



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E EVOLUÇÃO**

**JOANES DE JESUS MOREIRA NUNES**

**ESTRUTURAÇÃO DA ASSEMBLEIA DE FORMIGAS ARBORÍCOLAS EM  
FLORESTA E ÁREAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA PÓS MINERAÇÃO NA  
AMAZÔNIA**

**BELÉM, PA**

**2022**



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**  
**MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E EVOLUÇÃO**

**JOANES DE JESUS MOREIRA NUNES**

**ESTRUTURAÇÃO DA ASSEMBLEIA DE FORMIGAS ARBORÍCOLAS EM  
FLORESTA E ÁREAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA PÓS MINERAÇÃO NA  
AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução, Área de Concentração Evolução e Dinâmica da Diversidade Biológica para obtenção do Título de Mestre.

**Orientador:**

Rogério Rosa da Silva

**Coorientador:**

Ricardo Eduardo Vicente

**BELÉM, PA**

**2022**



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**  
**MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E EVOLUÇÃO**

**JOANES DE JESUS MOREIRA NUNES**

**ESTRUTURAÇÃO DA ASSEMBLEIA DE FORMIGAS ARBORÍCOLAS EM  
FLORESTA E ÁREAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA PÓS MINERAÇÃO NA  
AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução - PPGBE

Aprovada em ...../...../.....

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Rogério Rosa da Silva – Orientador  
Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG

---

Prof. Dr. Ricardo Eduardo Vicente - Coorientador  
Instituto Nacional da Mata Atlântica - INMA

---

Prof. Dr. Mário Augusto Gonçalves Jardim – 1º Examinador  
Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG

---

Prof. Dr. Filipe Viegas de Arruda – 2º Examinador  
Instituto Nacional de Pesquisa do Pantanal - INPP

---

Prof. Dr. Antônio Cesar Medeiros de Queiroz – 3º Examinador  
Universidade Federal de Lavras - UFLA

Dedico essa conquista à minha mãe Maria Domingas Moreira, ao meu tio Raimundo Moreira e ao meu grande amigo Marcelino Oliveira (*in memoriam*), que não pode está ao meu lado nesse momento tão importante na minha vida, mas que sempre torceu por mim.

*“Não importa o que aconteça, continue a nadar”.*  
(WALTERS, GRAHAM; Procurando Nemo, 2003)

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste mestrado.

A todos os meus familiares, em especial a minha mãe Maria Domingas Moreira e ao meu tio Raimundo Moreira, por me apoiarem desde o início da minha carreira acadêmica e por vibrarem muito comigo nos momentos de felicidade.

Aos meus dois grandes amigos Marcelino Oliveira (*in memoriam*) e Gabriela Correia, que sempre me incentivaram a não desistir dos meus sonhos e estiveram presentes nos momentos mais felizes e mais difíceis da minha vida. Obrigado por tudo, vocês foram essenciais para minha formação acadêmica.

Aos discentes do Laboratório de Morfologia e Ecologia Funcional de Formigas – AntMor, em especial Rony Peterson e Joudellys da Silva pelas considerações indispensáveis para desenvolvimento da dissertação e pela ajuda durante a realização das análises de dados. E meu trio Emely Laiara e Victória de Nazaré (Sobreviventes do AntMor) pelo suporte, carinho, apoio e disponibilidade em me ajudar durante os perrengues do mestrado em meio a uma pandemia, amo vocês.

Ao grupo de apoio psicológico coordenado pelo psicólogo Mauri Gaspar e aos participantes: Carol Umezaki, Fabian Garcia, Leda Mayara, Debora Lopes, Lais Jacob, Tássia Takashima, Marina Gomes, Emely Laiara, agradeço muito por cada incentivo, apoio e pelas trocas que tivemos durante o projeto.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rogerio Rosa da Silva e ao meu coorientador Prof. Dr. Ricardo Eduardo Vicente pelo tempo, disponibilidade e pelos conhecimentos repassados. Obrigado por acreditar em mim, isso foi importante durante o mestrado.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução (PPGBE) pelos suportes disponibilizados e pela oportunidade de adquirir conhecimento junto aos docentes que fizeram parte desta jornada.

À Hydro Mineração Paragominas e a Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

A todos(as), sou imensamente grato.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	08
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	09
<b>RESUMO</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	16
3.2 COLETA DAS FORMIGAS EM VEGETAÇÃO.....	17
3.3 ANÁLISE DE DADOS.....	20
<b>4. RESULTADOS</b> .....	22
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	30
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	33
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	34
<b>APÊNDICES</b> .....	42

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Modelo ANCOVA para o efeito do ambiente (floresta ou regeneração florestal) e da densidade de árvores sobre a riqueza observada de espécies de formigas arborícolas em uma área de mineração de bauxita em Paragominas, sudoeste do Pará.....23

**Tabela 2.** Lista das espécies de formigas arborícolas em áreas de regeneração natural e floresta na mineração Hydro/Alunorte, em Paragominas, PA, Brasil. As colunas mostram o número de registros para cada ambiente considerando três campanhas de coleta (isso é, número acumulado de ocorrências por parcela em plantas com CAP  $\geq$  10 cm) .....24

**Tabela 3.** PERMANOVA baseada na matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis, aplicada a estrutura da comunidade para os ambientes amostrados (regeneração natural e floresta). Valor de p em negrito indica significância estatística ( $p < 0,05$ ).....26

**Tabela 4.** Contribuição das espécies de formigas arborícolas para a dissimilaridade entre os ambientes (floresta e regeneração natural), usando dados de frequência de ocorrência de formigas. **Contrib % nr** (Porcentagem de contribuição de cada espécie na Regeneração natural); **Contrib % flo** (Porcentagem de contribuição de cada espécie na Floresta); **Cum %** (porcentagem de contribuição acumulada para dissimilaridade entre os ambientes); **p** (indica significância estatística.) \*\*\*  $p \leq 0.001$ ; \*\*  $p \leq 0.001$ ; \*  $p \leq 0.05$ .....28



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa da localização do sítio de estudo. (A) Posição geográfica do sítio de mineração; (B) mapa de uso do solo do perímetro a ser minerado. Fonte: Arleu Viana .....16
- Figura 2.** Mapa da área de estudo (A); áreas de floresta (em verde escuro) (B); áreas de regeneração natural implantadas em 2014 (em verde-oliva) (C). Em cada ambiente, sete transectos foram estabelecidos (pontos escuros) .....17
- Figura 3.** Desenho amostral em cada área de coleta e seleção de plantas para amostragem de formigas arborícolas .....18
- Figura 4.** Método de coleta do presente estudo. Coleta em área de floresta (A), em área de regeneração natural (B). Fonte: César Favacho (2019).....19
- Figura 5.** Diagrama de Venn com o número de espécies de formigas arborícolas compartilhadas e exclusivas da regeneração natural e floresta.....22
- Figura 6.** Riqueza de formigas arborícolas em relação à densidade de árvores com CAP  $\geq 10$  cm em áreas de floresta e áreas de regeneração natural. Forest (floresta), RN (regeneração natural). As linhas representam os valores esperados para o modelo ANCOVA para cada ambiente.....23
- Figura 7.** *Non-Metric Multidimensional Scaling* (NMDS) da fauna de formigas arborícolas em áreas de regeneração natural e floresta na mineração da mineradora Hydro/Alunorte, em Paragominas, PA, Brasil. A ordenação das amostras foi realizada utilizando dados de ocorrência de formigas arborícolas e Bray-Curtis como índice de dissimilaridade.....27
- Figura 8.** Análise de classificação multinominal de espécies (CLAM) de formigas arborícolas segundo quatro classes e de acordo com o número de ocorrência das espécies nos ambientes.....29

## RESUMO

A modificação ambiental ocasionada por atividades antrópicas, como a mineração, gera uma drástica modificação na paisagem, na biodiversidade local e na estrutura de solo, bem como poluição atmosférica e hídrica. Uma alternativa eficiente e cada vez mais adotada pelas mineradoras, para quantificar e monitorar as mudanças ambientais locais e esforços de restauração florestal na Amazônia, é o uso de bioindicadores. As formigas são consideradas ótimos bioindicadores e têm sido usadas como uma ferramenta apropriada em estudos de impactos ambientais causados por fogo, fragmentação de habitats, mineração ou recuperação após supressão vegetal. Em comparação com a grande quantidade de trabalhos usando formigas de solo como bioindicadores, poucos estudos avaliam a resposta da diversidade de formigas arborícolas a distúrbios ambientais, principalmente em áreas sob regeneração natural. O presente trabalho tem por objetivo averiguar se a técnica de regeneração natural em áreas de restauração florestal na Amazônia Oriental promove a recuperação da estrutura da comunidade de formigas arborícolas, usando áreas de floresta como referência. A área de estudo está localizada no município de Paragominas, nordeste do estado do Pará, dentro dos limites das áreas de extração de minério de bauxita da mineradora Hydro-Alunorte. Para a amostragem das formigas arborícolas foram selecionadas 14 áreas, sendo sete em ambiente de floresta e sete em áreas de regeneração natural pós-mineração estabelecidas em 2014. Em cada área amostral foi demarcado um transecto de 250 m de comprimento e 4 m de largura. Todas as árvores e arbustos com circunferência na altura do peito (CAP)  $\geq 10$  cm foram marcadas, identificadas e a fauna de formigas até 10 m de altura da parte foliar foi amostrada usando o método de agitação de folhagem. Foram registradas 2.244 ocorrências de formigas em plantas, classificadas em 79 espécies, 22 gêneros e 8 subfamílias. Formicinae e Pseudomyrmecinae foram as subfamílias com maior número de espécies na floresta e na área de regeneração natural, respectivamente. O gênero com maior número de espécies na floresta foi *Camponotus* (12 ssp); na regeneração natural, *Pseudomyrmex* apresentou maior número de espécies (16 ssp). A riqueza total de espécies difere entre os ambientes quando densidade de árvores foi considerada; a composição de espécies foi também significativamente diferente entre floresta e regeneração natural. *Cephalotes pusillus* e *Crematogaster sotobosque* foram as espécies mais frequentes e classificadas como especialistas na regeneração natural e floresta, respectivamente. Os resultados sugerem que as condições ambientais das áreas de regeneração natural, implantadas há 5 anos, exercem ainda forte seleção de colonização e composição de espécies de formigas de vegetação.

**Palavras- chave:** Ecologia de Comunidades, Recuperação de áreas degradadas, Bauxita, Regeneração natural, Invertebrados.

## ABSTRACT

The environmental modification caused by anthropic activities such as mining generates a drastic modification of the landscape, local biodiversity, and soil structure, as well as air and water pollution. The use of bioindicators is an efficient alternative that is increasingly being adopted by mining companies in the Amazon to quantify and monitor local environmental changes and forest restoration efforts. Ants are considered great bioindicators and have been used as an appropriate tool in studies of environmental impacts caused by fire, habitat fragmentation, mining, or recovery after vegetation suppression. In comparison to the large number of studies using soil ants as bioindicators, few studies evaluated the response of arboreal ants to environmental disturbances, especially in areas under natural regeneration. The present work aims to investigate whether the natural regeneration technique used in forest restoration in the Eastern Amazon promotes the recovery of the structure of the arboreal ant community. To do this, we compared natural regeneration and forested areas. The study area is located in the municipality of Paragominas, northeastern of the state of Pará, within the boundaries of the bauxite extraction areas of the mining company Hydro-Alunorte. We selected 14 sites, seven in forest areas and seven in post-mining natural regeneration areas, which were established in 2014. In each site we sampled a 250 m long and 4 m wide transect. All trees and shrubs with circumference at breast height (WCH)  $\geq 10$  cm were marked, identified, and the ant fauna up to 10 m in height of the leaf part was sampled using the foliage agitation method. We recorded 2,244 ant occurrences on plants, classified into 79 species, 22 genera and 8 subfamilies. Formicinae and Pseudomyrmecinae were the subfamilies with the highest number of species in the forest and in the natural regeneration areas, respectively. The genus with the greatest number of species in the forest was *Camponotus* (12 ssp); in natural regeneration, *Pseudomyrmex* showed the greatest number of species (16 ssp). Total species richness differed between environments when tree density was accounted for; species composition was significantly different between forest and natural regeneration. *Cephalotes pusillus* and *Crematogaster sotobosque* were the most frequent species and classified as specialists in natural regeneration and forest areas, respectively. Our results suggest that the environmental conditions of the natural regeneration areas, deployed 5 years ago, still exert strong colonization selection on species composition of arboreal ants.

**Key-words:** Community ecology, Recovery of degraded areas, Bauxite, Natural regeneration, Invertebrates.

## 1. INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade extrativa essencial à sociedade, desempenhando um importante papel nos setores básicos da economia do país (SILVA, 2007). Entretanto, é considerada umas das atividades antrópicas mais impactantes ao meio ambiente (RIBAS et al., 2012a), alterando completamente a paisagem, resultando em uma drástica modificação na estrutura do solo e da biota associada, bem como poluição do ar e da água (MADEIRA et al., 2009; GARDNER, 2010). Estes impactos gerados, acabam criando um cenário dicotômico entre a economia e a conservação da biodiversidade (MARTINS et al., 2007; RABELLO et al., 2015).

As mineradoras são consideradas responsáveis pela mitigação dos impactos causados ao ambiente, gerados por suas atividades minerárias, e pela implementação de técnicas que visem a recuperação do ecossistema, de acordo com o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) (GRIFFITH, 1992; SILVA, 2007). Para tanto, é indispensável a realização do monitoramento da qualidade ambiental das áreas mineradas, bem como a obtenção de informações sobre o sucesso das técnicas utilizadas pela mineradora para restauração dos processos ecossistêmicos (NIEMI & MCDONALD, 2004).

Considerando o acentuado crescimento da exploração mineral no Brasil, estudos que abordem a manutenção e recuperação da biota e do funcionamento de ecossistemas alterados por essa atividade são temas relevantes para conservação (RABELLO et al., 2015; COSTA et al., 2020). No Brasil, o estado que mais se destaca em pesquisas relacionadas à mineração é Minas Gerais com 16,43% da produção científica, seguido do Pará com 11,29% e Santa Catarina com 7,66%. Além disso, entre biomas, a Mata Atlântica é o bioma mais estudado com aproximadamente 30% das pesquisas, seguido pela Amazônia (25%) e Cerrado (24%); Pantanal com 4% é o bioma menos avaliado (COSTA et al., 2020). De acordo com o Relatório Anual de 2020 do Sindicato das Indústrias Minerárias do Estado do Pará-SIMINERAL, o estado do Pará segue ocupando o 1<sup>a</sup> lugar no ranking das exportações minerais do Brasil, contribuindo com 38% das exportações minerais, exportando US\$ 18,562 bilhões, 15% a mais do que em 2019, fazendo do setor mineral o grande vetor de crescimento do comércio exterior paraense (SIMERAL, 2020).

Uma das alternativas mais eficazes e cada vez mais adotada pelas mineradoras para identificar e monitorar as mudanças na biodiversidade é o uso de espécies - ou mesmo grupo de espécies - que possam atuar como bioindicadores de perturbações ou recuperação ambiental

(SANTOS et al., 2006). Os invertebrados são considerados bons bioindicadores por apresentarem várias características, tais como: uma elevada abundância e diversidade, ocupação de diversos nichos tróficos, importância ecológica, sensibilidade a variações ambientais e fácil amostragem (ALONSO & AGOSTI, 2000; RAMOS et al., 2003; GARDNER, 2010). Atrelado a isso, as formigas (Hymenoptera: Formicidae) ainda apresentam uma ampla distribuição geográfica e uma taxonomia e ecologia relativamente bem conhecida (UNDERWOOD & FISHER, 2006; PHILPOTT et al., 2010; RABELLO et al., 2015).

As formigas também desempenham papéis ecológicos importantes nos ecossistemas, como ciclagem de nutrientes (SOUSA-SOUTO et al., 2007), aeração do solo (FROUZ & JILKOVA, 2008), controle biológico (SCHIFANI et al., 2020) e dispersão de sementes (CLEMENTE & WHITEHEAD, 2020). Devido às características ecológicas e aos papéis ecossistêmicos, as formigas são frequentemente utilizadas como uma ferramenta poderosa no estudo de ambientes degradados ou em estágios de regeneração, permitindo inferências confiáveis sobre as implicações ecológicas e funcionais dos impactos (WINK, 2005; WILSON, 2010; RIBAS et al., 2012; RABELLO et al., 2015). Formigas têm sido utilizadas para avaliar vários tipos de impactos ambientais como fogo (ARRUDA et al., 2020), fragmentação (PAOLUCCI et al., 2012), mineração e recuperação pós mineração (HOLEC et al., 2006; MAJER et al., 2007).

O uso de formigas como indicadores de impactos ambientais é amplamente difundido na Austrália (ANDERSEN & SPARLING, 1997; HOFFMANN & ANDERSEN, 2003; ANDERSEN et al., 2004). No Brasil, tradicionalmente, os estudos envolvendo formigas em áreas de mineração buscam entender os efeitos dessa atividade antrópica sobre a mirmecofauna e a trajetória de recuperação da fauna em áreas de reabilitação, usando como medidas índices de diversidade como riqueza e composição de espécies com maior frequência (e.g. MAJER, 1992, 1996; DIEHL et al., 2004; PEREIRA et al., 2007; COSTA et al., 2010; RIBAS et al., 2012a; ROSADO et al., 2014; ROCHA, 2015; FERNANDES et al., 2021) ou atrelados a processos ecológicos, como remoção de sementes (RABELLO et al., 2015; SILVA et al., 2020b; QUEIROZ et al., 2021). De acordo com Graham et al. (2009), estes índices de diversidade são os parâmetros mais adotados para avaliar a recuperação após os impactos causados pela exploração mineral e o sucesso dos esforços de regeneração.

A maioria dos estudos usando formigas em áreas de reabilitação pós- mineração foram realizados na região sudeste do Brasil – mais especificamente em Minas Gerais, onde há a predominância do bioma Cerrado (MAJER, 1992; COSTA et al., 2010; RIBAS et al., 2012b;

RABELLO et al., 2015). Para o bioma amazônico existem apenas dois estudos, Majer (1996) e Fernandes et al. (2021), ambos realizados em áreas de reabilitação pós-mineração de bauxita, Trombetas, no estado do Pará. O estudo de Majer (1996) foi realizado usando tanto o estrato epigeico quanto o arbóreo, ao passo que o trabalho de Fernandes et al. (2021) usou apenas o estrato epigeico. Majer (1996) descreve uma menor riqueza de espécies de formigas em áreas de reabilitação quando comparado à floresta, com um aumento no número de espécies apenas no quinto e nono ano de reabilitação; Fernandes et al. (2021) observaram que em áreas mais antigas de reabilitação tiveram um aumento na riqueza de espécies e que as áreas reabilitadas e as intocadas (florestas). Ambos os estudos concluem que embora riqueza de espécies de formigas aumenta com o tempo, as áreas reabilitadas não atingem uma composição de assembleias ou um *status* ambiental que se assemelhe às condições originais das áreas de floresta (MAJER, 1996; FERNANDES et al., 2021).

As formigas ocupam diversos ambientes, desde o subsolo até ao dossel das florestas (RYDER-WILKIE et al., 2010). Entre os estratos verticais há uma grande diferença na composição de espécies (VICENTE et al., 2016). Em um trabalho realizado na Amazônia equatorial, 80% das espécies de formigas foram encontradas em apenas um estrato (dossel, solo e subterrâneo) e apenas 20% das espécies ocorreram em ambos os estratos (WILKIE et al., 2010). Em comparação com a grande quantidade de trabalhos sobre formigas de solo, poucos são os estudos relacionados à resposta da diversidade de formigas arborícolas a distúrbios ambientais, principalmente na Amazônia (SCHÜTTE et al., 2007; VICENTE et al., 2016; FOCAS-LEITE et al., 2018). Esta lacuna de conhecimento sobre formigas arborícolas deve-se principalmente à ausência de protocolos padronizados para coleta da fauna de vegetação, bem como à complexidade para tratar simultaneamente dados sobre a fauna de vegetação e solo (BAR-NESS et al., 2011). Em termos ecológicos, a amostragem da mirmecofauna arborícola é de suma importância, uma vez que em todas as regiões tropicais, as formigas representam o maior componente deste habitat, representando de 20 a 60% de toda biomassa de artrópodes e até 90% dos indivíduos (DAVIDSON et al., 2003; DEJEAN et al., 2007).

O presente trabalho tem como objetivo investigar a estrutura da assembleia de formigas arborícolas. Para isso, avaliamos áreas de regeneração natural pós mineração de bauxita implementadas na região nordeste do Estado do Pará, comparando com áreas de floresta mais preservadas. As seguintes hipóteses foram testadas:

I) Ambientes degradados ou com baixa diversificação vegetal apresentam limitações quanto à presença de formigas arborícolas, principalmente devido à redução na oferta de recursos (PEREIRA et al., 2007). Dessa forma, espera-se que a frequência de ocorrência e

número de espécies de formigas arborícolas sejam menores em áreas de regeneração natural devido à redução da complexidade estrutural da vegetação.

II) A composição de espécies de formigas arborícolas é diferente entre ambientes com maior ou menor complexidade da vegetação devido às diferenças de condições ambientais (ROSADO et al., 2014; VASCONCELOS et al., 2008). Diante disso, espera-se que a composição das assembleias de formigas arborícolas seja também diferente entre ambientes, uma vez que áreas perturbadas (regeneração florestal) favorecem a presença de espécies generalistas, reduzindo a riqueza de espécies predadoras especializadas ou generalistas (OLIVEIRA & SCHEFFERS, 2019).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Averiguar se uma área de regeneração natural que faz parte do Programa de Regeneração de Áreas Degradadas (PRAD's) da mineradora Hydro-Alunorte, implementada em 2014 (correspondendo a cinco anos) está recuperando a estrutura da assembleia de formigas arborícolas, comparando com áreas de floresta de referência.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

I) Testar se há diferenças na ocorrência e na riqueza de formigas arborícolas entre áreas de regeneração natural pós mineração e áreas de floresta;

II) Testar diferenças de composição de espécies de formigas arborícolas em áreas de floresta e áreas de regeneração natural pós mineração.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Paragominas, localizado no nordeste do estado do Pará, Brasil (Figura 1). A região foi originalmente coberta por uma floresta tropical perene, porém, nas últimas décadas, houve 35% de perda florestal e degradação generalizada das florestas remanescentes, principalmente devido à conversão da floresta em pastagens, degradação por extração seletiva de madeira, mineração e incêndios no sub-bosque (SOLAR et al., 2016a).

Segundo a classificação de Koppen, o município de Paragominas apresenta um clima do tipo “aw”, caracterizado como tropical chuvoso, com a estação seca bem definida, com temperatura média em torno de 26,7 °C. Os totais anuais de precipitação da região variam de 857,8 a 2.787 mm, com o período mais chuvoso sendo de janeiro a maio (MARTINS et al., 2018).

As amostras foram coletadas dentro dos limites das áreas de extração de minério de bauxita da mineradora Hydro-Alunorte. A região amostral possui áreas compostas por uma vegetação secundária com impactos de fogo e corte seletivo de madeira. Além disso, as áreas operacionais contêm estradas de acesso, construções e supressão da vegetação para a extração de bauxita, bem como áreas com diferentes técnicas e anos de regeneração do qual faz parte do Programa de Regeneração de Áreas Degradadas (PRAD's) da mineradora.

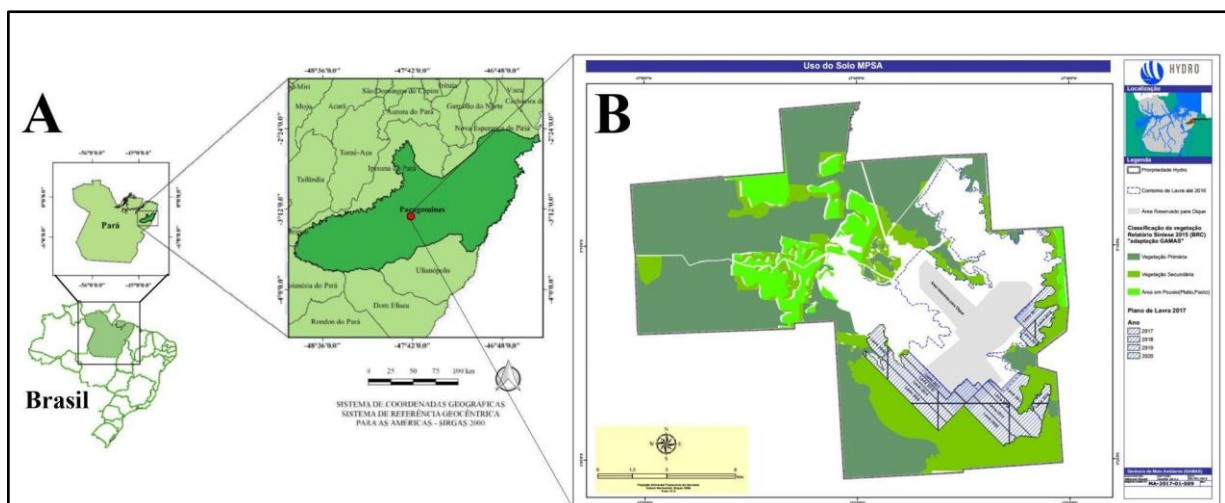


Figura 1. Mapa da localização do sítio de estudo. Posição geográfica do sítio de mineração (A); mapa de uso do solo do perímetro a ser minerado (B). Fonte: Arleu Viana (2019).



### 3.2 COLETA DAS FORMIGAS EM VEGETAÇÃO

Para a amostragem das formigas arborícolas foram selecionadas 14 áreas divididas em sete áreas de floresta de terra firme e sete áreas de regeneração implantadas em 2014 (Figura 2). Em cada área amostral, um transecto de 250 metros de comprimento por 4 metros de largura foi acoplado para a amostragem das plantas (Figura 3). Todas as árvores e arbustos com Circunferência na Altura do Peito (CAP)  $\geq 10$  cm e até 10 metros de altura da parte foliar foram amostradas pelo método de agitação da folhagem. Cada planta foi identificada através de um código individual, identificada até a resolução taxonômica mais precisa possível, teve o valor CAP registrado e sua localização espacial foi determinada com auxílio de um GPS (*Global Position System*) (VIANA-JUNIOR et al., 2021).

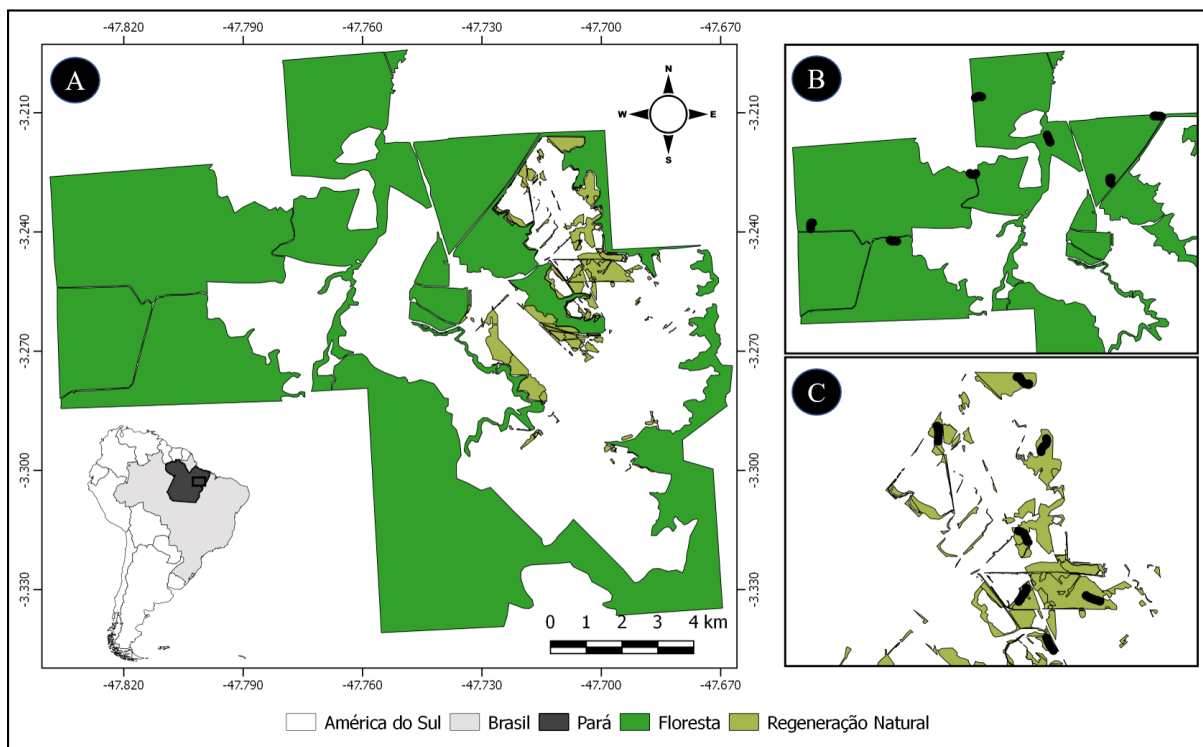


Figura 2. Mapa da área de estudo (A); áreas de floresta (em verde escuro) (B); áreas de regeneração natural implantadas em 2014 (em verde-oliva) (C). Em cada ambiente, sete transectos foram estabelecidos (pontos escuros).

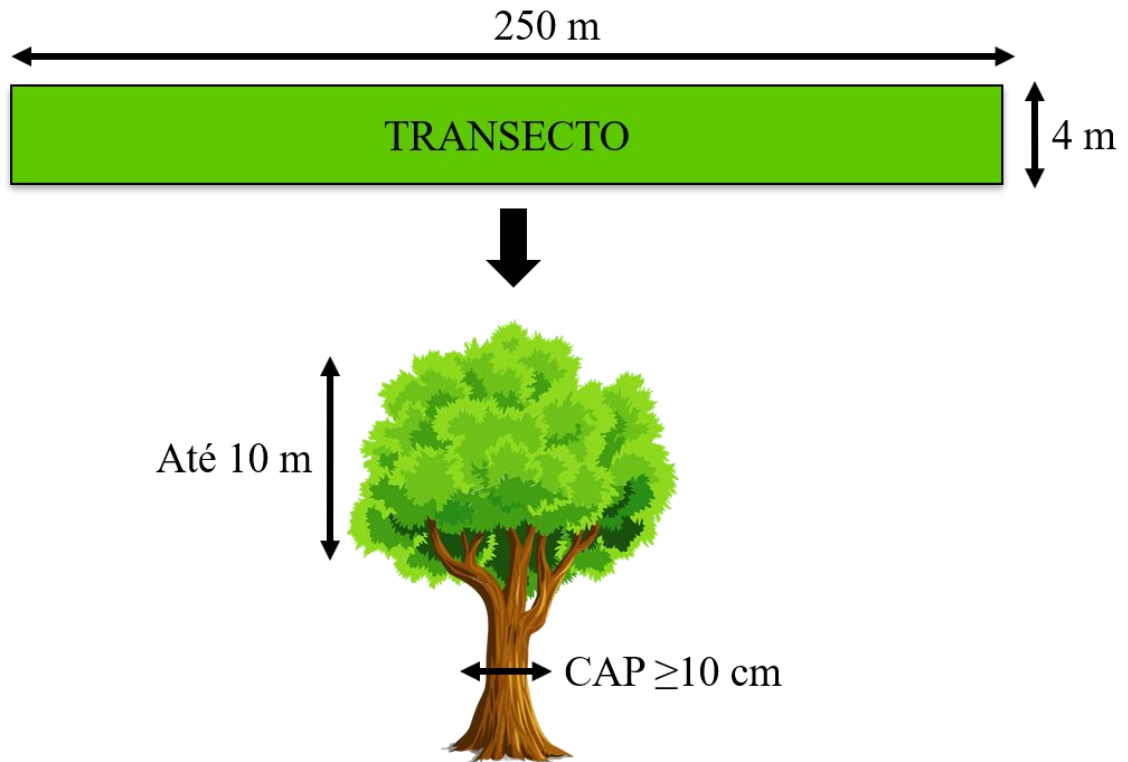


Figura 3. Desenho amostral em cada área de coleta e seleção de plantas para amostragem de formigas arborícolas.

O método de agitação em folhagem consiste nos princípios básicos do batimento entomológico combinados com o uso de um cabo telescópico de alumínio de 2 a 4 metros (Figura 4). O método é composto de duas partes: 1) uma bandeja coletora afunilada em uma bolsa coletora e 2) um bastão batedor que apresenta um gancho em sua extremidade superior. A bandeja coletora tem na parte inferior uma abertura (um pedaço de tubo de PVC de 10 cm de diâmetro e 10 cm de altura) e uma sacola plástica acoplada, presa com um elástico, onde os insetos capturados durante a agitação ficam presos. Esta sacola plástica é devidamente rotulada para identificar a planta e o transecto de coleta.



Figura 4. Método de coleta do presente estudo. Coleta em área de floresta (A), em área de regeneração natural (B). Fonte: César Favacho (2019).

As principais vantagens desta técnica são a coleta de artrópodes em alturas superiores a quatro metros sem o uso de equipamentos de escalada, a diminuição da probabilidade de fuga de organismos devido a presença de uma sacola plástica coletora. Além disso, o uso da agitação (e não batimento), reduz a possibilidade de danos nas plantas e, portanto, não altera o habitat que está sendo amostrado.

As campanhas de coleta foram feitas nos meses de janeiro, março e maio de 2019. As formigas capturadas foram levadas ao Laboratório de Morfologia e Ecologia Funcional de Formigas do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) para processamento das amostras. As amostras foram triadas para a separação dos indivíduos, montadas na ponta de triângulos de papel, por sua vez inseridos em alfinetes entomológicos. A identificação do gênero e espécie de formigas foi realizada com o auxílio do Guia de Gêneros de Formigas para o Brasil (BACCARO et al., 2015) e, posteriormente, através de chaves dicotômicas atualizadas, respectivamente). Além disso, comparações com a coleção entomológica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) foram utilizadas para identificação de algumas espécies.

### 3.3 ANÁLISE DE DADOS

#### Hipótese 1

Para testar se áreas de regeneração natural comportam uma menor riqueza de espécies, foram empregados modelos lineares generalizados (GLMs). Considerando que a densidade de árvores difere entre parcelas, o que resulta em um esforço amostral não balanceado, utilizamos uma análise de covariância (ANCOVA). A riqueza de espécies foi a variável resposta, o ambiente e densidade de plantas de cada parcela foram as variáveis explicativas, seguindo uma distribuição de erros de Poisson (adequada para dados de contagem; NELDER & WEDDERBURN, 1972). O modelo completo é apresentado abaixo:

$\text{glm}(\text{Sobs} \sim \text{ambiente} + \text{densidade de plantas}, \text{family} = \text{poisson})$ , onde Sobs = riqueza de espécies de formigas (parcela), ambiente = floresta ou regeneração natural, densidade de plantas = número de árvores com CAP maior ou igual a 10 cm (parcela).

O modelo foi validado com análise de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variância através de análise gráfica e teste de Bartlett (BARTLETT, 1937). Adicionalmente, o modelo acima foi comparado com outros modelos através de função ‘anova’ do pacote *stats* (R Core Team, 2021):

- 1) O modelo nulo (somente intercepto), assim definido:  
 $\text{glm}(\text{Sobs} \sim 1, \text{family} = \text{poisson})$ ;
- 2) Riqueza de espécies como função do ambiente como única variável explicativa do modelo:  
 $\text{glm}(\text{Sobs} \sim \text{ambiente}, \text{family} = \text{poisson})$ ;
- 3) Riqueza de espécies estimada como função do ambiente (floresta ou regeneração florestal). Nesse caso, a riqueza estimada de espécies foi padronizada como o número esperado de espécies em cada área, considerando o transecto com a menor cobertura amostral (PÉREZ-TOLEDO et al., 2021). A cobertura amostral e os valores de riqueza esperados foram calculadas por extrapolação do número de amostras com a função *iNEXT* (HSIEH et al., 2016).  
 $\text{glm}(\text{riqueza estimada} \sim \text{ambiente}, \text{family} = \text{poisson})$ ;
- 4) Riqueza média de espécies de formigas por planta em cada parcela, usando um modelo linear simples:  
 $\text{lm}(\text{riqueza média de formigas/planta} \sim \text{ambiente})$

Esse modelo procura reduzir o efeito da densidade de plantas, empregando a riqueza média esperada por planta em cada parcela.

A tabela com os dados completos, com as variáveis resposta e explicativas podem ser encontradas no Apêndice A. As tabelas com os resultados de todos os modelos usados para comparar com o modelo de riqueza de espécies selecionado podem ser encontrados nos Apêndices B, C, D, E. Adicionalmente, para representação gráfica da riqueza entre ambientes, utilizamos um diagrama de Venn para descrever o número de espécies de formigas arborícolas exclusivas ou compartilhadas entre as áreas de regeneração natural e floresta (CHEN & BOUTROS, 2011).

## Hipótese 2

Para avaliar e visualizar diferenças na composição das espécies de formigas entre os ambientes, utilizamos um escalonamento multidimensional não- métrico (NMDS) usando a função “metaMDS” do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2007). Na ordenação foi utilizado os dados do número de ocorrência de espécies, empregando-se o índice de Bray-Curtis como medida de dissimilaridade. Em seguida, testamos diferenças de composição com uma análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA; CLARKE, 1993), implementada na função “adonis” do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2007) com 999 aleatorizações.

Além disso, para identificar quais as espécies de formigas arborícolas apresentam maior contribuição para dissimilaridade entre os ambientes, utilizamos uma análise de porcentagem de similaridade (SIMPER - Similarity Percentages; CLARKE, 1993) usando a função “simper” do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2007). Por fim, realizamos uma classificação multinomial de espécies (CLAM - Multinomial Species Classification Method; CHAZDON ET AL., 2011) com a função “clamtest” do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2007), utilizando como base a frequência de ocorrência de formigas arborícolas em cada transecto, com o objetivo de identificar se existem associações entre espécies e ambiente. Esse método usa uma abordagem de classificação de espécies de dois habitats, em quatro grupos: i) especialistas da regeneração natural; ii) especialistas da floresta; iii) generalistas de habitat; e iv) espécies que são muito raras e não podem ser classificadas como generalistas ou especialistas de habitat. Para realizar essa análise, aplicamos as restrições com base em um valor de  $P \leq 0.05$  e um limiar de especialização de 0,67, considerado por CHAZDON et al. (2011) como um valor conservativo. Todas as análises estatísticas foram conduzidas utilizando o R versão 4.0.3 (R Core Team, 2021).



#### 4. RESULTADOS

No total, foram coletados 2.239 indivíduos pertencentes à família Formicidae, divididos em 8 subfamílias, 22 gêneros e 79 espécies (Tabela 2). Formicinae e Pseudomyrmicinae foram as subfamílias com maior riqueza de espécies na floresta (19 espécies) ou na regeneração natural (16), respectivamente. Em termos de número de espécies por gênero, *Camponotus* (12 espécies), *Pseudomyrmex* (8) e *Dolichoderus* (7) foram os gêneros mais ricos em espécies em áreas de floresta. Na regeneração natural, os gêneros mais ricos em espécies foram *Pseudomyrmex* (16 espécies), *Camponotus* (10) e *Dolichoderus* (4). Áreas de floresta apresentaram maior número de espécies (59 espécies no total) quando comparadas à regeneração natural (51 espécies no total). As espécies de formigas mais frequentes na regeneração natural foram *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824), *Camponotus crassus* Mayr, 1862 e *Camponotus blandus* (Smith, 1858), ao passo que, na floresta foram *Crematogaster sotobosque* Longino, 2003, *Azteca* sp.1 e *Camponotus latangulus* Roger, 1863.

Entre as 79 espécies registradas, 31 (39,2%) foram encontradas em ambos ambientes. A regeneração natural apresentou 20 espécies (25,3%) exclusivas, ao passo que a floresta, 28 espécies (35,4%) exclusivas (Figura 5). Os gêneros *Gnamptogenys*, *Neoponera* e *Paraponera* ocorreram exclusivamente na floresta, enquanto *Labidus* foi registrado unicamente na regeneração natural (Tabela 2).

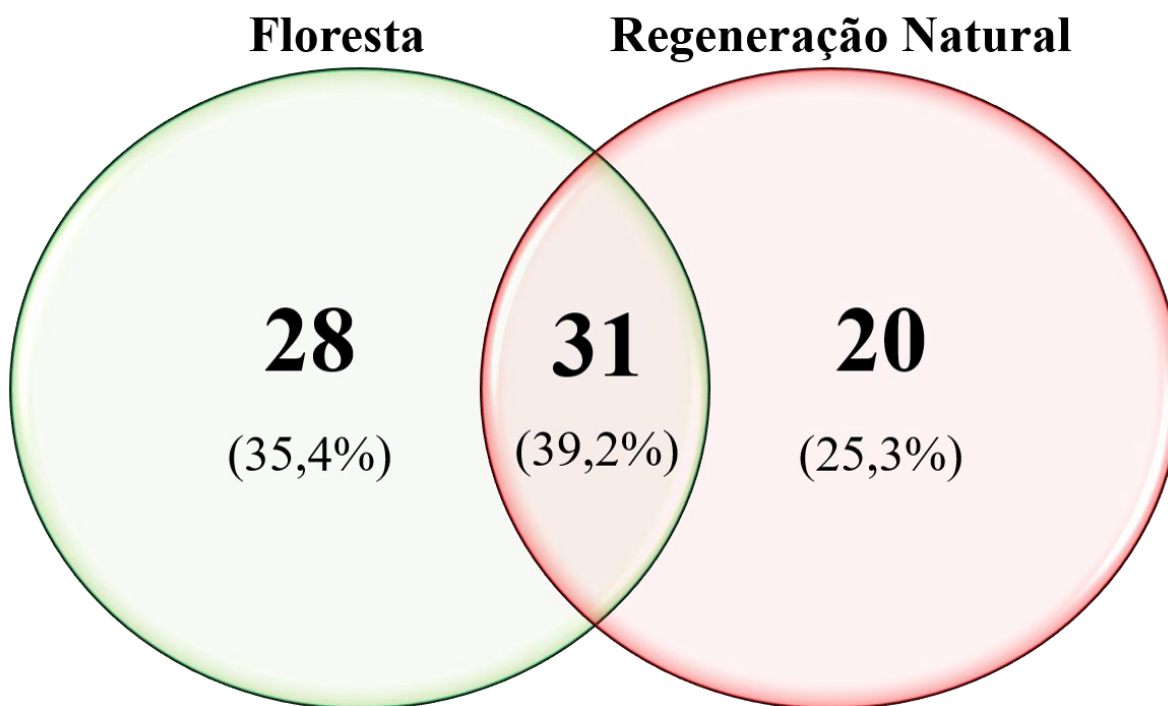


Figura 5. Diagrama de Venn com o número de espécies de formigas arborícolas compartilhadas e exclusivas em áreas de regeneração natural e floresta.

### Hipótese 1:

Houve diferença significativa na riqueza de espécies de formigas arborícolas entre as áreas de regeneração natural e floresta quando a densidade de árvores é considerada (Figura 6; Tabela 1).

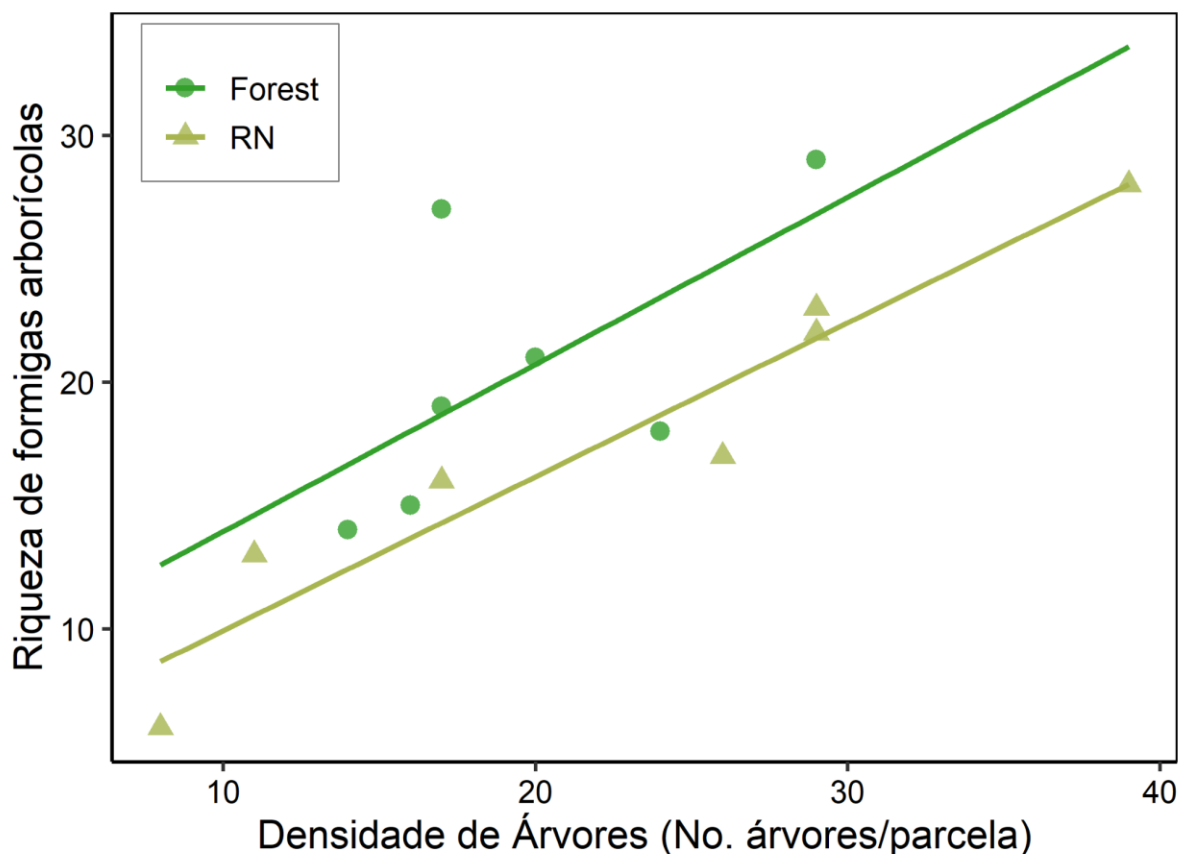


Figura 6. Riqueza de formigas arborícolas em relação à densidade de árvores com CAP  $\geq 10$  cm em áreas de floresta e áreas de regeneração natural. Forest (floresta), RN (regeneração natural). As linhas representam os valores esperados para o modelo ANCOVA para cada ambiente.

**Tabela 1.** Modelo ANCOVA para o efeito do ambiente (floresta ou regeneração natural) e da densidade de árvores sobre a riqueza de espécies de formigas arborícolas em uma área de mineração de bauxita em Paragominas, sudoeste do Pará.

Coeficientes	Estimativa	Erro padrão	Valor de Z	P
(Intercepto: Floresta)	2,319	0,182	12,759	< 2e-16 ***

(Intercepto: Regeneração Natural)	-0,293	0,131	-2,235	0,0254 *
Densidade de árvores	0,035	0,008	4,418	9,97e-06 ***

**Tabela 2.** Lista das espécies de formigas arborícolas em áreas de regeneração natural e floresta na mineração Hydro/Alunorte, em Paragominas, PA, Brasil. As colunas mostram o número de registros para cada ambiente considerando três campanhas de coleta (isso é, número acumulado de ocorrências por parcela em plantas com CAP  $\geq 10$  cm).

Subfamília / Espécies	Número de registros por ambiente	
	Regeneração Natural	Floresta
<b>Myrmicinae</b>		
<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	-	3
<i>Cephalotes minutus</i> (Fabricius, 1804)	3	-
<i>Cephalotes opacus</i> Santschi, 1920	-	5
<i>Cephalotes pallens</i> (Klug, 1824)	-	1
<i>Cephalotes pinelii</i> (Guérin-Méneville, 1844)	1	-
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	95	3
<i>Crematogaster sotobosque</i> Longino, 2003	1	43
<i>Crematogaster</i> sp.1	1	13
<i>Crematogaster</i> sp.2	3	5
<i>Crematogaster</i> sp.3	-	1
<i>Solenopsis</i> sp.1	2	4
<i>Solenopsis</i> sp.2	1	-
<i>Solenopsis</i> sp.3	3	1
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	16	6
<i>Procryptocerus pictipes</i> Emery, 1896	-	1
<i>Nesomyrmex echinatoidis</i> (Forel, 1886)	-	1
<i>Nesomyrmex spininodis</i> (Mayr, 1887)	5	1
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i> Fernández, 2003	-	5
<i>Pheidole</i> sp.1	-	1
<i>Pheidole</i> sp.2	-	2
<i>Pheidole</i> sp.3	1	1
<b>Formicinae</b>		
<i>Brachymyrmex cordemoyi</i> Forel, 1895	9	5
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	16	8
<i>Camponotus apicalis</i> (Mann, 1916)	-	1
<i>Camponotus arboreus</i> (Smith, 1858)	8	-
<i>Camponotus bispinosus</i> Mayr, 1870	2	2
<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)	37	3
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	69	11
<i>Camponotus femoratus</i> (Fabricius, 1804)	6	1



<i>Camponotus latangulus</i> Roger, 1863	1	16
<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	1	2
<i>Camponotus nidulans</i> (Smith, 1860)	-	1
<i>Camponotus</i> sp.1	-	5
<i>Camponotus</i> sp.2	-	1
<i>Camponotus</i> sp.3	3	-
<i>Camponotus</i> sp.4	9	1
<i>Camponotus</i> sp.5	5	2
<i>Gigantiops destructor</i> (Fabricius, 1804)	-	2
<i>Myrmelachista</i> sp.1	-	1
<i>Nylanderia</i> sp.1	1	1
<i>Nylanderia</i> sp.2	10	2

---

### Dolichoderinae

<i>Azteca</i> sp. 1	2	21
<i>Azteca</i> sp. 2	2	1
<i>Dolichoderus attelaboides</i> (Fabricius, 1775)	1	6
<i>Dolichoderus baenae</i> MacKay, 1993	-	1
<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1792)	2	6
<i>Dolichoderus debilis</i> Emery, 1890	-	2
<i>Dolichoderus decollatus</i> Smith, 1858	-	2
<i>Dolichoderus imitator</i> Emery, 1894	-	2
<i>Dolichoderus septemspinosus</i> Emery, 1894	-	1
<i>Dolichoderus</i> sp. 1	7	-
<i>Dolichoderus</i> sp. 2	1	-
<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)	2	10

---

### Ectatomminae

<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858	5	-
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	2	16
<i>Gnamptogenys moelleri</i> Forel, 1912	-	2
<i>Gnamptogenys</i> sp. 1	-	1

---

### Ponerinae

<i>Neoponera goeldii</i> Forel, 1912	-	5
<i>Neoponera</i> sp. 1	-	1

---

### Pseudomyrmicinae

<i>Pseudomyrmex cladoicus</i> (Smith, 1858)	-	1
<i>Pseudomyrmex faber</i> (Smith, 1858)	3	2
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)	2	-
<i>Pseudomyrmex oculatus</i> (Smith, 1855)	6	14
<i>Pseudomyrmex sericeus</i> (Mayr, 1870)	11	-
<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius, 1804)	2	9
<i>Pseudomyrmex tenuissimus</i> (Emery, 1906)	1	-
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)	19	-
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	2	-
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2	1	-

<i>Pseudomyrmex</i> sp. 3	11	3
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 4	14	-
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 5	12	3
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 6	13	4
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 7	-	1
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 8	2	-
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 9	1	-
<i>Pseudomyrmex</i> sp.10	1	-
<b>Paraponerinae</b>		
<i>Paraponera clavata</i> (Fabricius, 1775)	-	3
<b>Dorylinae</b>		
<i>Labidus spininodis</i> (Emery, 1890)	1	-

### Hipótese 2:

A composição de espécies diferiu significativamente entre ambientes (PERMANOVA:  $R = 0,33$ ;  $p < 0,002$ ; Tabela 3), claramente também indicado no escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), com a formação de dois grupos distintos de amostras (Figura 7).

**Tabela 3.** PERMANOVA baseada na matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis, aplicada a estrutura da comunidade para os ambientes amostrados (regeneração natural e floresta). DF = grau de liberdade; P indica valor de probabilidade; R2 indica a contribuição da variável no modelo.

Fontes de variação	DF	Soma de quadrados	Quadrado Médio	Estatística -F	R2	P
Ambiente	1	1,338	1,338	6,055	0,335	0,002
Resíduo	12	2,652	0,221		0,665	
Total	13	3,991			1,000	

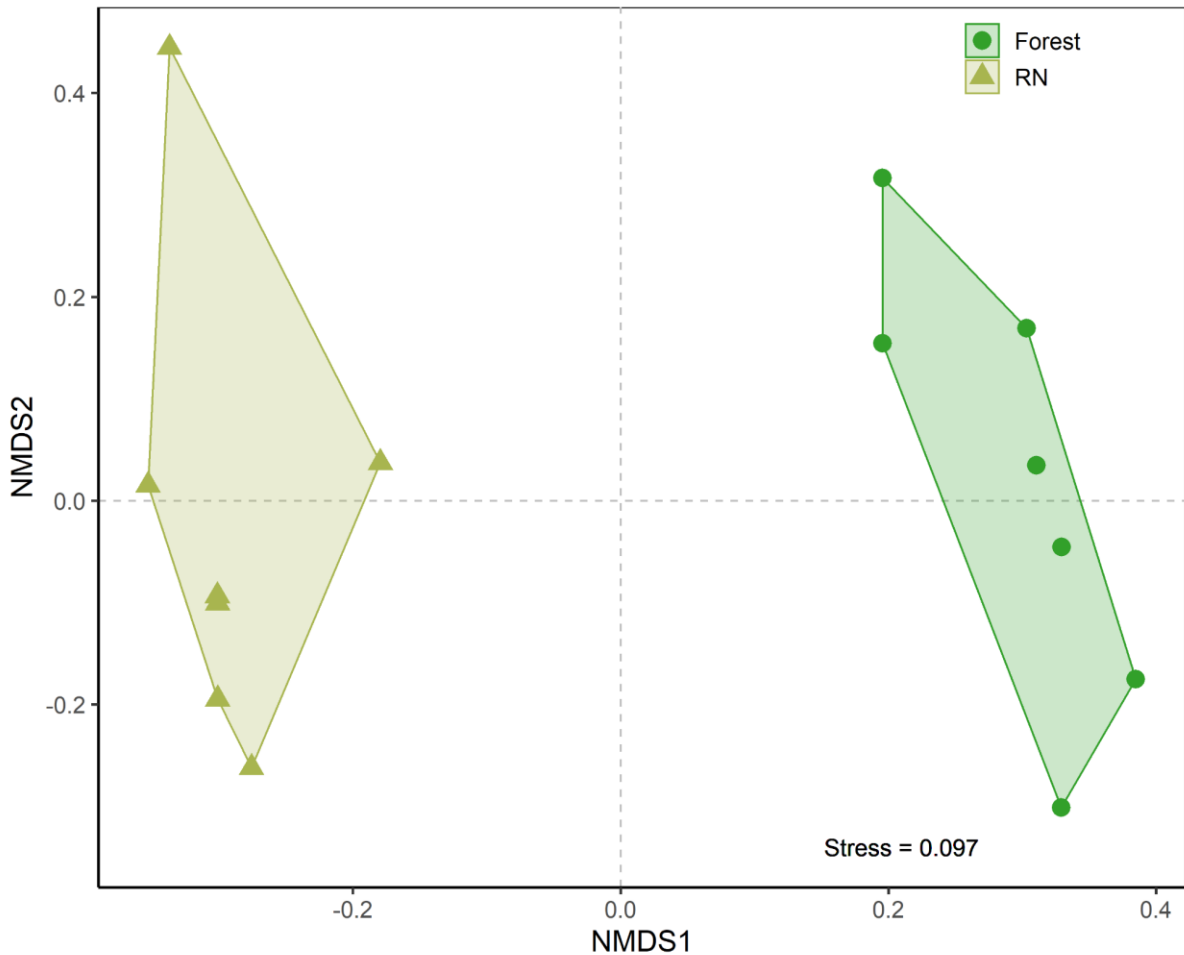


Figura 7. *Non-Metric Multidimensional Scaling* (NMDS) da fauna de formigas arborícolas em áreas de regeneração natural e floresta na mineração da mineradora Hydro/Alunorte, em Paragominas, PA, Brasil. Forest (floresta), RN (regeneração natural). A ordenação das amostras foi realizada utilizando dados de ocorrência de formigas arborícolas e Bray-Curtis como índice de dissimilaridade.

A análise de SIMPER indicou que as espécies que contribuíram de forma significativa para a diferenças de composição entre os ambientes foram *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824), *Camponotus crassus* Mayr, 1862, *Crematogaster sotobosque* Longino, 2003, *Camponotus blandus* (Smith, 1858), *Pseudomyrmex termitarius* (Smith, 1855), *Crematogaster* sp.1, *Pseudomyrmex* sp.4, *Pseudomyrmex tenuis* (Fabricius, 1804) e *Dolichoderus* sp.1. Essas espécies juntas explicam 76,2% de dissimilaridade acumulada entre os ambientes (Tabela 4; veja Tabela completa no Apêndice H).

**Tabela 4.** Contribuição das espécies de formigas arborícolas para a dissimilaridade entre os ambientes (floresta e regeneração natural), usando dados de frequência de ocorrência de formigas. **Contrib % nr** (Porcentagem de contribuição de cada espécie na Regeneração natural); **Contrib % flo** (Porcentagem de contribuição de cada espécie na Floresta); **Cum %** (porcentagem de contribuição acumulada para dissimilaridade entre os ambientes); **P** (indica significância estatística.) \*\*\*  $p \leq 0.001$ ; \*\*  $p \leq 0.001$ ; \*  $p \leq 0.05$ .

<b>Espécies</b>	<b>Contrib % (nr)</b>	<b>Contrib% (flo)</b>	<b>Cum%</b>	<b>P</b>
Cephalotes pusillus (Klug, 1824)	14,0	0,42	14,7	0,0007 ***
Camponotus crassus Mayr, 1862	9,7	1,00	23,5	0,0014 **
Crematogaster sotobosque Longino, 2003	0,14	6,14	30,5	0,0317 *
Camponotus blandus (Smith, 1858)	5,1	0,28	36,3	0,0134 *
Pseudomyrmex termitarius (Smith, 1855)	2,7	0,0	48,5	0,0026 **
Crematogaster sp. 1	0,14	1,85	56,0	0,0015 **
Pseudomyrmex sp. 4	2,0	0,0	58,1	0,0287 *
Pseudomyrmex tenuis (Fabricius, 1804)	0,2	1,28	69,5	0,0206 *
Dolichoderus sp. 1	1,0	0,0	76,2	0,0056 **

Das 79 espécies de formigas amostradas, a análise com CLAM classificou cinco (6,3%; *Brachymyrmex* sp.1, *Wasmannia auropunctata*, *Ectatomma brunneum*, *Pseudomyrmex oculatus* e *Pseudomyrmex* sp.6) como generalistas (sem preferência por ambiente); 66 espécies (83,5%) foram classificadas como “muito rara” e não podem ser classificadas em relação à preferência por habitat (floresta ou regeneração natural). Das oito espécies restantes, quatro (5,1%; *Crematogaster sotobosque*, *Azteca* sp.1, *Camponotus latangulus*, *Crematogaster* sp.1) foram classificadas como especialistas de áreas de floresta e quatro (5,1%, *Cephalotes pusillus*,

*Camponotus crassus*, *Camponotus blandus* e *Pseudomyrmex termitarius*) como especialistas de áreas de regeneração natural (Figura 8; veja Tabela completa no Apêndice I).

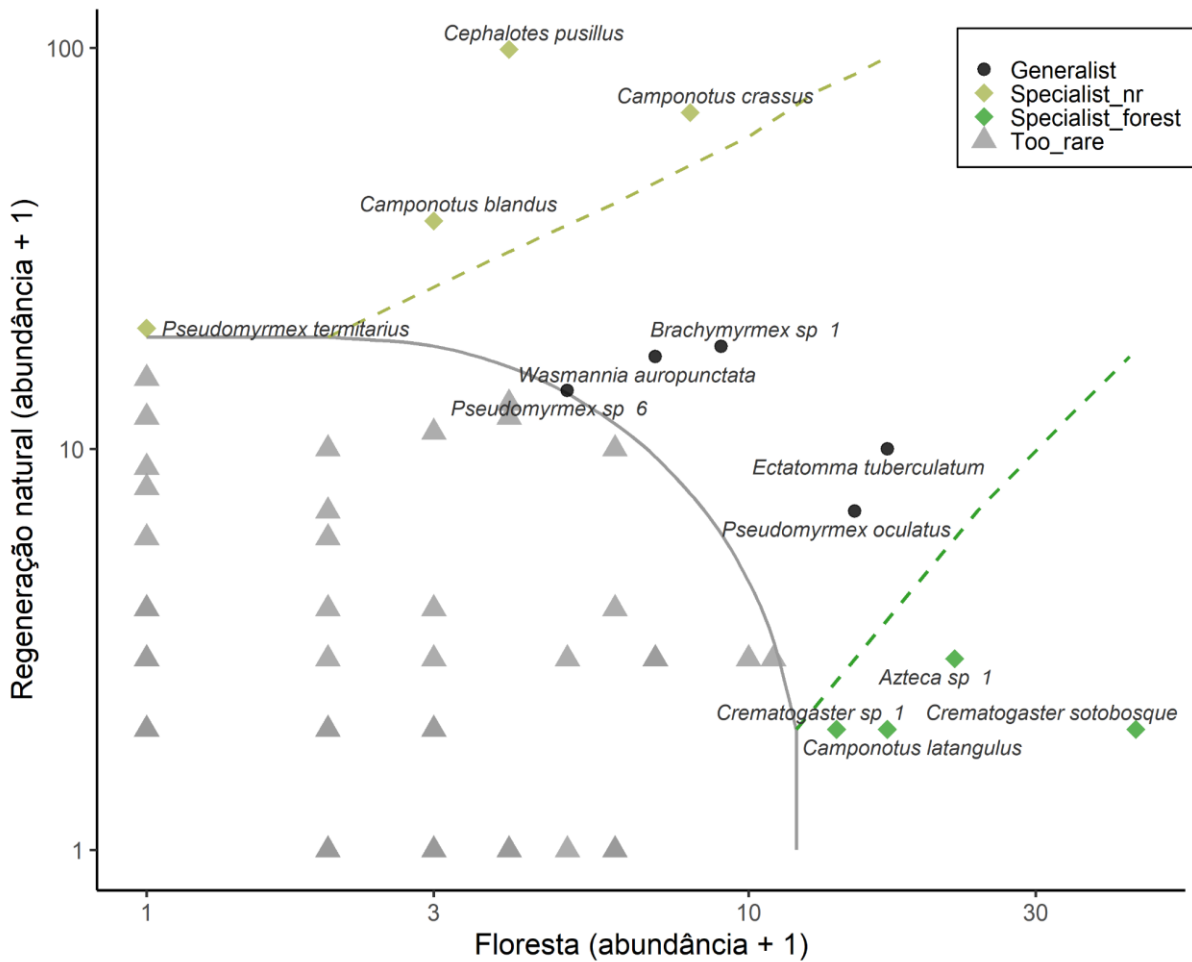


Figura 8. Análise de classificação multinominal de espécies (CLAM) de formigas arbóreas segundo quatro classes e de acordo com o número de ocorrência das espécies nos ambientes. Generalist (generalistas); Specialist\_nr (especialista na regeneração natural); Specialist\_forest (especialista na floresta); Too\_rare (muito raras).

## 5. DISCUSSÃO

Nosso estudo revela quais são as diferenças de riqueza e composição de formigas arborícolas entre áreas de floresta e regeneração natural implementadas há 5 anos na Amazônia Oriental. As espécies de formigas mais frequentes na regeneração natural foram *Cephalotes pusillus*, *Camponotus crassus* e *Camponotus blandus*, enquanto na floresta foram *Crematogaster sotobosque*, *Azteca* sp. 1 e *Camponotus latangulus*. Ainda, espécies de *Gnamptogenys*, *Neoponera* e *Paraponera* ocorreram exclusivamente na floresta, enquanto *Labidus* foi registrado unicamente na regeneração natural. Em conjunto, nossos resultados sugerem que em áreas jovens de regeneração natural pós-mineração de bauxita na Amazônia Oriental, a seleção do habitat reduz a riqueza e altera a composição de espécies em comparação com áreas de floresta.

Alguns estudos na Amazônia mostram que a estrutura da comunidade de formigas costuma ser afetada por distúrbios antropogênicos, como por exemplo, mineração, práticas agrícolas ou corte seletivo de madeira (MAJER, 1996, VASCONCELOS et al., 2000; VASCONCELOS et al., 2006, SOLAR et al., 2016; FERNANDES et al., 2021). Entretanto, a maioria desses estudos avaliaram a assembleia de formigas de solo (FOCAS-LEITE et al., 2018; LOPES et al., 2021). Em um estudo realizado numa floresta tropical no sudeste asiático, Floren et al. (2001) relataram que a estrutura da assembleia de formigas arborícolas é fortemente alterada por distúrbios antrópicos. Dessa forma, é importante a realização de estudos que avaliem a resposta da assembleia de formigas arborícolas às mudanças ambientais, principalmente em florestas tropicais localizadas na Amazônia.

*Camponotus* foi o gênero mais rico em espécies em áreas de floresta da área de estudo. As espécies deste gênero são consideradas onívoras, agressivas ou não e nidificam em galhos de árvores (ROCHA et al., 2015), sendo representativas em estudos na Amazônia (VICENTE et al., 2016; FOCAS-LEITE et al., 2018). Neves et al. (2006) ao estudarem a diversidade de formigas arborícolas em três estágios sucessionais em Minas Gerais, também observaram resultados semelhantes quanto a riqueza de espécies de *Camponotus*, reforçando a ideia de que as espécies pertencentes a este gênero colonizam com muita eficiência o estrato arbóreo. Já o gênero *Pseudomyrmex* possui a maior parte de suas espécies com hábito arborícola e forrageiam preferencialmente na vegetação, incluindo espécies que protegem as plantas de herbívoros e que utilizam substâncias líquidas de nectários extraflorais (HEIL et al., 2014). Além disso, Segundo Baccaro et al. (2015), algumas espécies deste gênero podem ser encontradas em áreas perturbadas, como beiras de estradas e matas secundárias, corroborando

nossos resultados, uma vez que esse gênero apresentou um maior número de espécies na área de regeneração natural pós-exploração mineral.

### **Hipótese 1:**

Em comparação com outros estudos sobre formigas arborícolas em florestas tropicais, a riqueza de espécies encontrada neste estudo pode ser considerada elevada (NEVES et al., 2010; KLIMES et al., 2012; SOUTO et al., 2016, MOTTTL et al., 2019). Além disso, a alta riqueza de gêneros e espécies de formigas arborícolas encontradas também sugere que a floresta amazônica abriga uma rica assembleia de formigas na vegetação (MAJER, 1996; SOLAR et al., 2016b; FERNANDES et al., 2021). Finalmente, a riqueza de espécies de formigas arborícolas em áreas de regeneração natural após cinco anos de recuperação também pode ser considerada alta quando comparada com os últimos dois estudos envolvendo a mirmecofauna amazônica em áreas impactadas, com 5-7 anos de reabilitação (MAJER, 1996; FERNANDES et al., 2021) e com estudos em áreas de regeneração natural em diferentes biomas brasileiros, como Cerrado (TIBCHERANI et al., 2020) e Caatinga (FREIRE et al., 2014).

Área de floresta e regeneração florestal diferem em riqueza de espécies quando densidade de plantas nas parcelas foi incluída no modelo, com floresta apresentando maior riqueza de espécies de formigas arborícolas. Outros estudos também encontraram uma maior riqueza de espécies de formigas em áreas mais preservadas (MAJER, 1992; COSTA et al., 2010; ROCHA et al., 2015; AGUIAR, 2017; OBERPRIELER & ANDERSEN, 2020). A maior riqueza de espécies de formigas arborícolas na floresta deve-se, possivelmente, à relação entre diversidade de espécies e complexidade ambiental, um padrão ubíquo em ecologia (LEIBOLD et al., 2004). Áreas de floresta têm uma ampla variedade de substratos para alimentação e nidificação, aumentando assim a capacidade de suporte do ambiente (MARINHO et al., 2002; ROSADO et al., 2014). Além disso, a floresta pode fornecer microhabitats diversificados, suportando uma maior riqueza de espécies de formigas arborícolas (PEREIRA et al., 2007).

### **Hipótese 2:**

Áreas de floresta e regeneração florestal diferem em composição, seguindo a expectativa da hipótese deste trabalho. A composição de espécies é universalmente correlacionada com condições ambientais (abiótica ou bióticas) (e.g., MERRIAM, 1894; NEMERGUT et al., 2013). As diferenças entre os ambientes na composição de espécies de formigas arborícolas são principalmente explicadas pela presença de táxons exclusivos tanto na regeneração natural quanto na floresta. Dessa forma, o papel ecológico e a história natural

dessas espécies de formigas podem nos fornecer informações cruciais sobre as condições ecológicas das áreas onde ocorrem (SCHMIDT et al., 2013; ROSUMEK et al., 2017; FERNANDES et al., 2021).

O gênero *Labidus* foi coletado apenas na regeneração natural, sendo representado neste estudo por uma única espécie, *Labidus spininodis* (Emery, 1890). As espécies deste gênero são predominantemente hipogeicas (TORRES et al., 2020), mas praticam incursões maciças na superfície da serapilheira e do solo (BACCARO et al., 2015), tanto em floresta primária quanto em floresta secundária (WILKIE et al., 2009, SOLAR et al., 2016b). A presença de *L. spininodis* na vegetação pode estar relacionada à baixa oferta de presas no solo das áreas de regeneração, fazendo com que a mesma procure um novo extrato para forrageamento.

Por outro lado, os gêneros *Gnamptogenys*, *Neoponera* e *Paraponera* foram registrados apenas em áreas de floresta. As espécies do gênero *Gnamptogenys* são encontradas preferencialmente em florestas úmidas, tendo espécies, como *Gnamptogenys moelleri* Forel, 1912, encontrada exclusivamente em áreas de floresta nativa (BACCARO et al., 2015; CANTARELLI et al., 2015). De acordo com Campiolo et al. (2015), as espécies do gênero *Neoponera* geralmente são muito mais frequentes em áreas preservadas do que em áreas antropizadas. *Neoponera goeldii* Forel, 1912 é comum na Amazônia (MACKAY & MACKAY, 2010), sendo associada a ambientes preservados, como florestas ombrófila densa (SILVA et al., 2020a). *Paraponera clavata* (Fabricius, 1775) é amplamente distribuída em florestas tropicais brasileiras (BACCARO et al., 2015; DELSINNE et al., 2019), estando associada a ambientes mais preservados (ROCHA et al., 2015), como as áreas de floresta do presente estudo. O comportamento de forrageamento dessa espécie pode indicar a condição do habitat, uma vez que o mesmo difere entre floresta primária e secundária em regeneração, tendo mais sucesso na floresta primária, devido a maior oferta de recursos (MCGEE & EATON, 2014; NEW, 2018).

Em relação a classificação das espécies por ambiente, *Crematogaster sotobosque*, *Crematogaster* sp.1, *Camponotus latangulus*, *Azteca* sp.1 foram identificadas como especialistas de floresta. A maioria das espécies de *Crematogaster* são arborícolas, generalistas, visitando nectários extraflorais e se alimentando de soluções açucaradas excretadas por hemípteros (BACCARO et al., 2015). Além disso, algumas espécies apresentam relações com plantas (IZZO & PETINI-BENELLI, 2011). *Crematogaster sotobosque* forrageia durante o dia em vegetação rasteira, sendo relativamente abundante na floresta úmida da planície (LONGINO, 2003; PEDRAZA & FERNÁNDEZ, 2019). *Camponotus latangulus* ocorre em áreas de vegetação nativa (MARINHO et al., 2002; WILK et al., 2005, SANTOS-



SILVA et al., 2016). As espécies de *Azteca* são arborícolas e extremamente agressivas, possuem hábitos generalistas (BACCARO et al., 2015) e podem apresentar associações com outros organismos, como vespas e plantas (por exemplo, *Cecropia*) (SOUZA et al., 2013; BACCARO et al., 2015; VIRGINIO et al., 2015; WCISLO et al., 2021).

Em nosso estudo, *Cephalotes pusillus*, *Camponotus crassus*, *Camponotus blandus* e *Pseudomyrmex termitarius* foram consideradas especialistas de ambientes de regeneração natural. *Camponotus pusillus* tem hábito arborícola, com grande distribuição na Região Neotropical; além disso, é considerada bioindicadora do estrato arbóreo (SCHMIDT et al., 2013) e pode ser encontrada tanto em áreas de vegetação nativa como áreas impactadas (WINK et al., 2005). *Camponotus crassus* é generalista, comum em ambientes degradados (MARINHO et al., 2002; RIBAS et al., 2012b; AGUIAR, 2017), tendo grande preferência por ambientes abertos (ILHA, 2009). *Camponotus blandus* é tipicamente encontrada em ambientes abertos e perturbados (SOARES et al., 2003), além disso, é considerada menos sensível aos impactos causados pelas ações antrópicas, conseqüentemente, conseguem facilmente colonizar áreas degradadas (SANTOS et al., 1999). *Pseudomyrmex termitarius* nidifica preferencialmente em solos sem vegetação (por exemplo, cupinzeiros), sendo considerada indicadora de ambientes antropizados (RIBAS et al., 2012b, AGUIAR, 2017). Freire et al. (2012) descreve em seu estudo, realizado em áreas de regeneração de caatinga arbustiva no Sudoeste da Bahia, que tanto *C. blandus* como *P. termitarius* foram encontradas exclusivamente em áreas de regeneração, o que foi corroborado com o presente estudo em áreas amazônicas.

## 6. CONCLUSÃO

No presente estudo, encontramos diferenças de riqueza de espécies de formigas arborícolas entre áreas de floresta e áreas de restauração natural, levando em consideração a densidade de plantas por parcelas. Ainda, a composição de espécies foi significativamente diferente entre os ambientes e, portanto, uma métrica importante para avaliar áreas em recuperação de pós-exploração de bauxita na Amazônia Oriental. Além disso, *Cephalotes pusillus*, *Camponotus crassus* e *Camponotus blandus* apresentaram maior frequência na regeneração natural, ao passo que, *Crematogaster soto bosque*, *Azteca* sp.1 e *Camponotus latangulus* foram associadas a áreas de floresta. Áreas jovens de regeneração natural pós-mineração na Amazônia Oriental, representam forte filtro ambiental para colonização e manutenção de espécies de formigas, provavelmente devido às diferenças de condições ambientais e de recursos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. J. M. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de regeneração natural de Cerrado. 2017. 60 f. Tese (Doutorado Entomologia), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Pedro, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. **Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution, Washington, 2000.

ANDERSEN, A. N.; FISHER, A; HOFFMANN, B.D.; READ, J.L.; RICHARDS, R. Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australian rangelands, with particular reference to ants. **Austral Ecology**: v. 29, p. 87 - 92, 2004.

ANDERSEN, A. N.; HOFFMANN, B. D.; SOMES, J. Ants as indicators of minesite restoration: community recovery at one of eight rehabilitation sites in central Queensland. **Ecological Management & Restoration**: v. 4, p. 12-19, 2003.

ARRUDA, F. V., IZZO, T. J., TERESA, F. B., & CAMAROTA, F. Different burning intensities affect cavity utilization patterns by arboreal ants in a tropical savanna canopy. **Ecological Indicators**: v. 116, p. 106493, 2020.

BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. D.; SOLAR, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Editora INPA, Manaus, p. 388, 2015.

BAR - NESS, Y. D.; MCQUILLAN, P. B.; WHITMAN, M.; JUNKER, R. R.; CRACKNELL, M.; BARROWS, A. Sampling Forest canopy arthropod biodiversity with three novel minimal-cost trap designs. **Australian Journal of Entomology**: v. 51, n. 1, p. 12-21, 2012.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A-Mathematical and Physical Sciences**: v. 160, n. 901, p. 268-282, 1937.

CAMPIOLO, S.; ROSARIO, N. A.; STRENZEL, G. M. R.; FEITOSA, R.; DELABIE, J.H.C. Conservação de Poneromorfas no Brasil. In: DELABIE, J.H.C., FEITOSA, R., SERRÃO, J. E., MARIANO, C. S. F.; MAJER, J.D. **As formigas Poneromorfas do Brasil**. Editus, Ilhéus-BA, p. 447-462, 2015.

CANTARELLI, E. B.; FLECK, M. D.; GRANZOTTO, F.; CORASSA, J. N.; D'AVILA, M. Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em diferentes sistemas de uso do solo. **Ciência Florestal**: v. 25, n. 3, p. 607-616, 2015.

CHAZDON, R. L.; CHAO, A.; COLWELL, R. K.; LIN, S. Y.; NORDEN, N.; LETCHER, S. G.; CLARK, D. B.; FINEGAN, B.; ARROYO J. P. A novel statistical method for classifying habitat generalists and specialists. **Ecology**: v. 92, n. 6, p. 1332-1343, 2011.

CHEN, H.; BOUTROS, P. C. VennDiagram: a package for the generation of highly-customizable Venn and Euler diagrams in R. **BMC bioinformatics**: v. 12, n. 1, p. 1-7, 2011.

- CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian journal of ecology**: v. 18, n. 1, p. 117-143, 1993.
- CLEMENTE, S. R.; WHITEHEAD, S. R. Ant seed removal in a non-myrmecochorous Neotropical shrub: Implications for seed dispersal. **Biotropica**: v. 52, n. 1, p. 90- 100, 2020.
- COSTA, C. B.; RIBEIRO, S. P.; CASTRO, P. T. A. Ants as bioindicators of natural succession in savanna and riparian vegetation impacted by dredging in the Jequitinhonha River basin, Brazil. **Restoration Ecology**: v. 18, p-148-157, 2010.
- COSTA, S. S.; DESCOVI FILHO, L. L. V.; DE OLIVEIRA, J. M. B. J. Esforços da pesquisa brasileira sobre mineração e impactos ambientais: uma visão geral de cinco décadas (1967-2017). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**: v. 11, n. 2, p. 296-313, 2020.
- 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, 2003.
- DEJEAN, A.; CORBARA, B.; ORIVEL, J.; LEPONCE, M. Rainforest canopy ants: the implications of territoriality and predatory behavior. **Functional Ecosystems and Communities**: v. 1, n. 2, p. 105–120, 2007.
- DELSINNE, T.; SONET, G.; ARIAS-PENNA, T. M. Subfamília Paraponerinae. In: Fernández, F.; Guerrero, R. J.; Delsinne, T. **Hormigas de Colombia**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, p. 1198, 2019.
- DIEHL, E.; SANHUDO, C. E. D.; DIEHL-FLEIG, E. Ground-dwelling ant fauna of sites with high levels of copper. **Brazilian Journal of Biology**: v. 64, n. 1, p. 33-39, 2004.
- EL-HUSNY, J. C.; ANDRADE, E. B.; SOUZA, F. R. S.; FILHO, A. S.; ALMEIDA, L. A.; KLEPKER, D.; MEYER, M. C. **Recomendação de cultivares de soja para a microrregião de Paragominas, Pará**. Embrapa Amazônia Oriental: Comunicado técnico, Belém, 2003.
- FERNANDES, G. W.; LANA, T. C.; RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H.; SOLAR, R.; MAJER, J. D.; CORDEIRO, E. G.; DELABIE, J. H. C.; VILELA, E. F. Changes in Epigaeic Ant Assemblage Structure in the Amazon during Successional Processes after Bauxite Mining. **Sociobiology**: v. 68, n. 1, p. e4973, 2021.
- FLOREN, A.; FREKING, A.; BIEHL, M.; LINSÉNMAIR, K. E. Anthropogenic disturbance changes the structure of arboreal tropical ant communities. **Ecography**: v. 24, n. 5, p.547-554, 2001.
- FOCAS-LEITE, J. A.; VICENTE, R. E.; OLIVEIRA, L. C. Forest understory ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblage in a Meridional Amazonian landscape, Brazil. **Caldasia**: v.40, n.1, p.192-194, 2018.
- FREIRE, C. B.; DE OLIVEIRA, G. V.; SÁ-MARTINS, F. R.; DE SOUZA, L. E. C.; RAMOS-LACAU, L. S.; CORRÊA, M. M. Riqueza de formigas em áreas preservadas e em regeneração de caatinga arbustiva no sudoeste da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**: v. 10, n. 1, 131, 2012.

FROUZ, J.; JILKOVÁ, V. The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**: v. 11, n. 11, p. 191-199, 2008.

GARDNER, T. A. Monitoring Forest biodiversity: improving conservation through ecologically-responsible management. London: Earthscan, p. 338, 2010.

GRAHAM, J. H.; KRZYSIK, A. J.; KOVACIC, D. A.; DUDA, J. J.; FREEMAN, D. C.; EMLÉN, J. M.; ZAK, J. C.; LONG, W. L.; WALLACE, M. P.; CHAMBERLIN-GRAHAM, C.; NUTTER, J. P.; BALBACH, H. E. Species richness, equitability, and abundance of ants in disturbed landscapes. **Ecological Indicators**: v. 9, n. 5, p. 866–877, 2009.

GRIFFITH, J. J. O estado da arte na recuperação de áreas mineradas no Brasil. In: Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Curitiba. **Anais Curitiba**: Fupef. p.77-82, 1992.

HEIL, M.; BARAJAS-BARRON, A.; ORONA-TAMAYO, D.; WIELSCH, N.; SVATOS, A. Partner manipulation stabilises a horizontally transmitted mutualism. **Ecology letters**: v. 17, n. 2, p.185-192, 2014.

HOFFMANN, B. D.; ANDERSEN, A. N. Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. **Austral Ecology**: v. 28, n.4, p. 444-464, 2003.

HOLEC, M.; FROUZ, J.; POKORNY, R. The influence of different vegetation patches on the spatial distribution of nests and the epigeic activity of ants (*Lasius niger*) on a spoil dump after brown coal mining (Czech Republic). **European Journal of Soil Biology**: v. 42, n. 3, p. 142-165, 2006.

HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods in Ecology and Evolution**: v. 7, n. 12, p. 1451–1456, 2016.

IZZO, T. J.; PENETI-BENELLI, A. Relação entre diferentes espécies de formigas e a mirmecófita *Cordia nodosa* Lamarck (Boraginaceae) em áreas de mata ripária na Amazônia mato-grossense. **Acta Amazonica**: v. 41, n. 3, p. 355-360, 2011.

KLIMES, P.; IDIGEL, C.; RIMANDAI, M.; FAYLE, T. M.; JANDA, M.; WEIBLEN, G. D.; NOVOTNY, V. Why are there more arboreal ant species in primary than in secondary tropical forests?. **Journal of Animal Ecology**: v. 81, n. 5, p. 1103-1112, 2012.

KNEITEL, J. M.; CHASE, J. M. Trade-offs in community ecology: linking spatial scales and species coexistence. **Ecology Letters**: v.7, n. 1, p. 69–80, 2004.

LEIBOLD, M. A.; HOLYOAK, M.; MOUQUET, N.; AMARASEKARE, P.; CHASE, J. M.; HOOPES, M. F.; HOLT, R. D.; SHURIN, J. B.; LAW, R.; TILMAN, D.; LOREAU, M.; GONZALEZ, A. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. **Ecology letters**: v. 7, n. 7, p. 601-613, 2004.

LONGINO, J. T. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. **Zootaxa**: v. 151, n. 1, p. 1-150, 2003.

MACKAY, W. P.; MACKAY, E. E. **The Systematics and Biology of the New World Ants of the Genus *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae)**. Edwin Mellon Press, Lewiston, p. 642, 2010.

MADEIRA, B. G.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; NETO, S. D.; NUNES, Y. R. F.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; FERNANDES, O. W.; QUESADA, M. Changes in tree and liana communities along a successional gradient in a tropical dry forest in South-eastern Brazil. **Plant Ecology**: v. 201, n. 1, p. 291-304, 2009.

MAJER, J. D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines at Trombetas, Pará, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**: v. 12, n. 2, p. 257-273, 1996.

MAJER, J. D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines of Poços de Caldas, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**: v. 8, n. 1, p. 97-108, 1992.

MAJER, J. D.; BRENNAN, K. E. C.; MOIR, M. L. Invertebrates and the Restoration of a Forest Ecosystem: 30 Years of Research following Bauxite Mining in Western Australia. **Restoration Ecology**: v. 15, n. 4, p. 104-115, 2007.

MARINHO, C. G.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H.; SCHLINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. D. S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**: v. 31, n. 2, p. 187-195, 2002.

MARTINS, R. P.; LEWINSOHN, T. M.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; COUTINHO, F. A.; FONSECA, G. A. B. DA; DRUMOND, M. A. Rumos para a formação de ecólogos no Brasil. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**: v. 4, n. 7, p. 25-41, 2007.

MARTINS, W. B. R.; FERREIRA, G. C.; SOUZA, F. P.; DIONÍSIO, L.; FERNANDES, S.; OLIVEIRA, F. D. A. Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal em Paragominas, Pará. **Floresta**: v. 48, n. 1, p. 37-48, 2018.

MCGEE, K. M.; EATON, W. The effects of the conversion of a primary to a secondary tropical lowland forest on bullet ant (*Paraponera clavata*) foraging behavior in Costa Rica: a possible indicator of ecosystem condition. **Journal of insect behavior**: v. 27, n. 2, p.206-216, 2014.

MERRIAM, C. H. Laws of temperature control of the geographic distribution of the terrestrial animals and plants. **National Geographic**: v. 6, p. 229–238, 1894.

MOTTL, O.; PLOWMAN, N. S.; NOVOTNY, V.; GEWA, B.; RIMANDAI, M.; KLIMES, P. Secondary succession has surprisingly low impact on arboreal ant communities in tropical montane rainforest. **Ecosphere**: v.10, n. 8, p. e02848, 2019.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**: v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.

NEMERGUT, D. R.; SCHMIDT, S. K.; FUKAMI, T.; O'NEILL, S. P.; BILINSKI, T. M.; STANISH, L. F.; KNELMAN, J. E.; DARCY, J. L.; LYNCH, R. C.; WICKEY, P.; FERRENBERG, S. Patterns and processes of microbial community assembly. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**: v. 77, n. 3, p. 342-356, 2013.

- NEVES, F. S.; BRAGA, R. F.; DO ESPIRITO-SANTO, M. M.; DELABIE, J. H.; FERNANDES, G. W.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Diversity of arboreal ants in a Brazilian tropical dry forest: effects of seasonality and successional stage. **Sociobiology**: v. 56, n. 1, p.177-194, 2010.
- NEVES, F. S.; BRAGA, R. F.; MADEIRA, B. G. Diversidade de formigas arborícolas em três estágios sucessionais de uma floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais. **Revista Unimontes Científica**: v. 8, n. 1, p. 59-68, 2006.
- NEW, T. R. Insect flagships and indicators in forests. In: NEW, T. R. **Forests and Insect Conservation in Australia**. Springer, Cham, p. 111-139, 2018.
- NIEMI, G. J.; MCDONALD, M. E. Application of ecological indicators. **Annual Review of Ecology Evolution, and Systematics**: v. 35, n. 3, p. 1065-1073, 2012.
- OBERPRIELER, S. K.; ANDERSEN, A. N. The importance of sampling intensity when assessing ecosystem restoration: ants as bioindicators in northern Australia. **Restoration Ecology**: v. 28, n. 4, p. 737-741, 2020.
- OKSANEN, J.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, B.; STEVENS, M. H. H.; OKSANEN, M. J.; SUGGESTS, M. A. S. S. The vegan package. **Community ecology package**: v. 10, n. 631-637, p. 719, 2007.
- OTTONETTI, L.; TUCCI, L.; SANTINI, G. Recolonization patterns of ants in a rehabilitated lignite mine in central Italy: potential for the use of Mediterranean ants as indicators of restoration processes. **Restoration Ecology**: v. 14, n. 1, p. 60-66, 2006.
- PAOLUCCI, M L. N.; SOLAR, R. R.C.; SOBRINHO, T. G.; SPERBER, C. F.; SCHOEREDER, J. H. How does small-scale fragmentation affect litter-dwelling ants? The role of isolation. **Biodiversity Conservation**: v. 21, n. 12, p. 3095-3105, 2012.
- PEDRAZA, L.; FERNÁNDEZ, F. Género Crematogaster. In: FERNÁNDEZ, F.; GUERRERO, R. J.; DELSINNE, T. **Hormigas de Colombia**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, p.1198, 2019.
- PEREIRA, M. P. S.; QUEIROZ, J. M.; VALCARCEL, R.; NUNES, A. J. M. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência Florestal**: v. 17, n. 3, p. 197-204, 2007.
- PÉREZ-TOLEDO, G. R.; VALENZUELA-GONZÁLEZ, J. E.; MORENO, C. E.; VILLALOBOS, F.; SILVA, R. R. Patterns and drivers of leaf-litter ant diversity along a tropical elevational gradient in Mexico. **Journal of Biogeography**: v. 48, n. 10, p. 2512-2523, 2021.
- PHILPOTT, S. M.; ARMEBRECHT, I. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. **Ecological Entomology**: v. 32, n. 41, p. 369-377, 2006.
- QUEIROZ, A.; RABELLO, A. M.; LASMAR, C. J.; CUISSI, R. G.; CANEDO-JÚNIOR, E. O.; SCHMIDT, F. A.; RIBAS, C. R. Diaspore Removal by Ants Does Not Reflect the Same Patterns of Ant Assemblages in Mining and Rehabilitation Areas. **Neotropical Entomology**: v. 50, n. 3, p. 335-348, 2021.

RABELLO, A. M.; QUEIROZ, A. C. M.; RIBAS, C. Poneromorfos como indicadores de impacto pela mineração e de reabilitação após mineração. In: DELABIE, J. H. C.; FEITOSA, R. M.; SERRÃO, J. E.; MARIANO, C. S. F.; MAJER, J. D. **As formigas poneromorfos do Brasil**. Ilhéus: Editus, 2015. p. 477.

RAMOS, L. S.; MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N. Impacto de iscas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**: v. 32, n. 2, p. 231-237, 2003.

RIBAS, C. R.; CAMPOS, R. B. F.; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. Ants as Indicators in Brazil: A Review with Suggestions to Improve the Use of Ants in Environmental Monitoring Programs. **Psyche: A Journal of Entomology**: v. 2012, p. 2-23, 2012a.

RIBAS, C. R.; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R.; CAMPOS, R. B.; VALENTIM, C. L.; SCHOEREDER, J. H. Ants as indicators of the success of rehabilitation efforts in deposits of gold mining tailings. **Restoration Ecology**: v. 20, n. 6, p. 712-720, 2012b.

RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H.; PIC, M.; & SOARES, S. M. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. **Austral Ecology**: v. 28, n. 3, p. 305-314, 2003.

ROCHA, W. D. O.; DORVAL, A.; PERES FILHO, O.; VAEZ, C. D. A.; RIBEIRO, E. S. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) Bioindicadoras de Degradação Ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**: v. 22, n.1, p. 88-98, 2015.

ROSADO, J. L. O.; BECKMANN, G. H.; PATRICIO, R. S.; MARQUES, B. H. Estrutura da assembleia de formigas (Hymenoptera: Formicidae) epigéicas em áreas reabilitadas após mineração de carvão a céu aberto no Sul de Santa Catarina, Brasil. **Tecnologia e Ambiente**: v. 21, p. 207-226, 2014.

ROSUMEK, F. B. Natural history of ants: what we (do not) know about trophic and temporal niches of neotropical species. **Sociobiology**: v. 64, n. 3, p. 244-255, 2017.

RYDER-WILKIE, K. T.; MERTL, A. L.; TRANIELLO, J. F. A. Species diversity and distribution patterns of the ants of Amazonian Ecuador. **PLoS ONE**: v. 5, n. 10, p. e13146, 2010.

SANTOS, G. M. M.; DELABIE, J. H. C.; RESENDE, J. J. Caracterização da mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) associada à vegetação periférica de inselbergs (Caatinga Arbórea Estacional Semidecídua) em Itatim, Bahia, Brasil. **Sitientibus**: v. 20, p. 33-43, 1999.

SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. N. C.; DIAS, N.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**: v. 96, n. 1, p. 95-101, 2006.

SANTOS-SILVA, L.; VICENTE, R. E.; FEITOSA, R. M. Ant species (Hymenoptera, Formicidae) of forest fragments and urban areas in a Meridional Amazonian landscape. **Check List**: v. 12, n. 3, p. 1885, 2016.

SCHIFANI, E.; CASTRACANI, C.; GIANNETTI, D.; SPOTTI, F. A.; REGGIANI, R.; LEONARDI, S.; et al. New Tools for Conservation Biological Control: Testing Ant-

Attracting Artificial Nectaries to Employ Ants as Plant Defenders. **Insects**: v. 11, n. 2, p. 129, 2020.

SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C.; RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H. Resumo Expandido: a resposta da riqueza de espécies de formigas a um gradiente de sucessão. **Biológico, São Paulo**: v. 69, n. 2, p. 271-274, 2007.

SCHÜTTE, M. D. S.; QUEIROZ, J. M.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; PEREIRA, M. P. D. S. Inventário estruturado de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em floresta ombrófila de encosta na ilha da Marambaia, RJ. Iheringia. **Série Zoologia**: v. 97, n. 1, p. 103-110, 2007.

SILVA, G. S.; RABELO, M. A.; CANEDO-JÚNIOR, E. O.; RIBAS, C. R. Formigas removedoras de sementes apresentam potencial para auxiliar na regeneração de áreas impactadas. **Revista Científica MG. Biota**: v. 12, n. 2, p. 44-54, 2020b.

SILVA, J. P. S. Impactos ambientais causados por mineração. **Revista Espaço da Sophia**: v. 8, n. 1, p.1-13, 2007.

SILVA, P. S.; AZEVEDO, K. E. B.; ARNHOLD, A.; SANTOS, A. E.; DELABIE, J. H. C.; MARIANO, C. D. S. F. Diversity of the Ant Genus *Neoponera* Emery, 1901 (Formicidae: Ponerinae) in the North of the Brazilian Atlantic Forest, with New Records of Occurrence. **Sociobiology**: v. 67, n. 3, p. 343-357, 2020a.

SIMERAL. Sindicato das Indústrias Mineraias do Estado do Pará - Relatório de Atividades 2020. Disponível em: <https://simineral.org.br/pdf/relatorios/Relatorio-Simineral-2020.pdf>. Acesso: 30/01/2021.

SOARES, I. M. F.; SANTOS, A. A.; GOMES, D.; DELABIE, J. H. C. & CASTRO, I.F. Comunidades de formigas (Hymenoptera) em uma “ilha” de florestas ombrófila serrana em região de caatinga (BA, Brasil). **Acta Biologica Leopoldensia**: v. 25, n. 2, p. 197-204, 2003.

SOLAR, R. R. C.; BARLOW, J.; ANDERSEN, A. N.; SCHOEREDER, J. H.; BERENQUER, E.; FERREIRA, J. N.; GARDNER, T. A. Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: A multi-scale assessment using ant communities. **Biological Conservation**: v. 197, p. 98-107, 2016a.

SOLAR, R. R. C.; CHAUL, J. C. M.; MAUÉS, M.; SCHOEREDER, J. H. A Quantitative Baseline of Ants and Orchid Bees in Human-Modified Amazonian Landscapes in Paragominas, PA, Brazil. **Sociobiology**: v. 63, n. 3, 925-940, 2016b.

SOUSA-SOUTO, L.; FIGUEIREDO, P.; AMBROGI, B.; OLIVEIRA, A.; RIBEIRO, G. T.; NEVES, F. Composition and richness of arboreal ants in fragments of Brazilian Caatinga: effects of secondary succession. **Sociobiology**: v. 63, n. 2, p. 762-769, 2016.

SOUSA-SOUTO, L.; SCHOEREDER, J.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. Leaf-cutting ants, seasonal burning and nutrient distribution in Cerrado vegetation. **Austral Ecology**: v. 32, n. 7, p. 758-765, 2007.

SOUZA, M. M.; PIRES, E. P.; PREZOTO, F. Nidification of *Polybia rejecta* (Hymenoptera: Vespidae) associated to *Azteca chartifex* (Hymenoptera: Formicidae) in a fragment of Atlantic Forest, in the state of Minas Gerais, southeastern Brazil. **Biota Neotropica**: v. 13, n. 3, p. 390-392, 2013.



- TIBCHERANI, M.; ARANDA, R.; MELLO, R. L. Time to go home: The temporal threshold in the regeneration of the ant community in the Brazilian savanna. **Applied Soil Ecology**: v. 150, p. 103451, 2020.
- TORRES, M. T.; SOUZA, J. L. P.; BACCARO, F. B. Distribution of epigeic and hypogeic ants (Hymenoptera: Formicidae) in ombrophilous forests in the Brazilian Amazon. **Sociobiology**: v. 67, n. 2, p. 186-200, 2020.
- UNDERWOOD, E. C.; FISHER, B. L. The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. **Biological Conservation**: v. 132, n. 2, p. 166-182, 2006.
- VASCONCELOS, H. L.; LEITE, M. F., VILHENA, J. M., LIMA, A. P., & MAGNUSSON, W. E. Ant diversity in an Amazonian savanna: relationship with vegetation structure, disturbance by fire, and dominant ants. **Austral Ecology**: v. 33, n. 2, p. 221-231, 2008.
- VASCONCELOS, H. L.; VILHENA, J. M. S.; CALIRI, G. J. A. Responses of ants to selective logging of a central Amazonian Forest. **Journal of Applied Ecology**: v. 37, n. 3, p. 508-514, 2000.
- VASCONCELOS, H. L.; VILHENA, J. M.; MAGNUSSON, W. E.; ALBERNAZ, A. L. M. Long-term effects of forest fragmentation on Amazonian ant communities. **Journal of Biogeography**: v. 33, n. 8, p. 1348-1356, 2006.
- VIANA-JUNIOR, A. B.; QUIJANO-CUERVO, L. G.; FERREIRA, J. C.; NASCIMENTO, R. R. R.; DOS SANTOS, I. A.; MARTINS, M. B. Collecting arboreal arthropods: a technique for sampling plant-inhabiting arthropod communities in a tropical forest understory. **Entomologia Experimentalis et Applicata**: v. 169, n. 3, p. 312-321, 2021.
- VICENTE, R. E.; PRADO, L. P.; IZZO, T. J. Amazon Rainforest Ant-Fauna of Parque Estadual do Cristalino: Understory and Ground-Dwelling Ants. **Sociobiology**: v. 63, n. 3, p. 894-908, 2016.
- VIRGÍNIO, F.; MACIEL, T. T.; BARBOSA, B. C. Nidificação de *Polybia rejecta* (Fabricius)(Hymenoptera: Vespidae) Associada à *Azteca chartifex* Forel (Hymenoptera: Formicidae) em Ecótono de Bioma Caatinga/Mata Atlântica, no Estado do Rio Grande do Norte. **EntomoBrasilis**: v. 8, n. 3, p. 242-245, 2015.
- WARD, P. S. Phylogenetic analysis of Pseudomyrmecine ants associated with domatia-bearing plants. **Ant-plant interactions**, p. 335-352, 1991.
- WARD, P. S.; DOWNIE, D. A. The ant subfamily Pseudomyrmecinae (Hymenoptera: Formicidae): phylogeny and evolution of big-eyed arboreal ants. **Systematic Entomology**: v. 30, n. 2, p. 310-335, 2005.
- WCISLO, A.; GRAHAM, X.; STEPHENS, S.; TOPPE, J. E.; WCISLO, L.; WCISLO, W. T. Azteca ants repair damage to their *Cecropia* host plants. **Journal of Hymenoptera Research**: v. 88, p. 61, 2021.
- WILKIE, K. T. R.; MERTL, A. L.; TRANIELLO, J. F. A. Diversity of ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) in primary and secondary forests in Amazonian Ecuador. **Myrmecological News**: v. 12, p. 139-147, 2009.

WILKIE, K. T. R.; MERTL, A. L.; TRANIELLO, J. F. A. Species diversity and distribution patterns of the ants of Amazonian Ecuador. **Plos one**: v. 5, n. 10, p. e13146, 2010.

WILSON, E. O. **Ant Ecology**. Oxford University Press Inc., New York, p. 429, 2010.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**: v. 4, n.1, p. 60-71, 2005.

## APÊNDICES

**Apêndice A** - Tabela com os dados empregados nos modelos estatísticos. O número de registros de formigas é o número acumulado após três campanhas de coleta, na área de mineração de bauxita em Paragominas, sudoeste do Pará. RN (regeneração natural).

Áreas		Plantas		Formigas			
Sítio	Ambiente	Riqueza	Densidade	Riqueza Observada	Riqueza Média por planta	Riqueza Esperada	Número de registros
I01	RN	3	8	6	1,25	7	10
I02	RN	5	11	13	2,72	22	36
I03	RN	7	26	17	2,08	17	63
I04	RN	3	29	22	2,51	22	86
I05	RN	4	17	16	1,94	44	37
I06	RN	6	39	28	3,07	23	141
I07	RN	10	29	23	2,06	24	67
I08	Floresta	11	17	27	2,23	70	42
I09	Floresta	16	29	29	2,17	41	77
I10	Floresta	13	14	14	1,64	18	27
I11	Floresta	15	17	19	1,64	33	31
I12	Floresta	12	16	15	1,3	37	22
I13	Floresta	10	20	21	1,9	26	44
I14	Floresta	17	24	18	1,36	30	32

**Apêndice B** - Modelo 1: Modelo nulo (somente intercepto).

<b>Coeficientes</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Valor de Z</b>	<b>P</b>
(Intercepto)	2,951	0,061	48,33	< 2e-16 ***

**Apêndice C** - Modelo 2: Riqueza de espécies de formigas arborícolas como função do ambiente (floresta ou regeneração natural).

<b>Coeficientes</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Valor de z</b>	<b>P</b>
(Intercepto: Floresta)	3,001	0,083	36,07	< 2e-16 ***
(Intercepto: Regeneração Natural)	-0,134	0,122	-1,009	0,272

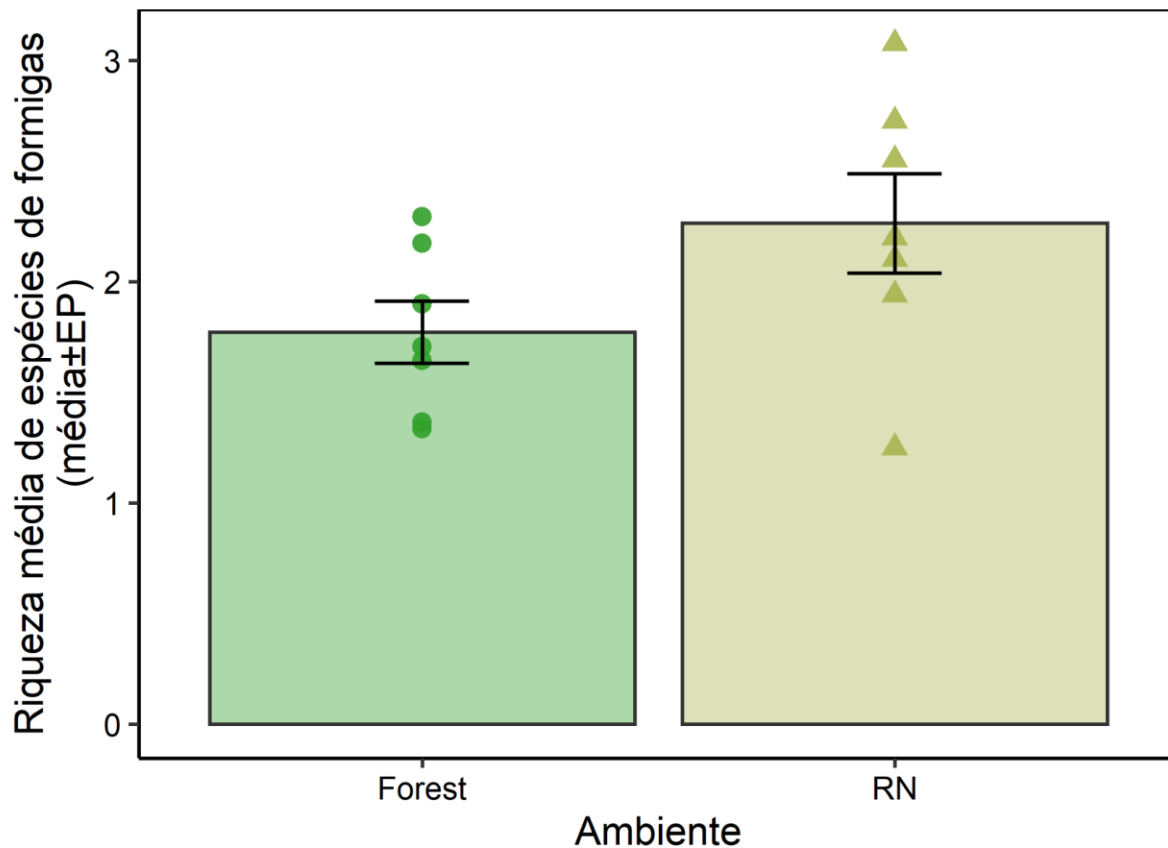
**Apêndice D** - Modelo 3: Riqueza de espécies estimada como função do ambiente (floresta ou regeneração natural).

<b>Coeficientes</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Valor de z</b>	<b>P</b>
(Intercepto: Floresta)	36,85	5,337	6,906	1,64e-05 ***
(Intercepto: Regeneração Natural)	-13,57	7,547	-1,798	0,097

**Apêndice E** - Modelo 4: Riqueza média de espécies de formigas por planta em cada parcela como função do ambiente (floresta ou regeneração natural).

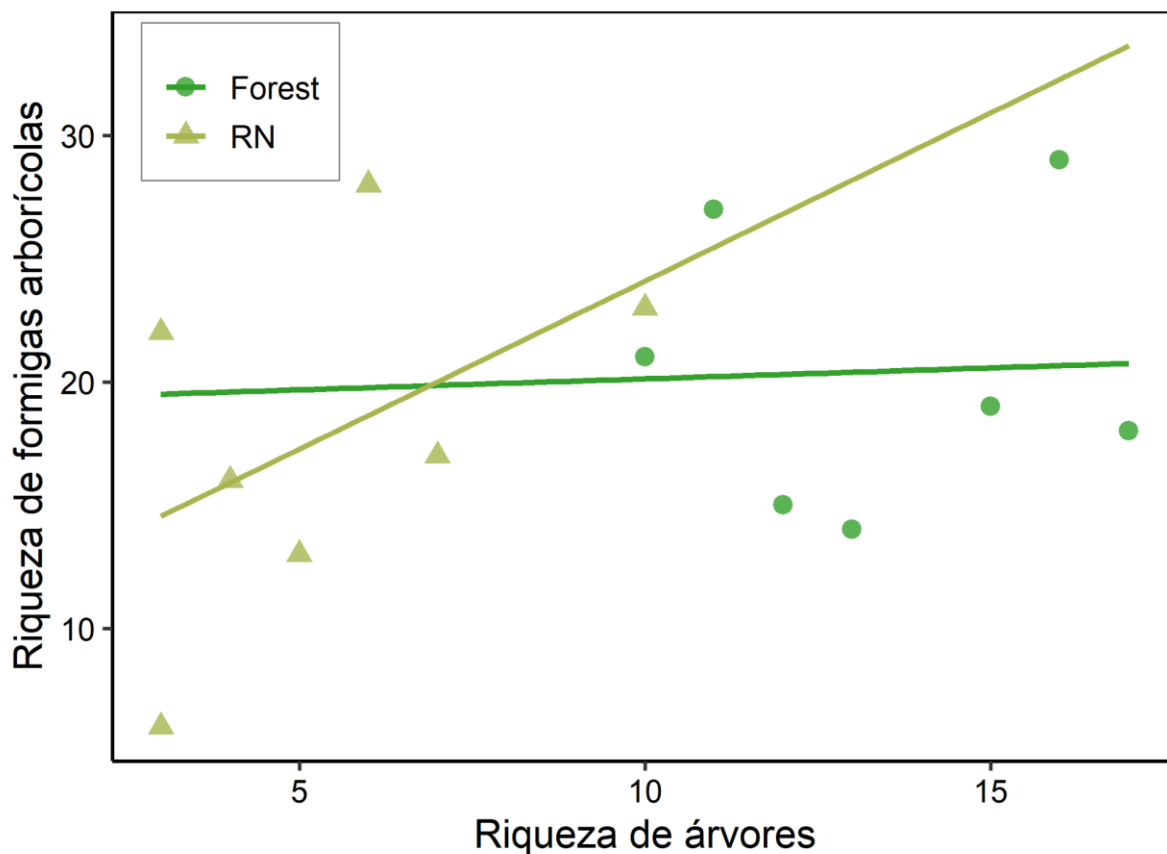
<b>Coeficientes</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Valor de Z</b>	<b>P</b>
(Intercepto: Floresta)	1,756	0,186	9,420	6,8e-07 ***
(Intercepto: Regeneração Natural)	0,481	0,263	1,824	0,093

**Apêndice F** - Riqueza média de espécies de formigas arborícolas em áreas de floresta ou regeneração natural. O estudo foi conduzido dentro de áreas de mineração de bauxita da Hydro/Alunorte, em Paragominas, PA, Brasil. Forest (floresta), RN (regeneração natural). A barra vertical indica intervalo de confiança de 95%.



**Apêndice G** - Riqueza de formigas arborícolas em relação à riqueza de árvores com CAP  $\geq$  10 cm em áreas de floresta e áreas de regeneração natural. Forest (Floresta), RN (regeneração

natural).



**Apêndice H** - Tabela completa com contribuição das espécies de formigas arborícolas para a dissimilaridade entre os ambientes (floresta e regeneração natural), usando dados de frequência de ocorrência de formigas. **Contrib % nr** (Porcentagem de contribuição de cada espécie na Regeneração natural); **Contrib % flo** (Porcentagem de contribuição de cada espécie na Floresta); **Cum %** (porcentagem de contribuição acumulada para dissimilaridade entre os ambientes); **P** (indica significância estatística.) \*\*\*  $p \leq 0.001$ ; \*\*  $p \leq 0.001$ ; \*  $p \leq 0.05$ .

<b>Espécies</b>	<b>Contrib % nr</b>	<b>Contrib % flo</b>	<b>Cum %</b>	<b>P</b>
<i>Cephalotes pusillus</i>	14	0,42	0,14	0.0008***
<i>Camponotus crassus</i>	9,71	1	0,23	0,002**
<i>Crematogaster sotobosque</i>	0,14	6,14	0,30	0,031*
<i>Camponotus blandus</i>	5,14	0,28	0,36	0,014*

<i>Ectatomma tuberculatum</i>	1,28	2,28	0,39	0,159
<i>Camponotus latangulus</i>	0,14	2,28	0,42	0,063
<i>Azteca</i> sp.1	0,28	3	0,45	0,858
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	2,71	0	0,48	0,002**
<i>Pseudomyrmex oculatus</i>	0,85	2	0,51	0,236
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	2,42	1,14	0,53	0,534
<i>Crematogaster</i> sp.1	0,14	1,85	0,56	0,001**
<i>Pseudomyrmex</i> sp.4	2	0	0,58	0,027*
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	0,28	1,41	0,60	0,097
<i>Wasmannia auropunctata</i>	2,28	0,85	0,62	0,420
<i>Pseudomyrmex</i> sp.5	1,71	0,42	0,64	0,311
<i>Camponotus</i> sp.4	1,28	0,14	0,66	0,081
<i>Pseudomyrmex</i> sp.6	1,85	0,57	0,67	0,619
<i>Pseudomyrmex tenuis</i>	0,28	1,28	0,69	0,020*
<i>Brachymyrmex cordemoyi</i>	1,28	0,71	0,71	0,574
<i>Nylanderia</i> sp.2	1,42	0,28	0,72	0,111
<i>Pseudomyrmex</i> sp.3	1,57	0,42	0,73	0,162
<i>Dolichoderus bispinosus</i>	0,28	0,85	0,75	0,164
<i>Dolichoderus</i> sp.1	1	0	0,76	0,006**
<i>Crematogaster</i> sp.2	0,42	0,71	0,77	0,716
<i>Pseudomyrmex sericeus</i>	1,57	0	0,78	0,117
<i>Dolichoderus attelaboides</i>	0,28	0,85	0,79	0,263
<i>Camponotus arboreus</i>	1,14	0	0,80	0,222
<i>Camponotus femoratus</i>	0,85	0,14	0,81	0,092
<i>Neoponera Goeldii</i>	0	0,71	0,82	0,056

<i>Solenopsis</i> sp.1	0,28	0,57	0,83	0,866
<i>Cephalotes opacus</i>	0	0,71	0,84	0,528
<i>Nesomyrmex spininodis</i>	0,71	0,14	0,84	0,377
<i>Ectatomma brunneum</i>	0,71	0	0,85	0,074
<i>Pseudomyrmex faber</i>	0,42	0,28	0,86	0,466
<i>Camponotus melanoticus</i>	0,14	0,28	0,87	0,731
<i>Camponotus</i> sp.1	0	0,71	0,87	0,916
<i>Gnamptogenys moelleri</i>	0	0,42	0,88	0,488
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i>	0	0,57	0,88	0,739
<i>Paraponera clavata</i>	0	0,42	0,89	0,600
<i>Cephalotes atratus</i>	0	0,42	0,89	0,160
<i>Solenopsis</i> sp.3	0,42	0,14	0,90	0,459
<i>Nylanderia</i> sp.1	0,14	0,14	0,90	0,381
<i>Camponotus bispinosus</i>	0,28	0,28	0,91	0,885
<i>Camponotus</i> sp.3	0,42	0	0,91	0,139
<i>Azteca</i> sp.2	0,28	0,14	0,92	0,489
<i>Cephalotes minutus</i>	0,42	0	0,92	0,172
<i>Gigantiops destructor</i>	0	0,28	0,93	0,334
<i>Camponotus</i> sp.5	0,14	0,28	0,93	0,616
<i>Dolichoderus debilis</i>	0	0,28	0,93	0,349
<i>Dolichoderus imitator</i>	0	0,28	0,94	0,398
<i>Neoponera</i> sp.1	0	0,28	0,94	0,398
<i>Dolichoderus decollatus</i>	0	0,28	0,94	0,827
<i>Pheidole</i> sp.2	0	0,28	0,95	0,827
<i>Pseudomyrmex</i> sp.8	0,28	0	0,95	0,116
<i>Pseudomyrmex gracilis</i>	0,28	0	0,95	0,139

<i>Pheidole</i> sp.3	0,14	0,14	0,96	0,749
<i>Cephalotes pinelli</i>	0,14	0	0,96	0,176
<i>Labidus spininodis</i>	0,14	0	0,96	0,181
<i>Camponotus apicalis</i>	0	0,14	0,96	0,749
<i>Crematogaster</i> sp.3	0	0,14	0,97	0,749
<i>Camponotus nidulans</i>	0	0,14	0,97	0,762
<i>Camponotus</i> sp.2	0	0,14	0,97	0,762
<i>Dolichoderus baenae</i>	0	0,14	0,97	0,762
<i>Myrmelachista</i> sp.1	0	0,14	0,97	0,762
<i>Gnamptogenys</i> sp.1	0	0,14	0,98	0,818
<i>Pseudomyrmex cladoicus</i>	0	0,14	0,98	0,818
<i>Pseudomyrmex</i> sp.7	0	0,14	0,98	0,818
<i>Cephalotes pallens</i>	0	0,14	0,98	0,827
<i>Nesomyrmex echinatinodis</i>	0	0,14	0,98	0,827
<i>Pheidole</i> sp.1	0	0,14	0,98	0,827
<i>Pseudomyrmex</i> sp.10	0,14	0	0,99	0,197
<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	0,14	0	0,99	0,222
<i>Pseudomyrmex</i> sp.9	0,14	0	0,99	0,222
<i>Solenopsis</i> sp.2	0,14	0	0,99	0,222
<i>Dolichoderus septemspinosus</i>	0	0,14	0,99	0,916
<i>Procryptocerus pictipes</i>	0	0,14	0,99	0,916
<i>Dolichoderus</i> sp.2	0,14	0	0,99	0,243
<i>Pseudomyrmex</i> sp.2	0,14	0	0,99	0,243
<i>Pseudomyrmex tenuissimus</i>	0,14	0	1	0,243

---



**Apêndice I** - Tabela completa da análise de classificação multinominal de espécies (CLAM) de formigas arborícolas segundo quatro classes e de acordo com o número de ocorrência das espécies nos ambientes.

<b>Espécies</b>	<b>Número de ocorrência na Regeneração natural</b>	<b>Número de ocorrência na Floresta</b>	<b>Classes</b>
<i>Azteca</i> sp.1	2	21	Especialista da floresta
<i>Azteca</i> sp.2	2	1	Muito rara
<i>Brachymyrmex cordemoyi</i>	9	5	Muito rara
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	17	8	Generalista
<i>Camponotus apicalis</i>	0	1	Muito rara
<i>Camponotus arboreus</i>	8	0	Muito rara
<i>Camponotus bispinosus</i>	2	2	Muito rara
<i>Camponotus blandus</i>	36	2	Especialista da regeneração natural
<i>Camponotus crassus</i>	68	7	Especialista da regeneração natural
<i>Camponotus femoratus</i>	6	1	Muito rara
<i>Camponotus latangulus</i>	1	16	Especialista da floresta
<i>Camponotus melanoticus</i>	1	2	Muito rara
<i>Camponotus nidulans</i>	0	1	Muito rara
<i>Camponotus</i> sp.1	0	5	Muito rara
<i>Camponotus</i> sp.2	0	1	Muito rara

<i>Camponotus</i> sp.3	3	0	Muito rara
<i>Camponotus</i> sp.4	9	1	Muito rara
<i>Camponotus</i> sp.5	1	2	Muito rara
<i>Cephalotes atratus</i>	0	3	Muito rara
<i>Cephalotes minutus</i>	3	0	Muito rara
<i>Cephalotes opacus</i>	0	5	Muito rara
<i>Cephalotes pallens</i>	0	1	Muito rara
<i>Cephalotes pinelii</i>	1	0	Muito rara
<i>Cephalotes pusillus</i>	98	3	Especialista da regeneração natural
<i>Crematogaster sotobosque</i>	1	43	Especialista da floresta
<i>Crematogaster</i> sp.1	1	13	Especialista da floresta
<i>Crematogaster</i> sp.2	3	5	Muito rara
<i>Crematogaster</i> sp.3	0	1	Muito rara
<i>Dolichoderus attelaboides</i>	2	6	Muito rara
<i>Dolichoderus baenae</i>	0	1	Muito rara
<i>Dolichoderus bispinosus</i>	2	6	Muito rara
<i>Dolichoderus debilis</i>	0	1	Muito rara
<i>Dolichoderus decollatus</i>	0	2	Muito rara
<i>Dolichoderus imitator</i>	0	2	Muito rara
<i>Dolichoderus septemspinus</i>	0	1	Muito rara
<i>Dolichoderus</i> sp.1	7	0	Muito rara
<i>Dolichoderus</i> sp.2	1	0	Muito rara
<i>Ectatomma brunneum</i>	5	0	Muito rara
<i>Ectatomma tuberculatum</i>	9	16	Generalista

<i>Gigantiops destructor</i>	0	2	Muito rara
<i>Gnamptogenys moelleri</i>	0	3	Muito rara
<i>Gnamptogenys</i> sp.1	0	1	Muito rara
<i>Labidus spininodis</i>	1	0	Muito rara
<i>Myrmelachista</i> sp.1	0	1	Muito rara
<i>Neoponera goeldii</i>	0	5	Muito rara
<i>Neoponera</i> sp.1	0	2	Muito rara
<i>Nesomyrmex echinatinodis</i>	0	1	Muito rara
<i>Nesomyrmex spininodis</i>	5	1	Muito rara
<i>Nylanderia</i> sp.1	1	1	Muito rara
<i>Nylanderia</i> sp.2	10	2	Muito rara
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i>	0	4	Muito rara
<i>Paraponera clavata</i>	0	3	Muito rara
<i>Pheidole</i> sp.1	0	1	Muito rara
<i>Pheidole</i> sp.2	0	2	Muito rara
<i>Pheidole</i> sp.3	1	1	Muito rara
<i>Procryptocerus pictipes</i>	0	1	Muito rara
<i>Pseudomyrmex cladoicus</i>	0	1	Muito rara
<i>Pseudomyrmex faber</i>	3	2	Muito rara
<i>Pseudomyrmex gracilis</i>	2	0	Muito rara
<i>Pseudomyrmex oculatus</i>	6	14	Generalista
<i>Pseudomyrmex sericeus</i>	11	0	Muito rara
<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	1	0	Muito rara
<i>Pseudomyrmex</i> sp.2	1	0	Muito rara
<i>Pseudomyrmex</i> sp.3	11	3	Muito rara

<i>Pseudomyrmex</i> sp.4	14	0	Muito rara
<i>Pseudomyrmex</i> sp.5	12	3	Muito rara
<i>Pseudomyrmex</i> sp.6	13	4	Generalista
<i>Pseudomyrmex</i> sp.7	0	1	Muito rara
<i>Pseudomyrmex</i> sp.8	2	0	Muito rara
<i>Pseudomyrmex</i> sp.9	1	0	Muito rara
<i>Pseudomyrmex</i> sp.10	1	0	Muito rara
<i>Pseudomyrmex tenuis</i>	2	9	Muito rara
<i>Pseudomyrmex tenuissimus</i>	1	0	Muito rara
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	19	0	Especialista da regeneração natural
<i>Solenopsis</i> sp.1	2	4	Muito rara
<i>Solenopsis</i> sp.2	1	0	Muito rara
<i>Solenopsis</i> sp.3	3	1	Muito rara
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	2	10	Muito rara
<i>Wasmannia auropunctata</i>	16	6	Generalista

---