma pequena fração da cobertura sob proteção

formal (Suguituru *et al.*, 2013; Rezende *et al.*, 2018). Essa fragmentação provoca mudanças profundas na paisagem, como a perda de áreas contínuas de floresta, aumento do isolamento dos fragmentos e interrupção dos fluxos ecológicos essenciais à manutenção da biodiversidade (Fahrig, 2017; Wilson *et al.*, 2016).

Além da perda de área, a fragmentação intensifica os efeitos de borda, tornando os remanescentes florestais mais suscetíveis a variações microclimáticas, mudanças na composição da vegetação e maior exposição a distúrbios externos (Laurance *et al.*, 2011; Magnago *et al.*, 2015). Essas alterações estruturais afetam diretamente a fauna associada, especialmente organismos sensíveis à heterogeneidade do habitat, como as formigas.

A análise de paisagem constitui uma ferramenta importante para compreender a estrutura de ecossistemas fragmentados, permitindo avaliar como as características ambientais variam entre áreas e influenciam a fauna associada (Forman e Godron, 1986; McGarigal e Cushman, 2020). Nesse contexto, métricas relacionadas à densidade da vegetação, como as derivadas de índices espectrais (NDVI e SAVI), tornam-se fundamentais para interpretar diferenças na qualidade do habitat e no grau de cobertura vegetal entre os remanescentes florestais (Rouse *et al.*, 1974; Huete, 1988). A variação desses índices reflete alterações na estrutura do dossel, na disponibilidade de recursos e nas condições microclimáticas, aspectos que podem influenciar diretamente o comportamento e o desempenho ecológico da fauna (Sampaio, 2023; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2020).

Diante desse cenário, observa-se um avanço por abordagens adequadas para avaliar a degradação ambiental, com métodos e pesquisas que utilizam organismos capazes de detectar alterações ambientais ao longo do tempo. Os organismos bioindicadores estão presentes em diversos níveis da estrutura biológica, oferecendo informações complementares essenciais para a avaliação do risco ecológico de um ecossistema (Prestes; Vincenci, 2019). As formigas destacam-se nesse contexto por apresentarem alta diversidade, ampla distribuição e sensibilidade a mudanças estruturais do ambiente, sendo reconhecidas como indicadores eficientes da qualidade ambiental (Hölldobler & Wilson, 1990; Del Toro *et al.*, 2012).

Nesse contexto, espera-se que gradientes ambientais associados à fragmentação e à estrutura da vegetação se reflitam em respostas morfológicas dos organismos. Assim, a análise de atributos funcionais, como traços morfométricos, surge como uma abordagem complementar para compreender os efeitos da paisagem sobre a fauna associada. Por isso, investigar a morfometria de formigas e os fatores que a sustentam nos habitats é uma ferramenta crucial para o desenvolvimento de estratégias de preservação de ecossistemas naturais ou ameaçados,

além de contribuir para pesquisas em biogeografia, ecologia e taxonomia (Hölldobler & Wilson, 1990).

## **2.2. Biologia, ecologia e morfologia do gênero *Cephalotes***

Entre as mais de 100 espécies registradas no gênero *Cephalotes*, há variação significativa no tamanho corporal, na forma da cabeça, no tipo de mandíbulas e em suas estruturas defensivas. Essas formigas exibem adaptações específicas à vida no dossel, como corpos achatados, escudos laterais e cabeças modificadas, características que facilitam a locomoção, a ocupação de cavidades e a defesa da colônia em ambientes tridimensionais complexos (Andrade & Baroni-Urbani, 1999; Powell, 2008; Oliveira *et al.*, 2021; Hoenle, 2024).

A espécie *C. pusillus* apresenta uma dieta predominantemente herbívoro-detritívora, consumindo principalmente exsudatos vegetais, néctar extrafloral e secreções de hemípteros; contudo, registros indicam que a predação oportunista de pequenos artrópodes pode ocorrer em determinadas circunstâncias (Souza Júnior, 2002). Além de seus hábitos alimentares, *C. pusillus* realiza um comportamento de planeio que permite às operárias orientarem a queda e retornarem ao tronco quando deslocadas, reduzindo o risco de mortalidade no solo e favorecendo a permanência no dossel (Yanoviak, Munk & Dudley, 2011).

Do ponto de vista estrutural, espécies do gênero *Cephalotes* geralmente nidificam em cavidades previamente existentes em galhos ou troncos ocos, explorando espaços reduzidos e irregulares, muitas vezes resultantes da ação de outros insetos (de Andrade e Baroni-Urbani, 1999). Nesse contexto, variações morfológicas em estruturas cefálicas têm sido registradas em função do ambiente ocupado, indicando sensibilidade às condições ecológicas locais (Powell, 2008; Vieira *et al.*, 2025).

## **2.3. Morfometria funcional e plasticidade fenotípica**

A morfometria funcional refere-se à análise quantitativa de atributos morfológicos associados ao desempenho ecológico dos organismos, permitindo compreender como a forma influencia funções como locomoção, alimentação, defesa e percepção ambiental. Em formigas, essa abordagem tem sido amplamente empregada para investigar respostas a gradientes ambientais e diferenças na estrutura do habitat (Weiser & Kaspari, 2006; Gibb & Parr, 2013).

Traços morfológicos cefálicos, como largura da cabeça, comprimento e largura das mandíbulas e dimensões dos olhos, são considerados particularmente informativos em estudos com Formicidae, pois estão diretamente relacionados à exploração de recursos, à interação com

o ambiente e à navegação no espaço tridimensional do dossel (Kaspari & Weiser, 1999; Silva & Brandão, 2010). Nesse sentido, diversos estudos demonstram que a morfologia funcional das formigas varia sistematicamente ao longo de gradientes ambientais, refletindo ajustes associados à complexidade estrutural do habitat e à disponibilidade de recursos (Schofield et al., 2016; Gibb et al., 2024). Assim, a morfometria funcional constitui uma ferramenta robusta para avaliar como mudanças ambientais influenciam o desempenho ecológico desses insetos.

Desse modo, os traços morfométricos têm recebido destaque nos estudos com formigas por responderem de maneira sensível às mudanças ambientais. Entre esses traços, o tamanho corporal costuma ser um dos mais informativos, pois influencia diretamente a forma como os organismos percebem o ambiente, buscam alimento e interagem com outras espécies (Queiroz, 2015; Santos, 2022). No caso das formigas, a largura da cabeça é amplamente utilizada como um indicador confiável de tamanho corporal, pois se mantém relativamente estável entre indivíduos e está associada a diferentes funções ecológicas (Hölldobler & Wilson, 1990; Kaspari & Weiser, 1999).

No gênero *Cephalotes*, adaptações no formato da cabeça e das mandíbulas contribuem não só para a defesa da colônia, mas também auxiliam a manipulação de líquidos, exsudatos e pequenos fragmentos vegetais, atividades frequentes no cotidiano dessas formigas arborícolas (Powell, 2008). Com isso, observa-se que a variação morfológica em formigas arborícolas, especialmente no gênero *Cephalotes*, está fortemente relacionada às demandas funcionais do ambiente e às pressões seletivas presentes no dossel. Nesse contexto, compreender como características cefálicas se ajustam a diferentes condições ecológicas torna-se fundamental para investigar padrões de adaptação e desempenho nessas espécies.

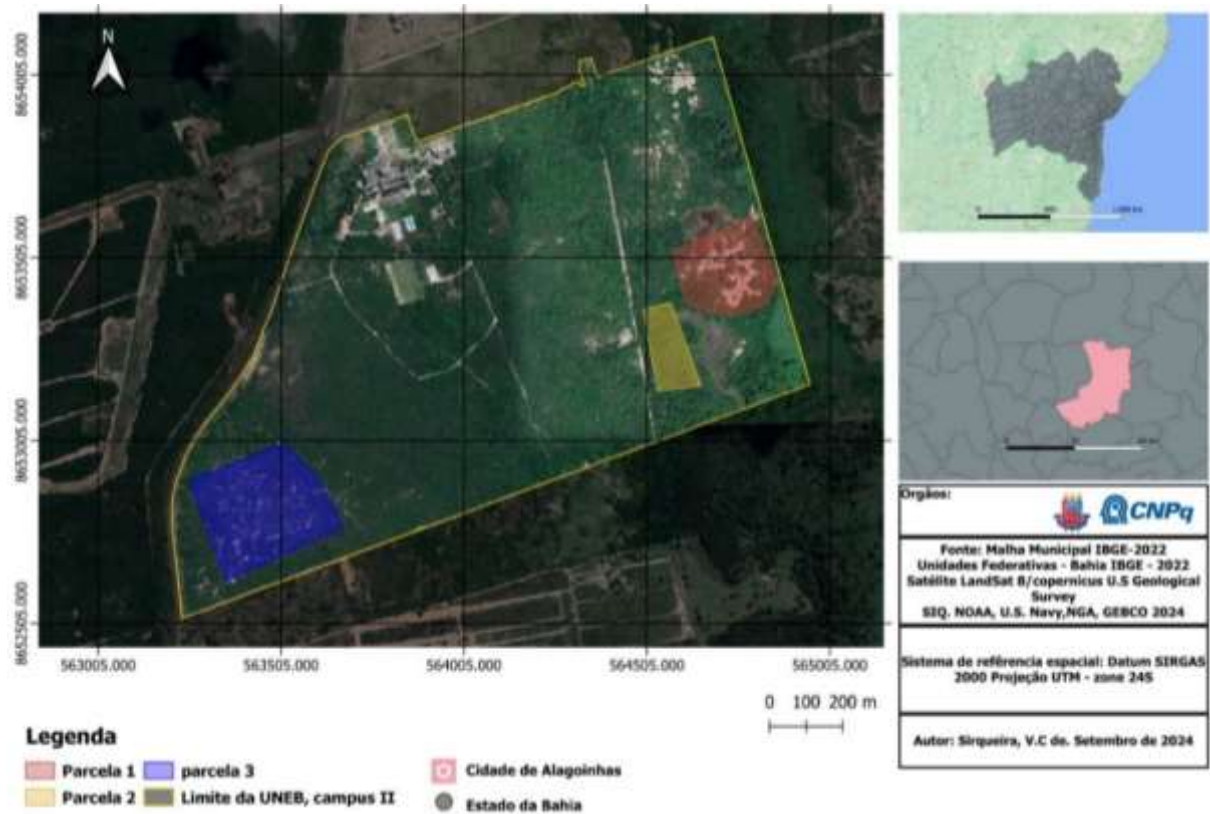
### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no remanescente de Mata Atlântica Complexo vegetacional da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), *Campus II*, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. Este fragmento possui coordenadas de 12°10'42"S; 38°24' 43"W, altitude de 150 metros acima do nível do mar e área total de 50 hectares. A vegetação é Ombrófila densa em estágio médio de regeneração, com distinções fitofisionômicas bem marcadas, variando de áreas menos densas a áreas de alta densidade, devido à influência edafoclimática (Nunes; Matos, 2017).

Foram demarcadas três parcelas experimentais, baseando-se nas diferenças quanto ao percentual de cobertura vegetal para comparação: parcela 1 –12°10'39.49"S 38°24'39.56"O; parcela 2 - 12°11'2.23"S 38°24'29.88"O; parcela 3 –12°11'8.88"S 38°24'49.85"O.

**FIGURA 1.** Localização das parcelas experimentais no Complexo Vegetacional da Universidade do Estado da Bahia, Alagoinhas/BA.



Fonte: Sirqueira, V. C. de., 2024.

## 3.2. Coleta de dados

### 3.2.1 Densidade da vegetação

As métricas da paisagem foram obtidas a partir de imagens do satélite Landsat 8 (nível 2), disponibilizadas pela plataforma Earth Explorer. A partir dessas imagens, foram analisados parâmetros relacionados à densidade da cobertura vegetal. O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) foi utilizado para estimar a vitalidade da vegetação, por ser amplamente empregado para medir biomassa verde e atividade fotossintética, conforme Rouse *et al.* (1974). O *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), por sua vez, foi aplicado como índice complementar, uma vez que reduz a influência do solo exposto e apresenta melhor desempenho em áreas com menor densidade de vegetação, conforme Huete (1988) (Santos, 2022). Assim, o uso combinado dos dois índices permitiu caracterizar mais acuradamente as diferenças estruturais, tendo em vista os distintos contextos ecológicos presentes na área de estudo.

### 3.2.2. Coleta das formigas

Em cada parcela, 25 unidades amostrais foram definidas e marcadas para a coleta de formigas. Essas unidades amostrais foram delimitadas obedecendo a distância de 25 metros, a fim de garantir a independência das amostras, considerando o grupo taxonômico do estudo. Também foram mantidos 50 metros da borda.

As coletas de Formicidae foram realizadas em 75 pontos demarcados por meio do uso de iscas de mel e sardinha (Figura 2), complementadas por coleta manual, no período de dezembro de 2023 a fevereiro de 2024. Os espécimes foram submersos em álcool etílico a 70% e levados ao laboratório para triagem. Os indivíduos de *C. pusillus* foram identificados com base nos critérios taxonômicos de Bolton (2003), Baccaro (2006) e AntWeb (2024). A partir do conjunto total de indivíduos coletados, foram selecionados 30 exemplares para a análise morfométrica em cada parcela, totalizando 90 indivíduos analisados.

Para a mensurar os atributos funcionais, os espécimes foram fotografados utilizando uma câmera HD LITE 1080p acoplada a um estereomicroscópio e conectada ao computador, utilizando o software Capture 2.3. As medidas foram obtidas a partir das imagens capturadas, seguindo procedimentos análogos aos descritos por Silva e Brandão (2010).

As formigas foram submetidas à análise morfométrica considerando um conjunto de atributos cefálicos amplamente empregados na literatura para a inferir o desempenho funcional em Formicidae, especialmente no âmbito da busca de alimento, da manipulação de recursos e da orientação visual. Nesse sentido, entre os diversos parâmetros morfológicos descritos por Silva e Brandão (2014), foram selecionados para este estudo a largura e o comprimento da mandíbula, o comprimento do olho composto, a distância entre o olho composto e a inserção da mandíbula, a largura da cabeça e a distância interocular.

### **3.3. Tratamento e análise estatística dos dados**

Foram realizadas análises estatísticas com o objetivo de verificar diferenças nos atributos morfométricos entre as distintas condições ecológicas das parcelas, definidas de acordo com o percentual de densidade vegetal. Para a comparar as médias das variáveis morfométricas entre as parcelas, empregou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (1952), seguido do teste de média Dunn's (1964), em razão da ausência de normalidade e homogeneidade da variação dos dados.

Posteriormente, foi realizada uma análise multivariada por meio da Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando a matriz de covariâncias considerando que as variáveis analisadas apresentam unidades de medida semelhantes. O nível de significância

adotado em todas as análises foi de 95% ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software PAST® (Hammer; Ryan, 2016).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa da densidade da vegetação com base no NDVI e SAVI (Tabelas 1 e 2) evidenciou variações estruturais entre as parcelas amostradas. E essas diferenças na densidade da vegetação auxiliaram no entendimento do tipo de ambiente em que as operárias de *C. pusillus* estavam inseridas. A parcela 2 apresentou o maior valor médio de densidade, a parcela 3 registrou o menor valor médio, e a parcela 1 apresentou valor intermediário, situando-se entre as duas demais.

**Tabela 1.** Valores de densidade da vegetação derivados dos índices espectrais NDVI em três parcelas do Complexo Vegetacional da UNEB, Alagoinhas/BA.

Densidade da vegetação	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
<b>Espaçada a média</b>	0.32 > 0.35	0.36 > 0.40	0.31 > 0.35
	0.37 > 0.39	0.41 > 0.42	0.35 > 0.38
	0.39 > 0.40	0.43 > 0.44	0.38 > 0.40
<b>Moderadamente densa</b>	0.41 > 0.43	0.44 > 0.45	0.40 > 0.42
	0.44 > 0.45	0.45 > 0.46	0.42 >
	0.46 >	0.46 >	
<b>Média da densidade vegetal</b>	<b>0,4058b*</b>	<b>0,4259a</b>	<b>0,3848b</b>

Fonte: autoral, 2024

**Tabela 2.** Valores de densidade da vegetação derivados dos índices espectrais SAVI em três parcelas do Complexo Vegetacional da UNEB, Alagoinhas/BA.

Densidade da vegetação	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
<b>Moderadamente densa</b>	0.47 > 0.50	0.57 > 0.60	0.46 > 0.52
	0.53 > 0.57	0.60 > 0.62	0.52 > 0.55
	0.57 > 0.61	0.63 > 0.64	0.55 > 0.57
<b>Densidade alta</b>	0.61 > 0.64	0.64 > 0.65	0.57 > 0.59
	0.64 > 0.65	0.65 > 0.68	0.59 > 0.60
	0.65 > 0.68	0.69 > 0.70	0.60 > 0.63
<b>Média da densidade vegetal</b>	<b>0.5933 a</b>	<b>0.6383</b>	<b>0,5771a</b>

Fonte: autoral, 2024.

*Cephalotes pusillus*, espécie predominante em áreas de vegetação densa e florestas tropicais úmidas, demonstra notável capacidade de adaptação em ambientes alterados, embora seja naturalmente encontrada em florestas primárias (Del-Claro, Santos e Souza Junior, 2002). Dessa forma, esteve presente nas três parcelas, desde a mais densa (parcela 2), até as menos densas (parcelas 1 e 3) e mais afetadas pelos fatores antrópicos.

A parcela 2, por apresentar a maior média de densidade demonstra ser a área mais fechada e contínua, com maior sombreamento e galhos mais interligados. Esse tipo de ambiente costuma favorecer deslocamentos mais seguros no dossel e oferecer uma variedade maior de microhabitats que podem influenciar a maneira como a espécie se orienta e explora recursos. Já a Parcela 3 mostrou valores mais baixos, indicando uma vegetação mais aberta. Em ambientes assim, a luz incide com maior intensidade e a estrutura dos galhos tende a ser mais espaçada, o que pode trazer desafios para a locomoção e busca por alimento. E por fim, a Parcela 1 está numa posição intermediária, sugerindo um ambiente que mistura trechos mais fechados com áreas um pouco mais abertas.

A partir dos aspectos morfométricos dos espécimes analisados, os resultados mostraram que as médias das dimensões dos traços funcionais distância interocular (ID) e comprimento do olho (EL) apresentaram maior média na parcela 3 e menor média na parcela 2. Distância do olho composto à inserção da mandíbula (DEM) e largura da cabeça (LC), também apresentaram menor média na parcela 2, enquanto na parcela 1 se obteve a maior média, mas sem diferença significativa em relação à parcela 3 (Tabela 1). A largura da mandíbula (MW) teve destaque,

sendo o único traço funcional com maior média na parcela 2, enquanto apresentou as menores médias nas parcelas 1 e 3.

A variação nos traços cefálicos observada em *C. pusillus* pode não refletir apenas uma resposta mecânica ao ambiente, mas sim um ajuste funcional que dialoga com a literatura sobre formigas arborícolas (Yaanoviak; Kaspari, 2000). Enquanto a maior acuidade visual (ID e EL) na parcela 3 sugere uma estratégia de forrageio dependente da visão em dosséis abertos, a morfologia da parcela 2 indica uma especialização para ambientes complexos. Embora esses dados sugiram uma plasticidade fenotípica, como um ajuste individual rápido, a persistência de mandíbulas maiores (MW) na parcela 2 pode indicar uma adaptação local, onde pressões seletivas constantes moldam linhagens mais eficientes para aquele micro-habitat específico.

A largura da cabeça, reconhecida como um indicador confiável do tamanho corporal em formigas (Hölldobler e Wilson, 1990; Kaspari e Weiser, 1999), apresentou valores menores na parcela mais densa, possivelmente refletindo adaptações funcionais ao microhabitat arbóreo. Ambientes estruturalmente complexos tendem a favorecer indivíduos menores e com cabeça mais estreita, facilitando a movimentação em cavidades e espaços reduzidos, característica típica do gênero *Cephalotes*, que utiliza troncos ocos e galerias naturais para nidificação (de Andrade e Baroni-Urbani, 1999; Oliveira, 2020).

Além disso, estudos mostram que a estrutura da vegetação influencia diretamente a morfologia de formigas arbóreas, com habitats mais densos selecionando morfologias mais compactas (Gibb e Parr, 2013). Por outro lado, parcelas mais abertas, com maior incidência de luz, podem favorecer cabeças mais largas devido ao uso mais eficiente da visão em ambientes iluminados (Narendra *et al.*, 2016; Fischer *et al.*, 2014). Assim, a variação observada na largura da cabeça entre as parcelas é coerente com padrões funcionais descritos para formigas arborícolas, refletindo respostas às diferenças estruturais e luminosas do ambiente.

**Tabela 3.** Distância interocular, distância do olho composto à inserção da mandíbula, comprimento do olho composto, largura da cabeça, largura da mandíbula, comprimento da mandíbula de *C. pusillus* no Complexo Vegetacional da UNEB, Alagoínhas/BA.

Parcela	Média ± Desvio Padrão*
ID – Distância interocular	
1	2,86 ± 0,78 a
2	2,28 ± 0,26 b
3	3,13 ± 0,69 a
DEM – Distância do olho composto à inserção da mandíbula	
1	1,51 ± 0,29 a
2	1,20 ± 0,12 b
3	1,49 ± 0,29 a
EL – comprimento do olho composto	
1	0,87 ± 0,07 a
2	0,78 ± 0,09 b
3	0,92 ± 0,15 a
LC – Largura da cabeça	
1	4,04 ± 0,64 a
2	3,23 ± 0,43 b
3	3,95 ± 0,65 a
MW – Largura da mandíbula	
1	0,29 ± 0,06 b
2	0,43 ± 0,80 a
3	0,37 ± 0,18 b

\*Letras iguais na mesma coluna as médias não diferem significativamente pelo teste de Dunn ( $p > 0,05$ ).

Fonte: autoral, 2024.

O fato de as parcelas 1 e 3 apresentarem as maiores médias para comprimento do olho, e menor média na parcela 2, também é um resultado significativo, pois corrobora com a Hipótese do Tamanho do Olho, que discute a relação da disponibilidade de luz (Weiser e Kaspari, 2006; Schofield *et al.*, 2016). Essa hipótese afirma que, em locais com baixa condição de luminosidade, a utilidade da orientação pela visão se torna menor, favorecendo

outros sentidos e reduzindo a pressão seletiva para olhos maiores nas florestas mais densas (Schofield *et al.*, 2016; Guilherme, 2018). Isso pode explicar a média mais baixa acerca do tamanho dos olhos na parcela 2. O tamanho dos olhos pode influenciar a navegação em ambientes com variações de luminosidade típicas do dossel, onde a orientação visual é fundamental para a locomoção e a manutenção das atividades da colônia.

A parcela 2 apresentou maior média de largura de mandíbula entre as áreas analisadas, o que, à primeira vista, poderia se alinhar ao padrão descrito pela “Hipótese da Especialização Predatória para formigas”, segundo a qual ambientes mais densos tendem a abrigar espécies com mandíbulas proporcionalmente maiores, enquanto espécies de ambientes menos complexos e mais abertos, geralmente exibem mandíbulas menores (Schofield *et al.*, 2016; Guilherme, 2018; Silva e Brandão, 2010). Embora essa hipótese tenha sido formulada inicialmente para espécies predadoras, ela pode servir como um modelo conceitual para interpretar essas tendências morfológicas em *C. pusillus*, principalmente como resultado de pressões seletivas mais amplas associadas ao ambiente de dossel.

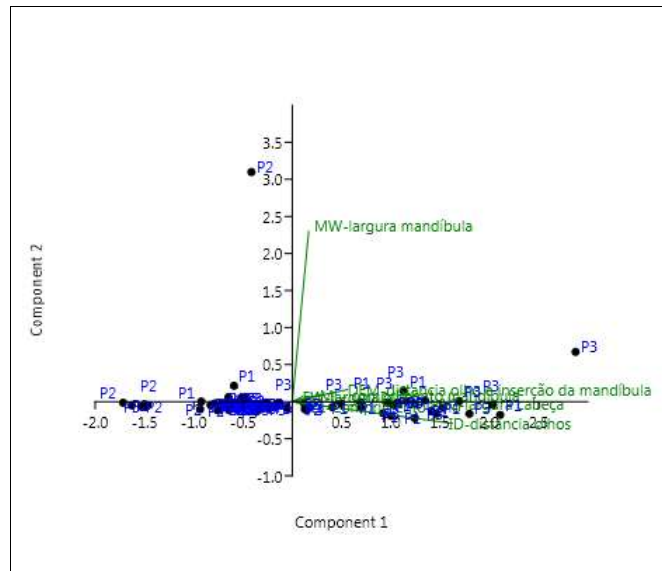
No caso de *C. pusillus*, que não é uma espécie essencialmente predadora, as mandíbulas mantêm importância funcional em diversos aspectos da ecologia arbórea como manipulação de líquidos, raspagem de superfícies vegetais, coleta de exsudatos e defesa do ninho, ou seja, atividades que também podem ser influenciadas pela estrutura do ambiente (Powell, 2008). Essa associação da mandíbula com recursos vegetais e microhabitats arbóreos é enfatizada em trabalhos taxonômicos e ecológicos sobre o gênero.

Ambientes mais complexos e fechados, como o da Parcela 2, tendem a oferecer maior diversidade de microhabitats, superfície vegetal mais abundante e estrutura tridimensional mais contínua. Esses fatores podem demandar maior precisão na manipulação de recursos líquidos ou semissólidos e maior eficiência em atividades como defesa e exploração de cavidades naturais (de Andrade e Baroni Urbani, 1999; Yanoviak *et al.*, 2011). Em tais condições, é possível que mandíbulas ligeiramente maiores possam representar uma vantagem funcional, mesmo em uma espécie detritívora-herbívora como *C. pusillus*.

Nas Parcelas 1 e 3, que apresentam menor densidade vegetal, as médias mais baixas de largura de mandíbula são coerentes com a expectativa de ambientes mais abertos, onde a disponibilidade de exsudatos e microhabitats é menor e mais esparsa. Nesses contextos, estruturas mandibulares menores podem ser suficientes para o tipo de manipulação de recursos mais frequente nessas áreas, reduzindo a necessidade de traços mais robustos. Desse modo, a tendência morfológica identificada neste estudo reforça a ideia de que a variação funcional em formigas arborícolas está intimamente ligada às condições ecológicas locais, sendo moldada

pela disponibilidade de recursos, pelo tipo de substrato e pela estrutura tridimensional da vegetação. Esse resultado confirma também a hipótese de que a plasticidade fenotípica e potencial funcional e ecológico de formigas varia em função das condições ecológicas de áreas naturais.

**Figura 2.** Análise de componentes principais (PCA).



**Fonte:** autoria própria, 2024.

A variabilidade dos dados dos traços funcionais nas parcelas 1, 2 e 3 está representada na análise de componentes principais (PCA) (Figura 1), que organiza os dados com base em sua semelhança. Foi possível observar que o primeiro componente contribuiu com 76,66% para explicar a variação dos dados de acordo com as parcelas, enquanto o segundo componente contribuiu com 11,48%. Quando um dado se destaca significativamente, indica a influência de um fator específico, como foi possível observar no destaque da largura da mandíbula na parcela 2. Isso sugere que esse traço funcional teve suas medidas realmente muito influenciadas pelas características da densidade da vegetação da parcela em questão.

Os resultados do PCA sugerem que padrões consistentes de variação morfológica entre as parcelas, destacando a largura média da mandíbula na parcela 2 como um dos principais eixos de diferenciação. Esse traço funcional apresentou associação clara com a densidade vegetal da parcela, indicando que variações na estrutura do habitat estão relacionadas a ajustes morfológicos em *Cephalotes pusillus*.

Comparar as características morfométricas de *C. pusillus* permitiu uma análise mais ampla dos impactos na sua morfologia em diferentes contextos ecológicos. Essa abordagem

possibilitou investigar características como a largura das mandíbulas, que podem ser influenciadas por outros fatores ecológicos e funcionais. Assim, esses resultados contribuíram para uma melhor compreensão das pressões seletivas que atuam sobre essas formigas arborícolas em distintas condições ecológicas.

Desse modo, os achados deste estudo abrem caminhos relevantes para investigações futuras, especialmente no que tange ao uso de *C. pusillus* como uma ferramenta de biomonitoramento em áreas fragmentadas de Mata Atlântica. As evidências de plasticidade fenotípica observadas sugerem que variações sutis na morfometria cefálica podem servir como indicadores precoces de estresse ambiental ou de mudanças na complexidade estrutural do dossel antes mesmo que ocorram perdas na riqueza de espécies. Estudos seguintes podem investigar se esses ajustes morfológicos em resposta à densidade da vegetação impactam a taxa de sobrevivência e o sucesso reprodutivo das colônias a longo prazo. Além disso, seria oportuno expandir esta análise para uma escala de paisagem mais ampla, integrando dados de conectividade entre fragmentos e diversidade de recursos alimentares, a fim de compreender como a fragmentação antrópica molda não apenas a forma, mas o papel funcional dessas formigas nos ecossistemas tropicais.

## 5. CONCLUSÃO

A densidade da vegetação exerce influência sobre determinados aspectos morfométricos de *C. pusillus*. Entre esses traços, destacam-se a largura dos olhos, associada à capacidade de percepção visual em ambientes com diferentes condições de luminosidade, e a largura das mandíbulas, relacionada à manipulação de recursos e às estratégias de forrageio. Esses padrões evidenciam que variações na estrutura da vegetação podem modular características funcionais importantes para o desempenho ecológico das formigas arborícolas.

## 6. REFERÊNCIAS

AMARAL, G. C. do; VARGAS, A. B; ALMEIDA, F. S. Avaliação das interações da fauna de formigas em diferentes usos do solo. **Biodiversidade Brasileira**, 2021.

ARROYO-RODRÍGUEZ, V. *et al.* Designing optimal human-modified landscapes for forest biodiversity conservation. **Ecology Letters**, 23, 1404–1420. 2020.

BOLTON, B. An online catalog of the ants of the world. **AntCat**. 2025. Disponível em <https://antcat.org> Acesso em: 05 de dezembro de 2025.

DE ANDRADE, M. L.; BARONI-URBANI, C. Diversity and adaptation in the ant genus *Cephalotes*, past and present. **Stuttgart Beiträge zur Naturkunde Serie B**. (1999).

Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/81580>

DEL-CLARO, Kleber; SANTOS, Jean Carlos; SOUZA JUNIOR, Antonio Durães. Etograma da Formiga Arborícola *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824) (Formicidae: Myrmecinae). **Revista de Etologia**, v4, n1, 31-40. 2002.

DUNN, O. J. Multiple comparisons using rank sums. **Technometrics**, v. 6, n. 3, p. 241–252, 1964.

FAHRIG, L. Ecological responses to habitat fragmentation per se. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 48, 1–23. 2017.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, p. 487–515, 2003.

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

GIBB, H.; 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, 2013.

GIBB, H.; *et al.* Morphological Strategies in Ant Communities along environmental gradients. **Biodiversity**, 2024.

GUILHERME, Diego Rodrigues. **Traços morfológicos contrastantes em assembleias de formigas ao longo de um gradiente ambiental na Bacia Amazônica**. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Mestrado em Entomologia. Manaus, 2018.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583–621, 1952.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2016. *PAST 4.3 – Palaeontological statistics*. Disponível em: <<http://folk.uio.no/ohammer/past/>>. Acesso em: OUT. 2024.

HOENLE, P. O. *et al.* First record of *Cephalotes pusillus* nesting in a Sphecidae nest. **EntomoBrasilis**, 2024.

HÖLDOBLER, B; WILSON, E. O. **The Ants**. The Harvard University Press. 1990.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295–309, 1988.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2019. 168p. 2019.
- LAURANCE, W. F. *et al.* The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. **Biological Conservation**, v. 144, p. 56–67, 2011.
- LUTINSKI, J. A. *et al.* Ants as bioindicators of habitat conservation in a conservation area of the Atlantic Forest biome. **Sociobiology**, 2024.
- NARENDRA, A.; GREINER, B.; RIBI, W. A.; ZEIL, J. Spatial vision in dim light: Highlights of visual adaptations in nocturnal ants. **Journal of Experimental Biology**, 2016. 219, 2677–2688.
- MAGNAGO, L. F. S. *et al.* Functional attributes change across a tropical forest edge. **Journal of Ecology**, 103, 408–420, 2015.
- MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A. Multiscale habitat selection modeling: a review and outlook. **Landscape Ecology**, 35, 2175–2196, 2020.
- MENDONÇA-SANTOS, R. G. *et al.* A case study with canopy ants in a biodiversity hotspot. **Acta Oecologica**, 2023.
- MOREIRA, Ana Flávia Magalhães. **Plasticidade fenotípica e simulação de traços funcionais em populações de *atta sexdens sexdens* (linnaeus,1758) (formicidae: hymenoptera) por idade de eucaliptais no litoral norte e agreste da Bahia**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e da Terra. Mestrado em Modelagem e Simulação de Biosistemas. Alagoinhas, 2023.
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–858, 2000.
- OBERSKI, J. *et al.* Ant systematics: past, present, and future. *Insect Systematics and Diversity*, 2025.
- OLIVEIRA, A. M. DE. **Estudo taxonômico das espécies do gênero *Cephalotes* Latreille, 1802 ocorrentes no Brasil**. Universidade Federal do Paraná. 2020.
- OLIVEIRA, A. M., POWELL, P., & FEITOSA, R. M. A taxonomic study of the Brazilian turtle ants (Formicidae: Myrmicinae: *Cephalotes*). **Revista Brasileira de Entomologia**, 65(3). 2021.
- POWELL, S. Ecological specialization and the evolution of a specialized caste in *Cephalotes* ants. **Functional Ecology**, 2008.
- REZENDE, C. L. *ET AL.* From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, 16, 208–214. 2018.
- RIBEIRO, M. C. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141–1153, 2009.

ROCHA, E. S. *et al.* Using ant community data for monitoring tropical forest restoration: implications for Atlantic Forest. **Tropical Conservation Science**. 2025.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: **Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**. Washington, DC: NASA, 1974. p. 309–317.

SAMPAIO, R. C. Effects of Vegetation Structure on Ant Diversity in Different Habitats. **Sociobiology**, 2023.

SANTOS, J. E. B. Avaliação do desempenho dos índices de NDVI, SAVI e EVI na análise da cobertura de uso do solo. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – **Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.

SANTOS, Kênia A. **Relações das características morfológicas das formigas com processos ecológicos de predação e de remoção de sementes e variáveis ambientais em fragmentos florestais**. 2022. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2022.

SCHOFIELD, Sophie F., BISHOP, Tom R., PARR, Catherine L. Morphological characteristics of ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) differ among contrasting biomes. **Myrmecological News** 23, 2016.

SOUZA JÚNIOR, A. D. **Etograma da formiga arborícola *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824) (Hymenoptera: Formicidae)**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Uberlândia. 2002.

VIANA, Virgílio M.; TABANEZ, A. A. J.; MARTÍNEZ, Juan LA. Restauração e manejo de fragmentos florestais. **Revista do Instituto Florestal**, [s.l.], v. 4, n. 2, p. 400-406, 1992.

VIEIRA, J., NEVES, K. C., ZUANON, L. A., GIBB, H., ANDERSEN, A. N., & VASCONCELOS, H. L. Vertical Stratification Increases the Capacity of Morphological Traits to Predict Trophic Position in Neotropical Ants. **Ecology and evolution**, 15(7), e71850. 2025. <https://doi.org/10.1002/ece3.71850>

YANOVIK, S. P., MUNK, Y., & DUDLEY, R. Evolution and ecology of directed aerial descent in arboreal ants. **Integrative and Comparative Biology**, 51(6), 944–956. (2011).

WEISER, M. D.; KASPARI, M. Ecological morphospace of New World ants. **Ecological Entomology**, v. 31, n. 2, p. 131–142, 2006.

WILSON, M. C. *et al.* Habitat fragmentation and biodiversity conservation: new findings and future challenges. **Biological Conservation**, 197, 200–206. 2016.