

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**Efeitos de uma espécie arbórea pioneira recém-chegada em ambientes abertos  
de campo rupestre**

Flávia Mayara Borges Lima  
*Magister Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**FLÁVIA MAYARA BORGES LIMA**

**Efeitos de uma espécie arbórea pioneira recém-chegada em ambientes abertos  
de campo rupestre**

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

Orientador: Ricardo I. de Campos

Coorientador: Renato C. de Macedo Rego

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

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

T

L732e  
2025  
Lima, Flávia Mayara Borges, 1995-  
Efeitos de uma espécie arbórea pioneira recém-chegada em  
ambientes abertos de campo rupestre / Flávia Mayara Borges  
Lima. – Viçosa, MG, 2025.  
1 dissertação eletrônica (34 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Ricardo Ildfonso de Campos.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Biologia Geral, 2025.  
Referências bibliográficas: f. 27-33.  
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2026.055>  
Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Cecropia pachystachya*. 2. Sucessão ecológica - Cipó,  
Serra do (MG). 3. Comunidades de artrópodes - Cipó, Serra do  
(MG). 4. Comunidades vegetais - Cipó, Serra do (MG).  
I. Campos, Ricardo Ildfonso de, 1978-. II. Universidade Federal  
de Viçosa. Departamento de Biologia Geral. Programa de  
Pós-Graduação em Ecologia. III. Título.

CDD 22. ed. 583.45098151

**FLÁVIA MAYARA BORGES LIMA**

**Efeitos de uma espécie arbórea pioneira recém-chegada em ambientes abertos  
de campo rupestre**

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

APROVADA: 29 de agosto de 2025.

Assentimento:

---

Flávia Mayara Borges Lima  
Autora

---

Ricardo Ildelfonso de Campos  
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 23/02/2026 às 10:29:16 e pelo orientador em 23/02/2026 às 18:38:09. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **2QFJ.XE16.SGHG** e clique no botão 'Validar documento'.

Aos meus pais, Severino e Maria Margarida.

## AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo à Deus por todas as pessoas que fizeram parte desse processo em algum momento.

Aos meus pais, Severino e Maria Margarida, por não medirem esforços para que eu chegasse até aqui. Essa é mais uma para vocês!

Às minhas amigas, Eduarda e Fernanda, que aguentaram junto comigo as alegrias e perrengues da graduação e do mestrado. Que apesar da distância possamos continuar nos apoiando.

À minha amiga, Bruna (in memoriam †), obrigada por todo apoio, acolhimento e por dividir suas experiências de vida comigo. Você não pode presenciar esse encerramento, mas sei que sempre torceu por isso.

À toda a turma do Laboratório de Ecologia (sala 249), especialmente aos mais próximos, Victor, Caio, Felipe, Daíse, Nádia, obrigada por toda ajuda, risadas, almoços e rolês!

À minha noiva, Erica, por acreditar no encerramento desse projeto quando nem eu mais acreditava que conseguiria.

Ao meu orientador, Ricardo, e co-orientador, Renato, por não desistirem de mim nessa caminhada.

Ao Dr. Geraldo Fernandes pela parceria no projeto e por disponibilizar a Reserva Vellozia para que o projeto fosse desenvolvido.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## RESUMO

LIMA, Flávia Mayara Borges, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2025. **Efeitos de uma espécie arbórea pioneira recém-chegada em ambientes abertos de campo rupestre.** Orientador: Ricardo Ildefonso de Campos. Coorientador: Renato Chaves de Macedo Rego.

Os campos rupestres são ecossistemas caracterizados por altitudes elevadas, solos ácidos, rasos e com poucos nutrientes e água disponíveis, condições que favorecem o endemismo, pois agem como filtro ecológico, o que molda a flora presente nesse ambiente. Nesse contexto, a chegada de novas espécies de plantas, especialmente arbóreas pioneiras, podem alterar profundamente essas comunidades, mas infelizmente pouca ou nenhuma informação acerca disso está disponível na literatura. Tendo isso em vista, neste estudo, avaliamos se a presença de *Cecropia pachystachya*, uma espécie pioneira recém-chegada nos ambientes abertos de campos rupestres da Serra do Cipó (MG), altera a biodiversidade de plantas e artrópodes desse ambiente ao longo do tempo. Para isso investigamos se *C. pachystachya* exerce influência sobre a fertilidade do solo, e por consequência sobre a abundância e riqueza de plantas e artrópodes edáficos. Assim, estabelecemos e acompanhamos 60 parcelas de 1m<sup>2</sup> (30 a um metro da copa - sob a copa - e 30 a dez metros da copa - fora da copa de *C. pachystachya*) por 12 meses. Nessas unidades amostrais, coletamos amostras de solo, coletamos artrópodes por meio de pitfalls e retiramos toda a vegetação presente inicialmente nas parcelas. Finalmente, nos 3, 8 e 12 meses seguintes, acompanhamos a regeneração natural da vegetação nas parcelas por meio da medição da riqueza e abundância de plantas. Assim como esperado, encontramos maior concentração de Ca<sup>2+</sup>, maior CTC (Capacidade de Troca Catiônica) e saturação por bases nas parcelas localizadas sob a copa do que em parcelas fora da copa. Além disso, as parcelas sob a copa apresentaram maior abundância e riqueza de plantas do que fora da copa. Encontramos também uma maior abundância de artrópodes edáficos fora da copa, mas a riqueza não diferiu entre parcelas. Nossos achados indicam que a melhoria dos parâmetros nutricionais do solo já influenciam na diversidade de plantas sob a copa, o que pode afetar diretamente a flora endêmica desse ambiente que já se encontra sob forte pressão antrópica

Palavras-chave: Sucessão ecológica. Processos ecossistêmicos. Solo-planta. Artrópodes. *Cecropia*.

## ABSTRACT

LIMA, Flávia Mayara Borges, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2025. **Effects of a recently established pioneer tree species in open rupestrian grasslands.** Adviser: Ricardo Ildefonso de Campos. Co-adviser: Renato Chaves de Macedo Rego.

Rupestrian fields are ecosystems characterized by high elevations, acidic and shallow soils, and limited availability of nutrients and water. These conditions promote high levels of endemism because they function as strong ecological filters, shaping the composition and structure of the resident flora. In this context, the establishment of new plant species — particularly pioneer tree species — may profoundly alter these communities; however, little to no information on this process is currently available in the ecological literature. In this study, we evaluated whether the presence of *Cecropia pachystachya*, a pioneer species recently established in open rupestrian fields areas of the Serra do Cipó (Minas Gerais, Brazil), alters plant and arthropod biodiversity in this ecosystem over time. Specifically, we investigated whether *C. pachystachya* influences soil fertility and, consequently, the abundance and richness of plants and soil-dwelling (edaphic) arthropods. To this end, we established and monitored 60 plots (1 m<sup>2</sup> each) for 12 months: 30 plots located one meter from the canopy (under the canopy) and 30 plots located ten meters away (outside the canopy of *C. pachystachya*). Within each sampling unit, we collected soil samples, sampled arthropods using pitfall traps, and initially removed all standing vegetation. Subsequently, at 3, 8, and 12 months, we assessed natural vegetation regeneration by measuring plant richness and abundance. As expected, we found higher Ca<sup>2+</sup> concentrations, greater cation exchange capacity (CEC), and higher base saturation in plots located under the canopy compared to those outside the canopy. In addition, under-canopy plots exhibited greater plant abundance and richness than plots outside the canopy. Conversely, we detected higher abundance of edaphic arthropods outside the canopy, although species richness did not differ between treatments. Our findings indicate that improvements in soil nutritional parameters already influence plant diversity beneath the canopy, potentially affecting the endemic flora of this ecosystem, which is currently under strong anthropogenic pressure.

Keywords: Ecological succession. Soil–plant interactions. Arthropods. *Cecropia*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Desenho esquemático de duas de nossas unidades amostrais, que são definidas por duas parcelas de 1 m<sup>2</sup> (uma localizada “sob” e outra “fora” da copa de *C. pachystachya*). O quadrado abaixo da árvore representa a parcela “sob a copa” e o quadrado a 10 m do primeiro representa a parcela estabelecida “fora da copa”. Há uma distância de 50 cm entre a base da planta e a borda da parcela “sob a copa” e uma distância de 50 m entre árvores amostradas.

Figura 2 – Parcela de 1 m<sup>2</sup> demarcada em fita rosa “fora da copa” de *Cecropia pachystachya*. (A) Parcela logo após a demarcação e com a vegetação natural e (B) parcela após a limpeza e revolvimento do solo. A seta vermelha (B) indica a armadilha do tipo *pitfall* enterrada no nível do solo. As armadilhas foram sempre colocadas ao lado de cada uma das 60 parcelas (30 localizadas “sob” e 30 “fora” da copa de *C. pachystachya*).

Figura 3 – Número de indivíduos de plantas variando em função dos tratamentos - sob a copa e fora da copa de *C. pachystachya* – antes da remoção da vegetação, três, oito e doze meses após a remoção da vegetação. A linha horizontal dentro dos *boxplots* representa o valor da mediana; as caixas, o valor dos quartis (25% e 75%); a linha vertical acima do *plot*, a extensão entre o quartil de 75% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis; e a linha vertical abaixo do *plot*, a extensão entre o quartil de 25% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis. Os pontos pretos indicam os *outliers*. A linha vertical tracejada representa o início do experimento, indicando assim a separação entre cenários pré e pós-remoção da vegetação. N.S. = diferença estatística não significativa entre tratamentos antes da retirada da vegetação; (a e b) acima dos *boxplots* = diferença estatística entre tratamentos após a retirada da vegetação.

Figura 4 – Número de morfoespécies de plantas variando em função dos tratamentos - sob a copa e fora da copa de *C. pachystachya* – antes da remoção da vegetação, três, oito e doze meses após a remoção da vegetação. A linha horizontal dentro dos *boxplots* representa o valor da mediana; as caixas, o valor dos quartis (25% e 75%); a linha vertical acima do *plot*, a extensão entre o quartil de 75% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis; e a linha vertical abaixo do *plot*, a extensão entre o quartil de 25% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis. O ponto preto indica um *outlier*. A linha vertical tracejada representa o início do experimento, indicando assim a separação entre cenários pré e pós-remoção da

vegetação. N.S. = diferença estatística não significativa entre tratamentos antes da retirada da vegetação; (a e b) acima dos *boxplots* = diferença estatística entre tratamentos após a retirada da vegetação. A riqueza de morfoespécies aumenta levemente ao longo do tempo sob a copa, mas mantém-se estável fora da copa.

Figura 5 – Número de indivíduos de artrópodes edáficos variando em função dos tratamentos - sob a copa e fora da copa de *C. pachystachya* – antes da remoção da vegetação e oito meses após a remoção da vegetação. A linha horizontal dentro dos *boxplots* representa o valor da mediana; as caixas, o valor dos quartis (25% e 75%); a linha vertical acima do *plot*, a extensão entre o quartil de 75% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis; e a linha vertical abaixo do *plot*, a extensão entre o quartil de 25% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis. Os pontos pretos indicam os *outliers*. N.S. = diferença estatística não significativa entre tratamentos antes da retirada da vegetação; (a e b) acima dos *boxplots* = diferença estatística entre tratamentos após a retirada da vegetação.

Figura 6 – Número de morfoespécies de artrópodes edáficos variando em função dos tratamentos - sob a copa e fora da copa de *C. pachystachya* – antes da remoção da vegetação e oito meses após a remoção da vegetação. A linha horizontal dentro dos *boxplots* representa o valor da mediana; as caixas, o valor dos quartis (25% e 75%); a linha vertical acima do *plot*, a extensão entre o quartil de 75% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis; e a linha vertical abaixo do *plot*, a extensão entre o quartil de 25% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis. Os pontos pretos indicam os *outliers*. N.S. = diferença estatística não significativa entre tratamentos antes da retirada da vegetação; (a e b) acima dos *boxplots* = diferença estatística entre tratamentos após a retirada da vegetação.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise química do solo (média  $\pm$  desvio padrão; n = 60) nas parcelas “sob a copa” e “fora da copa” de *C. pachystachya*, coletado em março de 2023. H + Al – Acidez Potencial, T – Capacidade de Troca Catiônica Potencial (CTC em pH 7,0), SB – Soma de Bases, t – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, V% – Saturação por Bases e m% – Saturação por Alumínio. \* diferença estatística significativa; *t* – teste t de Student.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	11
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	12
2.1 Área de estudo	13
2.2 Estabelecimento das unidades amostrais	13
2.3 Qualidade nutricional do solo	14
2.4 Comunidade de plantas	15
2.5 Comunidade de artrópodes	17
2.6 Análises estatísticas	18
<b>3. RESULTADOS</b>	19
3.1 Efeitos de <i>Cecropia pachystachya</i> sobre a qualidade nutricional do solo	19
3.2 Efeitos de <i>Cecropia pachystachya</i> sobre a comunidade de plantas	20
3.3 Efeitos de <i>Cecropia pachystachya</i> sobre a comunidade de artrópodes edáficos	23
<b>4. DISCUSSÃO</b>	25
<b>5. CONCLUSÃO</b>	27
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	27

## 1. INTRODUÇÃO

Campos rupestres são ecossistemas característicos de altitudes acima de 900 m, com solos ácidos, rasos, com alto teor de alumínio e baixa retenção de nutrientes, matéria orgânica e água (RIBEIRO & WALTER, 1998; CONCEIÇÃO *et al.*, 2016; SCHAEFER, *et al.*, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016; LOIOLA *et al.*, 2023). Esses filtros ecológicos limitam e selecionam as espécies capazes de se desenvolverem nessas condições, e isso leva a uma alta taxa de endemismo de plantas (BENITES *et al.*, 2003; CONCEIÇÃO *et al.*, 2016; LOIOLA *et al.*, 2023). Essa composição vegetal singular é essencial para manter as funções ecológicas do campo rupestre, tais como predação (NEVES *et al.*, 2021; BARBOSA, FERNANDES & MORRIS, 2023), herbivoria (CARNEIRO *et al.*, 2009; MENDES, 2022) e polinização (MONTEIRO *et al.*, 2021; BEYER, H., *et al.*, 2023). Ademais, modificações dessa flora endêmica podem trazer riscos a esse ambiente que possui condições limitantes e que é responsável por serviços ambientais como a disponibilidade de água doce (FERNANDES *et al.*, 2018; CALLISTO *et al.*, 2019; RODRIGUES, JACOBI & FIGUEIRA, 2019) e manutenção do clima (FERNANDES *et al.*, 2020).

Em ambientes que experimentam condições limitantes e ao mesmo tempo apresentam alto endemismo, como os campos rupestres, um dos fatores que pode promover mudanças substanciais na comunidade vegetal é a chegada de novas espécies vegetais (BARBOSA *et al.*, 2010). Espera-se que dadas as condições limitantes (e.g., solos ácidos e pobres em nutrientes) dos campos rupestres, o estabelecimento de novas espécies vegetais seja dificultado. No entanto, sabe-se que espécies arbóreas pioneiras são ótimas colonizadoras especialmente em ambientes mais abertos (ALVAREZ-BUYLLA & MARTINEZ-RAMOS, 1992; RAPHAEL *et al.*, 2015; VIEIRA *et al.*, 2022). Essas espécies, ao colonizarem novas áreas, são capazes de aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo, devido à sua rápida troca foliar (GÓMEZ-APARICIO, 2005; GÓMEZ-FERNÁNDEZ *et al.*, 2023). Ademais, por meio do aumento da matéria orgânica, as espécies pioneiras podem modificar as condições físicas do solo (e.g., granulometria; HE *et al.*, 2019; LOIOLA *et al.*, 2023).

Um gênero emblemático de plantas arbóreas pioneiras, *Cecropia* (Urticaceae), possui ao mesmo tempo rápida troca foliar (WITHMORE, 1990 apud MACIEL *et al.*, 2003), alta capacidade de absorção de nutrientes e alta qualidade nutricional em suas folhas (veja GOMES & LUIZÃO 2011 para Amazônia). Essas árvores habitam locais abertos, como clareiras naturais

(BERG & ROSSELLI, 2005) e áreas degradadas (JÚNIOR, GONÇALVES & FELDPAUSCH, 2006) e têm alto potencial de recrutamento. Algumas espécies do gênero *Cecropia* são descritas como engenheiras ecossistêmicas, uma vez que o acúmulo de suas folhas no solo influencia a abundância e riqueza de macroinvertebrados (NOVAIS *et al.* 2015; BREVIGLIERI, 2019). Ademais, seus frutos servem como recurso alimentar para espécies de mamíferos (LOBOVA *et al.*, 2003). Assim, é plausível esperar que *Cecropia* tenha uma grande capacidade de modificação da qualidade de solo e, por consequência, das comunidades de plantas e animais sob sua copa. Porém, apesar de todas essas evidências, nenhum trabalho avaliou os efeitos da presença de *Cecropia* sobre comunidades de plantas e animais, especialmente em locais onde a mesma é considerada recém-chegada.

Embora, em campos rupestres, a espécie *Cecropia pachystachya* ocorra normalmente nas bordas de capões de mata, em matas semidecíduais, junto a cursos d'água ou em terrenos com lençol freático superficial (MARTINS & PIRANI, 2010), atualmente *C. pachystachya* está se estabelecendo em áreas abertas de campo rupestre na Serra do Cipó (Minas Gerais, Brasil), onde não era descrita anteriormente (GIULIETTI *et al.*, 1987). Tendo isso em vista, o objetivo geral do nosso estudo foi investigar se a presença de *C. pachystachya* altera a biodiversidade de áreas abertas de campo rupestre ao longo do tempo, exercendo um efeito *bottom-up* sobre o solo e artrópodes e no mesmo nível entre plantas. *C. pachystachya* possui folhas relativamente grandes e é uma planta de rápido crescimento (DAVIS, 1970 apud SANTOS, 2000; BERG & ROSSELLI, 2005), apresentando uma acelerada troca de folhas, onde as mesmas caem sob o solo agindo como fertilizante natural (SANTOS, 2000; SHIELS, 2006). Isso aumentaria o aporte de nutrientes no solo, fazendo com que um maior número de plantas pudesse se estabelecer. Ademais, as folhas de *C. pachystachya* em decomposição sobre o solo podem servir como abrigo para artrópodes edáficos e assim aumentar a sua abundância (NOVAIS *et al.*, 2015; BREVIGLIERI *et al.*, 2019). Como objetivo específico testaremos a seguinte hipótese: a presença de *C. pachystachya* aumenta a fertilidade do solo e a riqueza e abundância de plantas e artrópodes sob sua copa em áreas abertas de campo rupestre.

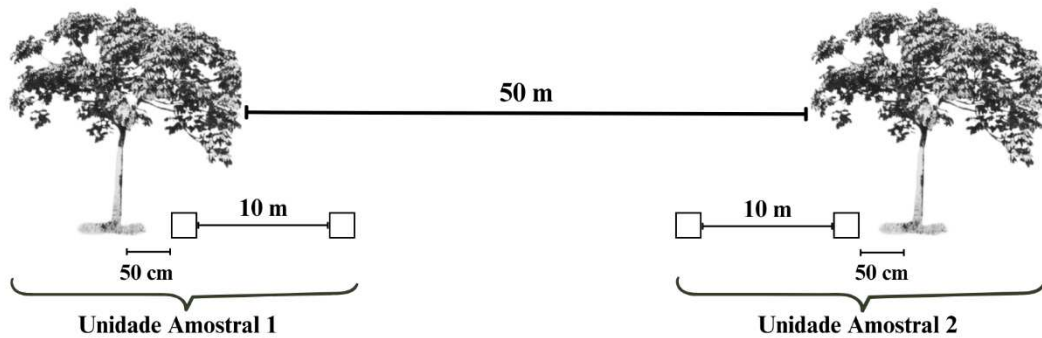
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

## 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Reserva Particular Vellozia (19°16'45.20"S, 43°35'24.18"W), localizada no município de Santana do Riacho – MG. A reserva possui uma área de estudo de aproximadamente 10 hectares, com altitude variando de aproximadamente 1200 a 1400 m. A vegetação da reserva, típica de campo rupestre, é composta predominantemente por herbáceas e arbustos, podendo ocorrer capões de mata em pontos mais úmidos da paisagem. O clima é classificado como subtropical de altitude (Cwb) na classificação Köppen, com verões quentes e chuvosos e invernos secos e frios, com uma precipitação anual média de 1500 mm (MADEIRA & FERNANDES, 1999; LOIOLA *et al.*, 2023).

## 2.2 Estabelecimento das unidades amostrais

Para testar nossa hipótese estabelecemos dez transectos com 10 m de largura e 200 m de comprimento. Dentro desses transectos, marcamos e georreferenciamos todos os indivíduos de *C. pachystachya*. Seleccionamos 30 indivíduos que possuíam mais de 2 m de altura e CAP acima de 10 cm, características de indivíduos com arquitetura de copa mais complexa, totalizando 30 unidades amostrais. Nossa unidade amostral foi então definida como duas parcelas de 1 m<sup>2</sup> cada, marcadas com estacas de madeira e barbantes (Figura 1). Uma delas foi marcada exatamente sob a copa de cada indivíduo de *C. pachystachya* e a outra se localizou a 10 m de distância (ou seja, fora da influência da copa de *C. pachystachya*), sendo denominadas como “sob” e “fora” da copa respectivamente. A parcela “sob a copa” foi instalada a 50 cm de distância da base da planta sempre ao norte da mesma. Já a direção da parcela “fora da copa” seguiu uma linha reta a partir do tronco da árvore escolhida e sua direção foi definida de forma que essa parcela ficasse a pelo menos 50 m de distância de qualquer outro indivíduo de *C. pachystachya* (Figura 1).



**Figura 1** – Desenho esquemático de duas de nossas unidades amostrais, que são definidas por duas parcelas de 1 m<sup>2</sup> (uma localizada “sob” e outra “fora” da copa de *C. pachystachya*). O quadrado abaixo da árvore representa a parcela “sob a copa” e o quadrado a 10 m do primeiro representa a parcela estabelecida “fora da copa”. Há uma distância de 50 cm entre a base da planta e a borda da parcela “sob a copa” e uma distância de 50 m entre árvores amostradas.

### 2.3 Qualidade nutricional do solo

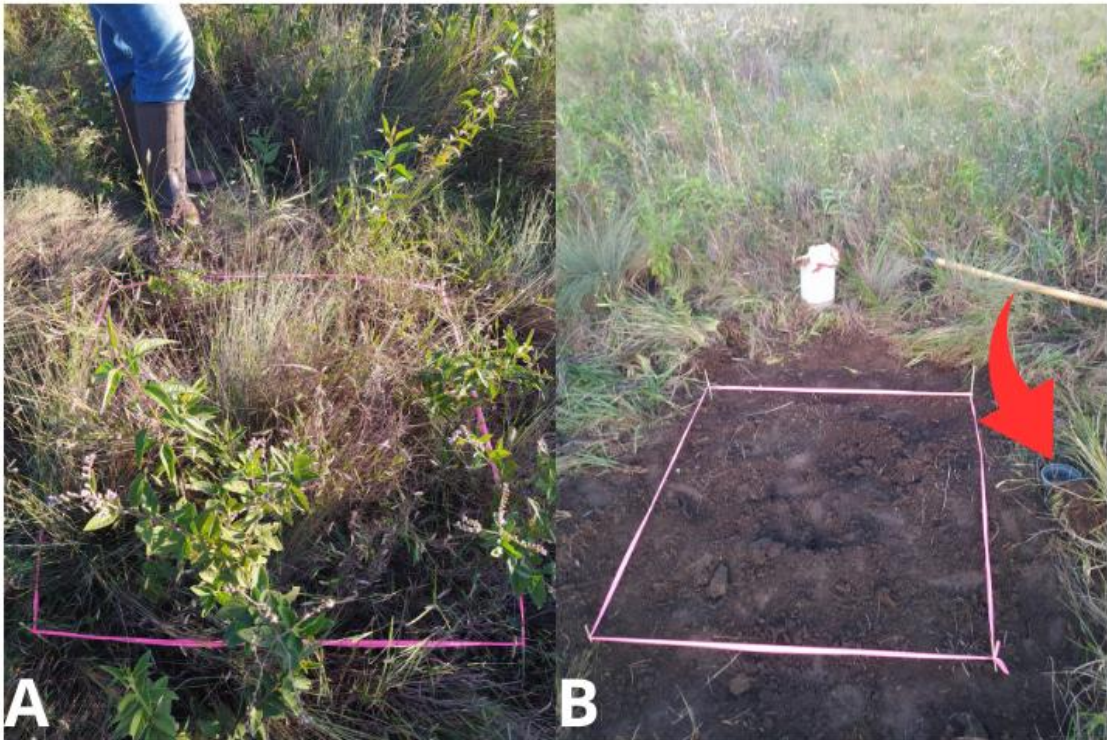
Para testarmos se a presença de *C. pachystachya* aumenta a fertilidade do solo, obtivemos uma amostra composta de solo na parcela “sob a copa” e outra na parcela “fora da copa” de cada indivíduo de *C. pachystachya*. Para cada amostra composta, retiramos quatro subamostras, uma em cada vértice da parcela, com auxílio de um trado holandês, na profundidade de 0 a 20 cm. Após a retirada das quatro subamostras, homogeneizamos o volume total de solo com auxílio de uma bandeja e separamos uma amostra de aproximadamente 300 g de cada parcela, totalizando 60 amostras compostas. Essa amostragem foi realizada em março de 2023.

Cada amostra composta foi cuidadosamente destorroada, completamente misturada, seca à sombra na temperatura ambiente e enviada para análise da fertilidade (seguindo BORGES, OLIVEIRA & SOUZA, 2021). O pH em água foi medido utilizando-se as proporções 1:2,5 (v/v) de solo:solução. O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método de Walkley-Black (WALKLEY & BLACK, 1934). Os cátions Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> trocáveis foram extraídos por solução de KCl 1 mol/L e determinados no extrato os teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> por titulação com EDTA 0,01 cmolc/L e os teores de Al<sup>3+</sup> por titulação com NaOH 0,025 mol/L

(SILVA *et al.*, 1999). Os elementos P e K foram extraídos por solução Mehlich 1 (SILVA *et al.*, 1999). A acidez potencial (H+Al) foi extraída por solução de acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> em pH 7,0 e determinada por titulação alcalimétrica do extrato (SILVA *et al.*, 1999). A Capacidade de Troca Catiônica Total (T) foi determinada pela soma entre o valor S (soma de bases trocáveis) e a acidez potencial (H + Al), enquanto a Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (t) foi determinada através da estimada soma das quantidades trocáveis dos cátions Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup>. A percentagem de saturação por bases (V%) foi calculada com base na divisão entre a soma de bases trocáveis (100 x Valor S) pelo Valor T (EMBRAPA, 2017). A percentagem de saturação por alumínio (m%) foi calculada com base na divisão dos valores da concentração de alumínio trocável no solo (100 x Al<sup>3+</sup>) pelo valor S + Al<sup>3+</sup> (EMBRAPA, 2017). O teor de Carbono Orgânico Total foi determinado através da oxidação em via úmida do carbono orgânico (C) com o dicromato de potássio (EMBRAPA, 2017).

#### 2.4 Comunidade de plantas

Para determinar se indivíduos de *C. pachystachya* influenciam o estabelecimento de outras espécies de plantas ao longo do tempo, avaliamos o estabelecimento de plântulas sob a copa e distante da copa de *C. pachystachya*. Primeiro, durante o mês de março de 2023, caracterizamos a vegetação original de cada parcela, quantificando o número de morfotipos e o número de indivíduos de planta presentes. Para essa amostragem inicial, ou seja, antes da retirada da vegetação, as parcelas localizadas sob e fora da copa foram denominadas de “Antes - sob” e “Antes - fora”. A separação entre os morfotipos de planta foi feita com a ajuda de pessoas com experiência na flora local (ex. Nayara Mota - MOTA *et al.*, 2016). Na primeira parcela, coletamos um indivíduo de cada morfotipo de planta encontrada. Nas parcelas seguintes, coletamos um indivíduo de cada novo morfotipo. As plantas coletadas passaram pelo trabalho de herborização através da confecção de exsiccatas e foram encaminhadas para identificação. Após a coleta das plantas, removemos toda a cobertura vegetal com o auxílio de enxadas, revolvemos o solo e o deixamos exposto (Figura 3B), permitindo assim o estabelecimento de novas plântulas.



**Figura 2** – Parcela de 1 m<sup>2</sup> demarcada em fita rosa “fora da copa” de *Cecropia pachystachya*. (A) Parcela logo após a demarcação e com a vegetação natural e (B) parcela após a limpeza e revolvimento do solo. A seta vermelha (B) indica a armadilha do tipo *pitfall* enterrada no nível do solo. As armadilhas foram sempre colocadas ao lado de cada uma das 60 parcelas a 30 cm da borda (30 localizadas “sob” e 30 “fora” da copa de *C. pachystachya*).

Acompanhamos as parcelas trimestralmente ao longo de 12 meses e registramos o aparecimento e estabelecimento de novas plântulas, entendendo assim a dinâmica sucessional que ocorreu no local. Foram feitos novos censos de plantas nos meses de junho e novembro de 2023 e março de 2024. Seguindo a lógica temporal, ou seja, três, oito e doze meses depois da retirada da vegetação, essas amostragens foram denominadas de “3 meses - Sob”, “3 meses - Fora”, “8 meses - Sob”, “8 meses - Fora”, “12 meses - Sob” e “12 meses - Fora” respectivamente. O processo de remoção da vegetação das parcelas e acompanhamento destas ao longo do tempo foi pensado com base na ideia do “Jardim de Darwin”. Nessa teoria, o naturalista Charles Darwin utilizou pequenos canteiros nos jardins de sua casa para observar como as ervas se comportam ao longo da vida (DARWIN, 2018).

Nessas amostragens as plantas foram identificadas até o nível de morfotipo pela Dra. Nayara Mesquita Motta, especialista na flora da região (MOTA *et al.*, 2016; GONÇALVES *et*

*al.*, 2022). Utilizando esse tipo de identificação foi possível contar os indivíduos e separar uma espécie da outra. Por outro lado, não foi possível identificar as espécies de planta, atribuindo às mesmas níveis taxonômicos que gerariam morfoespécies. É importante salientar que a opção pela utilização de morfotipos de plantas foi feita dado que não foi possível identificar com precisão as espécies devido a dois fatores principais: i) nas amostragens de vegetação de 3, 8, e 12 meses após o início do experimento, as plantas estavam em um estágio inicial de desenvolvimento, o que tornava quase impossível a identificação precisa da espécie; ii) não foi possível retirar as plantas das parcelas para não interferir na regeneração natural. Dessa forma, não pudemos coletar os espécimens para posterior comparação em herbários. Assim, para não incorrer em erros de comparação entre as espécies de planta amostradas em cada censo, optamos por não analisar a composição de espécies e a diversidade beta no presente estudo.

## 2.5 Comunidade de artrópodes

Para investigarmos os efeitos da presença de *C. pachystachya* sobre a comunidade de artrópodes edáficos, colocamos armadilhas do tipo *pitfall* (1 L) enterradas no nível do solo (Figura 3B). As armadilhas foram colocadas a 30 cm da borda da face norte de cada uma das 60 parcelas, totalizando 60 *pitfalls*. As armadilhas continham uma mistura de água, sal e detergente e permaneceram por 48 h em campo (adaptado de MARQUES *et al.*, 2017). Após as 48 h, retiramos os animais coletados da mistura e armazenamos em álcool etílico para triagem em laboratório. Sabendo-se que a atividade de artrópodes aumenta na estação chuvosa em diversos ecossistemas (SANTOS-FILHO, SILVA E SANAIOTTI, 2008; ARAUJO, BANDEIRA & VASCONCELLOS, 2010; SILVA, FRIZZAS & OLIVEIRA, 2011), realizamos a amostragem de artrópodes em duas ocasiões: em março (final da estação chuvosa) e novembro (início da estação chuvosa) de 2023, evitando assim o efeito da sazonalidade nos resultados da coleta (PINHEIRO *et al.*, 2002).

Em laboratório, contabilizamos a abundância e riqueza de cada ordem de artrópode (excluindo-se a abundância de *Hymenoptera* e *Isoptera*). Devido à distribuição espacial natural de ninhos de *Hymenoptera* e *Isoptera*, alguns de nossos pontos de coleta apresentavam ninhos em suas proximidades enquanto outros pontos de coleta não tinham ninhos próximos. Dessa forma, a abundância de artrópodes em alguns pontos de coleta poderia ser artificialmente aumentada, incluindo um ruído indesejável em nossos dados.

## 2.6 Análises estatísticas

Para avaliar a influência de *C. pachystachya* sobre os parâmetros químicos do solo, utilizamos uma comparação de médias por meio do teste *t* de Student (STUDENT, 1908). Após teste de Shapiro-Wilk e Levene (LEVENE, 1960; SHAPIRO & WILK, 1965), detectamos que os dados referentes aos parâmetros químicos de solo apresentaram distribuição normal e variâncias homogêneas. Para avaliar a influência de *Cecropia pachystachya* sobre a riqueza de morfotipos de plantas e sobre abundância e riqueza de ordens de artrópodes edáficos, rodamos Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMMs) com distribuição de Poisson, utilizando o pacote *lme4* (BATES *et al.*, 2015). Em todos os modelos, para evitar a pseudoreplicação espacial e temporal, cada par de parcela “sob” ou “fora” de *C. pachystachya* foi considerada como variável aleatória ( $n = 30$ ). Especificamente, para controlar a grande heterocedasticidade e com isso, obter um melhor ajuste do modelo generalizado misto, transformamos a variável abundância de planta em logaritmo. Verificamos a adequabilidade dos modelos utilizando o pacote DHARMA (HARTIG, 2024).

Primeiramente, com o objetivo de verificar o ponto inicial do experimento e validar nossos grupos experimentais, realizamos um GLMM em separado para avaliar se a abundância e riqueza de morfotipos de plantas diferia sob e fora da copa em março de 2023 (antes da retirada da vegetação). Para isso, incluímos o tratamento (dois níveis: sob e fora da copa) como variável preditora (variável X) e a riqueza e abundância de plantas como variável resposta (variável Y).

Para testar nossa hipótese de trabalho e avaliar se existe diferença da abundância e riqueza de plantas sob e fora da copa de *C. pachystachya* ao longo do tempo rodamos mais dois GLMMs utilizando apenas os dados obtidos após a retirada da vegetação. Nesses modelos, incluímos a riqueza e abundância de plantas como variável resposta (variáveis Y) e duas variáveis preditoras (variáveis X): i) o tratamento (categórica com dois níveis: sob e fora da copa) e o tempo (contínua em meses: de junho a novembro de 2023). Analisamos também a interação entre essas duas variáveis preditoras.

Finalmente, contraímos mais dois GLMMs para verificar se existia diferença entre a abundância e riqueza de artrópodes sob ou fora da copa de *C. pachystachya*. Para esse modelo incluímos uma combinação de tratamento e tempo como variável preditora (variável X

categórica: havendo quatro níveis: sob a copa em março de 2023, fora da copa em março de 2023, sob a copa em novembro de 2023 e fora da copa em novembro de 2023). Mais uma vez a riqueza e abundância de plantas foi utilizada como variável resposta (variáveis Y).

Variações nas estimativas calculadas são reportadas em termos erro-padrão (EP). Para modelos que utilizaram escala logarítmica, as estimativas médias e os respectivos erros-padrão são reportados na escala original dos dados.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Efeitos de *Cecropia pachystachya* sobre a qualidade nutricional do solo

Corroborando nossa hipótese, a análise de solo demonstrou que a fertilidade do solo é maior sob a copa de *Cecropia pachystachya* do que fora da copa (Tabela 1). Isso ocorre pois o  $\text{Ca}^{2+}$ , Capacidade de Troca Catiônica Potencial (T), Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (t), Soma de Bases (SB) e Saturação por Bases (V%) são maiores no solo logo abaixo dos indivíduos de *C. pachystachya*. Por outro lado, os parâmetros pH,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , P, K, Acidez Potencial (H + Al), saturação por alumínio (m%) e Matéria Orgânica não variaram entre as parcelas sob e fora da copa de *C. pachystachya*.

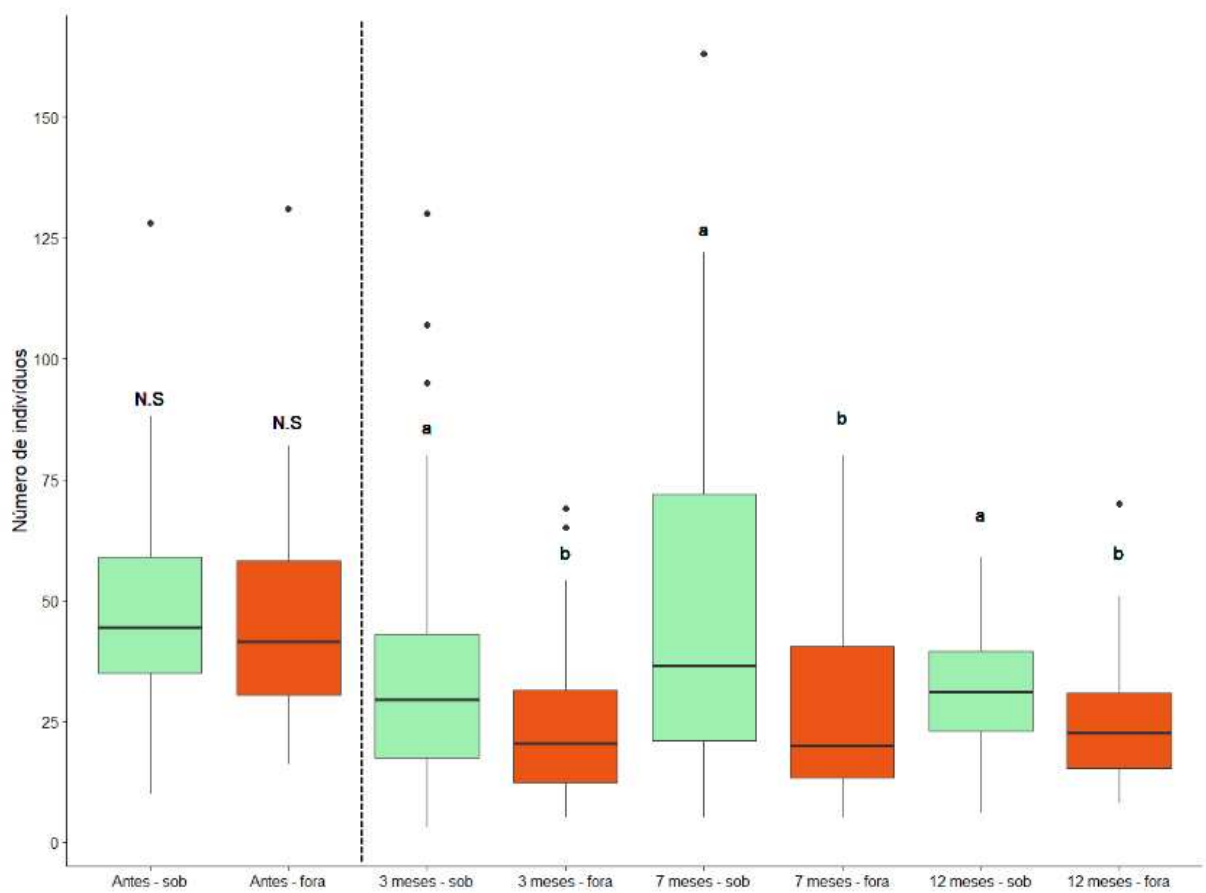
**Tabela 1** – Análise química do solo (média  $\pm$  desvio padrão; n = 60) nas parcelas “sob a copa” e “fora da copa” de *C. pachystachya*, coletado em março de 2023. H + Al – Acidez Potencial, T – Capacidade de Troca Catiônica Potencial (CTC em pH 7,0), SB – Soma de Bases, t – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, V% – Saturação por Bases e m% – Saturação por Alumínio. \* diferença estatística significativa; t – teste t de Student.

Parâmetros	Sob a Copa (SD)	Fora da Copa (SD)	t	p
$\text{Ca}^{2+}$ (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,04 (±0,304)	0,91 (±0,098)	-3,535	0,001 *
T (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	6,05 (±0,260)	5,28 (±0,179)	-2,425	0,018 *
t (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,44 (±0,274)	1,44 (±0,084)	-3,506	0,001 *

SB (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,28 (±0,292)	1,22 (±0,094)	-3,449	0,001 *
V% (%)	35,73 (±0,360)	23,08 (±1,409)	-3,267	0,002 *
pH (H <sub>2</sub> O)	5,24 (±0,093)	5,03 (±0,057)	-1,905	0,062
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,20 (±0,039)	0,27 (±0,040)	1,316	0,193
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,16 (±0,031)	0,21 (±0,031)	1,188	0,239
P (mg/dm <sup>-3</sup> )	2,47 (±0,312)	2,18 (±0,176)	-0,800	0,427
K (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,007 (±0,001)	0,006 (±0,001)	-1,711	0,092
H + Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	3,76 (±0,214)	4,05 (±0,151)	1,114	0,270
m% (%)	11,56 (±0,266)	16,21 (±2,429)	2,290	0,201
Mat. Orgânica (g/Kg)	30,10 (±0,270)	24,98 (±0,208)	-1,499	0,139

### 3.2 Efeitos de *Cecropia pachystachya* sobre a comunidade de plantas

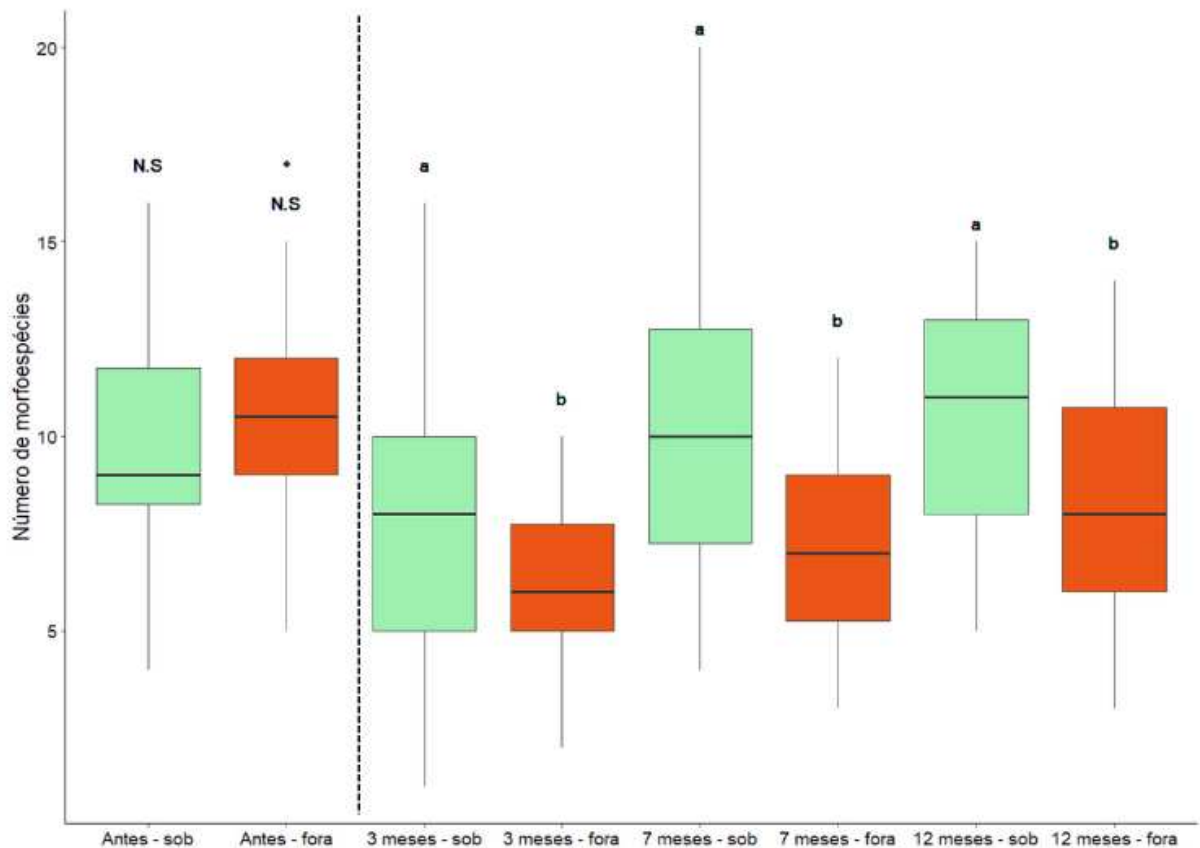
A abundância e a riqueza de plantas foram maiores sob a copa de *C. pachystachya* do que fora da copa. Antes da retirada da vegetação, a abundância média de plantas foi igual sob e fora da copa (sob:  $44,42 \pm 1,09$  EP; fora:  $41,86 \pm 1,09$  EP;  $z = 0,47$ ,  $p = 0,64$ ) (Figura 4). Mais uma vez apoiando nossa hipótese, após a retirada da vegetação e transcorridos os 12 meses de experimento, a abundância de plantas mostrou-se maior sob a copa do que fora da copa de *C. pachystachya* (sob:  $30,75 \pm 1,22$  EP; fora:  $17,92 \pm 1,22$  EP;  $z = 2,52$ ,  $p = 0,01$ ). Entre o 3º e o 12º meses de experimento, a abundância de plantas não variou sob ( $1,00 \pm 1,02$  EP,  $t = 0,09$ ,  $p = 0,93$ ) ou fora da copa ( $1,02 \pm 1,02$  EP,  $t = 0,72$ ,  $p = 0,47$ ).



**Figura 3** – Número de indivíduos de plantas variando em função dos tratamentos - sob a copa e fora da copa de *C. pachystachya* – antes da remoção da vegetação, três, oito e doze meses após a remoção da vegetação. A linha horizontal dentro dos *boxplots* representa o valor da mediana; as caixas, o valor dos quartis (25% e 75%); a linha vertical acima do *plot*, a extensão entre o quartil de 75% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis; e a linha vertical abaixo do *plot*, a extensão entre o quartil de 25% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis. Os pontos pretos indicam os *outliers*. A linha vertical tracejada representa o início do experimento, indicando assim a separação entre cenários pré e pós-remoção da vegetação. N.S. = diferença estatística não significativa entre tratamentos antes da retirada da vegetação; (a e b) acima dos *boxplots* = diferença estatística entre tratamentos após a retirada da vegetação.

A riqueza de plantas variou de 1 a 20 morfoespécies. Em março de 2023, a riqueza de plantas foi igual sob e fora da copa (sob:  $9,93 \pm 1,06$  EP; fora:  $10,50 \pm 1,06$  EP;  $z = 0,69$ ,  $p = 0,49$ ) (Figura 5). Corroborando a nossa hipótese, após a retirada da vegetação e transcorridos os 12 meses de experimento, a riqueza de plantas mostrou-se maior sob a copa do

que fora da copa de *C. pachystachya* (sob:  $7,17 \pm 1,11$  EP; fora:  $5,02 \pm 1,22$  EP;  $z = 2,55$ ,  $p = 0,01$ ). Entre o 3º e o 12º meses de experimento, a riqueza de plantas não variou ao longo do tempo fora da copa ( $1,01 \pm 1,01$  EP,  $z = 0,69$ ,  $p = 0,50$ ), mas apresentou um pequeno crescimento sob a copa ( $1,03 \pm 1,01$  EP;  $z = 3,07$ ,  $p < 0,01$ ).

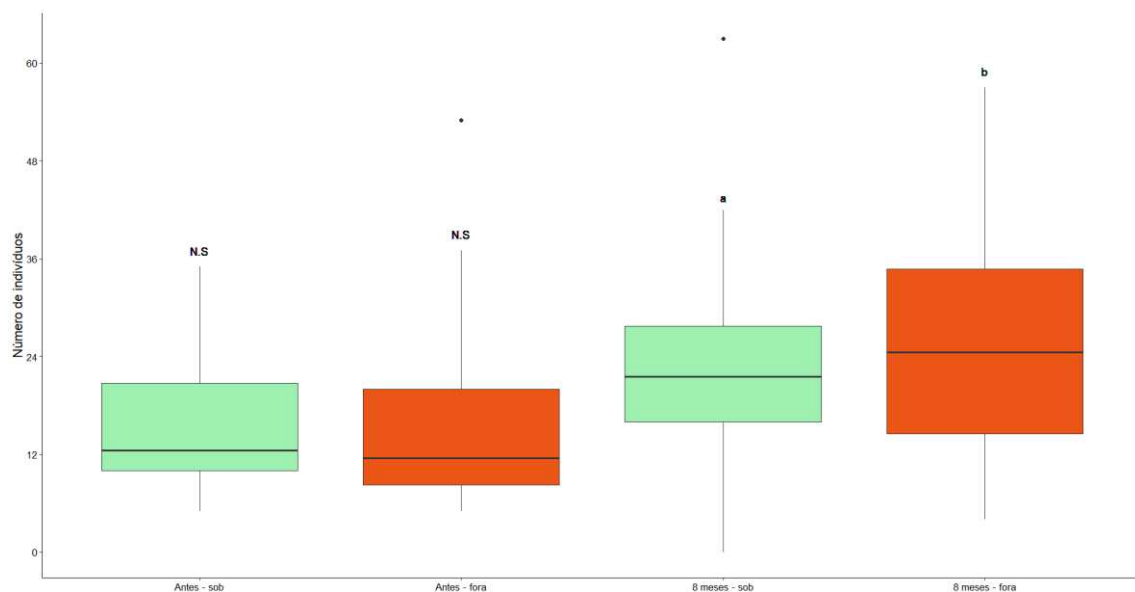


**Figura 4** – Número de morfoespécies de plantas variando em função dos tratamentos - sob a copa e fora da copa de *C. pachystachya* – antes da remoção da vegetação, três, oito e doze meses após a remoção da vegetação. A linha horizontal dentro dos *boxplots* representa o valor da mediana; as caixas, o valor dos quartis (25% e 75%); a linha vertical acima do *plot*, a extensão entre o quartil de 75% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis; e a linha vertical abaixo do *plot*, a extensão entre o quartil de 25% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis. O ponto preto indica um *outlier*. A linha vertical tracejada representa o início do experimento, indicando assim a separação entre cenários pré e pós-remoção da vegetação. N.S. = diferença estatística não significativa entre tratamentos antes da retirada da vegetação; (a e b) acima dos *boxplots* = diferença estatística entre tratamentos após a retirada

da vegetação. A riqueza de morfoespécies aumenta levemente ao longo do tempo sob a copa, mas mantém-se estável fora da copa.

### 3.3 Efeitos de *Cecropia pachystachya* sobre a comunidade de artrópodes edáficos

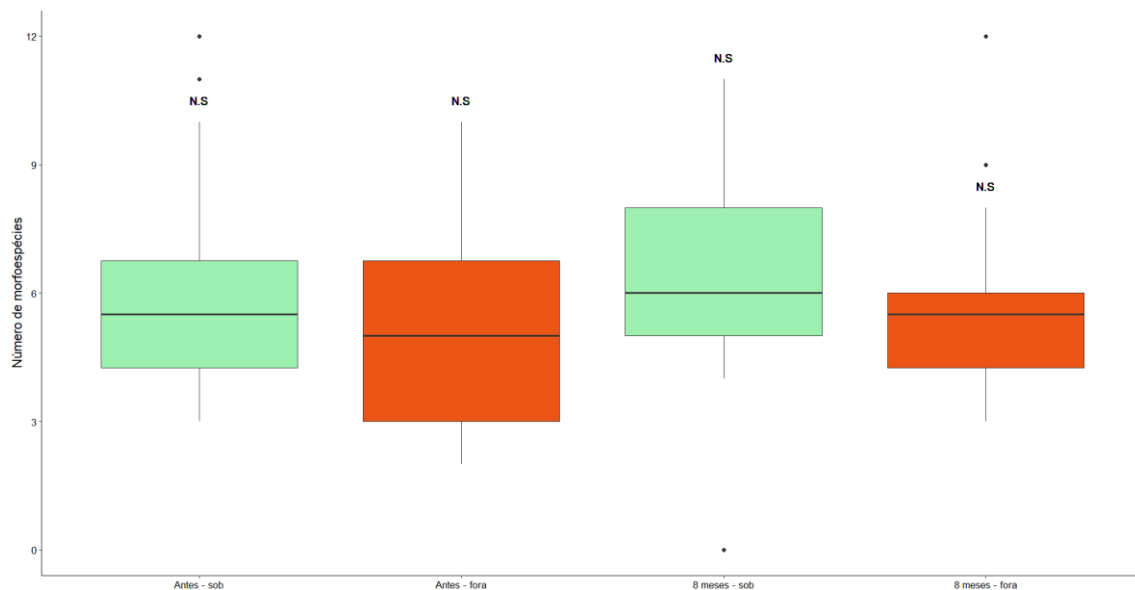
A abundância de artrópodes edáficos foi maior fora da copa do que sob a copa no mês de novembro de 2023 e a riqueza não variou nos meses analisados. A abundância de artrópodes edáficos (Figura 6) variou de 0 a 63 indivíduos nas parcelas amostradas. Em março, antes do experimento ser iniciado, a abundância de artrópodes edáficos não variou entre locais que seriam de amostra sob e fora da copa (sob a copa:  $14,73 \pm 1,09$  EP; fora da copa:  $15,10 \pm 1,09$  EP;  $z = 0,39$ ,  $p = 0,70$ ). Entre março e novembro de 2023, a abundância cresceu nos dois grupos experimentais (sob a copa:  $21,15 \pm 1,08$  EP;  $z = 3,14$ ,  $p < 0,01$ ; fora da copa:  $23,99 \pm 1,08$  EP;  $z = 3,88$ ,  $p < 0,01$ ), sendo um pouco maior fora da copa do que sob a copa ( $z = 2,42$ ,  $p = 0,02$ ).



**Figura 5** – Número de indivíduos de artrópodes edáficos variando em função dos tratamentos - sob a copa e fora da copa de *C. pachystachya* – antes da remoção da vegetação e oito meses após a remoção da vegetação. A linha horizontal dentro dos *boxplots* representa o valor da mediana; as caixas, o valor dos quartis (25% e 75%); a linha vertical acima do *plot*, a extensão entre o quartil de 75% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis; e a linha vertical abaixo do *plot*, a extensão entre o quartil de

25% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis. Os pontos pretos indicam os *outliers*. N.S. = diferença estatística não significativa entre tratamentos antes da retirada da vegetação; (a e b) acima dos *boxplots* = diferença estatística entre tratamentos após a retirada da vegetação.

A riqueza de artrópodes edáficos (Figura 7) variou de 0 a 12 morfoespécies coletadas nas parcelas amostradas. Em março, antes do experimento ser iniciado, a riqueza de artrópodes edáficos não variou entre locais que seriam de amostra sob e fora da copa (sob a copa:  $5,93 \pm 1,08$  EP; fora da copa:  $5,13 \pm 1,08$  EP;  $z = 1,32$ ,  $p = 0,19$ ). Entre março e novembro de 2023, a riqueza manteve-se estável nos dois grupos experimentais (sob a copa:  $6,33 \pm 1,08$  EP,  $z = 0,63$ ,  $p = 0,53$ ; fora da copa:  $5,90 \pm 1,08$  EP,  $z = 1,26$ ,  $p = 0,21$ ), não havendo diferença entre os dois grupos ( $z = 0,68$ ,  $p = 0,50$ ).



**Figura 6** – Número de morfoespécies de artrópodes edáficos variando em função dos tratamentos - sob a copa e fora da copa de *C. pachystachya* – antes da remoção da vegetação e oito meses após a remoção da vegetação. A linha horizontal dentro dos *boxplots* representa o valor da mediana; as caixas, o valor dos quartis (25% e 75%); a linha vertical acima do *plot*, a extensão entre o quartil de 75% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a distância entre os quartis; e a linha vertical abaixo do *plot*, a extensão entre o quartil de 25% e o valor máximo existente dentro de um intervalo equivalente a 1,5 vezes a

distância entre os quartis. Os pontos pretos indicam os *outliers*. N.S. = diferença estatística não significativa entre tratamentos antes da retirada da vegetação.

#### 4. DISCUSSÃO

Nossos resultados evidenciam que a presença de *Cecropia pachystachya* em áreas de campo rupestre influencia a fertilidade do solo e inferimos que, dessa forma, altera o processo de regeneração de plantas em apenas 12 meses de experimento. Isso ocorre pois encontramos uma maior qualidade de solo, abundância e riqueza de plantas em parcelas localizadas sob do que fora da copa de *C. pachystachya*. Ao contrário, nosso experimento demonstrou que a comunidade de artrópodes localizada no solo não parece ser afetada pela presença de *C. pachystachya* em 12 meses de experimento. Esses resultados são importantes para inferir as consequências da chegada de novas espécies em ambientes limitantes, mas ao mesmo tempo sensíveis e pode servir de base para inferir as possíveis mudanças da flora em face as mudanças climáticas globais (ASSIS & DE MATTOS, 2016; FERNANDES *et al.*, 2018; KENEDY-SIQUEIRA *et al.*, 2025).

Nossos parâmetros de solo indicam uma maior quantidade de  $\text{Ca}^{2+}$  disponível no solo em parcelas sob a copa de *C. pachystachya*, mas ainda com valores similares aos descritos na literatura que sinaliza baixos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  para o ambiente de campos rupestres (SCHAEFER, *et al.*, 2016). Nas plantas, o  $\text{Ca}^{2+}$  faz parte da estrutura das membranas celulares, enquanto, no solo, o  $\text{Ca}^{2+}$  é importante na estabilização da matéria orgânica e dos agregados do solo (NEUVILLE, 2004 apud SÁ *et al.*, 2024). O  $\text{Ca}^{2+}$  complexado na matéria orgânica é uma das formas desse elemento ser disponibilizado na solução do solo (SARTO *et al.*, 2019 apud SÁ *et al.*, 2024), as folhas de *Cecropia* depositadas no solo tornam-se, então, fonte de cálcio a longo prazo. Também encontramos uma maior CTC nas parcelas sob a copa de *C. pachystachya* o que indica um teor de matéria orgânica mais alto no solo e uma maior capacidade de liberação de nutrientes como o  $\text{Ca}^{2+}$  (EMBRAPA, 2020). Sugerimos então que a presença de *C. pachystachya* causou um aumento da fertilidade do solo o que influenciou diretamente na maior abundância e riqueza de plantas encontradas em sua proximidade.

A maior riqueza e abundância de plantas nas parcelas sob do que fora da copa de *C. pachystachya* após a remoção da vegetação pode também ser explicada pela hipótese do

Gradiente de Estresse (SGH; BERTNESS & CALLAWAY, 1994). A SGH sugere que em ambientes físicos adversos, as interações positivas entre espécies vizinhas geram efeitos benéficos como a proteção contra estresses limitantes através da modificação de condições físicas e/ou bióticas (BERTNESS & CALLAWAY, 1994). Acreditamos que *C. pachystachya* modifica as condições físicas do ambiente através do aumento da serapilheira e consequente melhoria da fertilidade do solo. Isso faz com que a abundância e a riqueza de plantas sob sua copa seja maior em relação à abundância e riqueza fora de sua copa. Nossos resultados de abundância e riqueza de plantas vão ao encontro dos resultados de um estudo realizado no nordeste do Brasil com outra planta pioneira. Os autores relataram maior abundância e riqueza vegetal em parcelas com a presença de uma planta pioneira (*Cnidocolus quercifolius*) em ambiente com alto nível de estresse na caatinga brasileira (MEDEIROS E OLIVEIRA, 2020). É importante apontar que o bioma caatinga possui restrições similares aos campos rupestres, como solos rasos e com baixa disponibilidade nutricional (FILHO *et al.*, 2023). Nesses ambientes, a melhoria das condições pode manter ou mesmo aumentar o recrutamento de espécies vegetais através da atenuação de fatores extremos como a baixa disponibilidade de nutrientes (PADILLA & PUGNAIRE, 2006).

A abundância de artrópodes edáficos foi levemente maior fora da copa de *C. pachystachya* do que sob a copa oito meses após a remoção da vegetação original. No entanto, a magnitude dessa diferença foi muito pequena (em média um indivíduo a mais de artrópode por armadilha) e por isso teria pouco sentido biológico. Hipotetizamos que a copa de *C. pachystachya* aumenta a riqueza e abundância de artrópodes edáficos em função da diversidade maior de recursos (eg. Folhas mortas), porém, nossos resultados não corroboraram nossa hipótese e a riqueza manteve-se estável. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Breviglieri (2019) para áreas de Mata Atlântica, onde as folhas mortas de *Cecropia* influenciam a abundância, mas não a riqueza de artrópodes edáficos. Acreditamos, que o principal fator de influência para essa pequena diferença entre a diversidade de artrópodes sob e fora da copa de *C. pachystachya* seja a idade das plantas. As plantas estudadas aqui possuem entre 1 e 10 anos de idade (Geraldo Fernandes Com. Pess.). Assim, esse tempo pode ser pequeno para alterar a fauna de artrópodes em resposta a deposição de folhas de *C. pachystachya*. No estudo de Breviglieri (2019) os dados foram coletados em área de Mata Atlântica, onde a colonização por *Cecropias* é bem mais antiga e por isso a deposição de serapilheira é possivelmente mais significativa para os artrópodes.

## 5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou experimentalmente que a chegada de *Cecropia pachystachya* às fisionomias abertas de campo rupestre vem causando alterações na diversidade de plantas. Argumentamos que essa influência sobre a vegetação é promovida principalmente pela grande queda das folhas de *Cecropia pachystachya*, que melhora a fertilidade do solo. O melhoramento da fertilidade dos solos pode favorecer grupos completamente distintos da flora e assim resultar em profundas e talvez irreversíveis mudanças na flora que é altamente diversa e endêmica dos campos rupestres (NEGREIROS et al., 2009, 2011; CUNHA-BLUM et al., 2020). O presente estudo traz dados de importância ecológica para conservação da flora dos campos rupestres, dado que em apenas 12 meses de experimento, já foi possível detectar que a presença de *C. pachystachya* altera as condições de solo e diversidade de plantas nessas áreas. Finalmente, sugerimos que estudos futuros investiguem quais são as espécies de plantas que estão sendo beneficiadas pela chegada de *C. pachystachya* e se as mesmas são espécies endêmicas dos campos rupestres.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-BUYLLA, E. R. & MARTINEZ-RAMOS, M. Demography and Allometry of *Cecropia Obtusifolia*, a Neotropical Pioneer Tree – An Evaluation of the Climax-Pioneer Paradigm for Tropical Rain Forests. **Journal of Ecology**, 80(2): 275-290, 1992.
- ARAÚJO, V. F. P., BANDEIRA, A. G. & VASCONCELLOS, A. Abundance and stratification of soil macroarthropods in a Caatinga Forest in Northeast Brazil. **Braz. J. Biol.**, 70(3): 737-746, 2010.
- ASSIS, M. V. & DE MATTOS, E. A. Vulnerabilidade da vegetação de campos de altitude às mudanças climáticas. **Oecologia Australis**, 20(2): 162-174, 2016.
- BARBOSA, M., FERNANDES, G. W. & MORRIS, R. J. Experimental evidence for a hidden network of higher-order interactions in a diverse arthropod Community. **Current Biology**, 33, 381–388, 2023

- BARBOSA, N. P. U. *et al.* Distribution of non-native invasive species and soil properties in proximity to paved roads and unpaved roads in a quartzitic mountainous grassland of southeastern Brazil (rupestrian fields). **Biological Invasions**, 12: 3745-3755, 2010.
- BATES, D. *et al.* “Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4.” **Journal of Statistical Software**, 67(1), 1–48. doi:10.18637/jss.v067.i01, 2015.
- BENITES, V. de M. *et al.* SOLOS E VEGETAÇÃO NOS COMPLEXOS RUPESTRES DE ALTITUDE DA MANTIQUEIRA E DO ESPINHAÇO. **Floresta e Ambiente**, 10(1): 76 – 85, 2003.
- BERG, C. C. & ROSSELLI, P. F. *Cecropia*. **Flora Neotropica**, 94: 1-230, 2005.
- BEYER, H., *et al.* Plant-pollinator interaction in a peatland ecosystem in Minas Gerais, Brazil. **Revista Espinhaço**, 12: 1, 2023.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. F. da S. Amostragem de solo. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá. **Embrapa**, p. 22-25, 2009.
- BREVIGLIERI, C. P. B. *et al.* Are *Cecropia* trees ecosystem engineers? The effect of decomposing *Cecropia* leaves on arthropod communities. **Biotropica**, 51: 562-571, 2019.
- CALLISTO, M. *et al.* A Humboldtian approach to mountain conservation and freshwater ecosystem services. **Front. Environ. Sci.**, 7: 1-12, 2019.
- CALLAWAY, R. M. & WALKER, L. R. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology**, 78(7): 1958-1965, 1997.
- CARNEIRO, M. A. A. *et al.* Insetos indutores de galhas da porção sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 53(4): 570–592, 2009.
- CONCEIÇÃO, A. A. *et al.* Rupestrian Grassland Vegetation, Diversity, and Origin. In: FERNANDES, G. W. (Ed.). Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil. **Springer**, p. 105-127, 2016.
- CUNHA-BLUM J. *et al.* More is not always better: responses of the endemic plant *Vellozia nanuzae* to additional nutrients. **Acta Botanica Brasilica**, 34(3):487-496, 2020.
- DARWIN, C. **A Origem das Espécies**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2018.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos e Análises de Solo**. EMBRAPA, Rio de Janeiro, 2017.

EMBRAPA. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (35): **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa Territorial, Campinas, SP, 2020.

FAGUNDES, M., WEISSER, W. & GANADE, G. The role of nurse successional stages on species-specific facilitation in drylands: Nurse traits and facilitation skills. **Ecology and Evolution**, 8: 5173-5184, 2018.

FERNANDES, G. W. *et al.* Challenges for the conservation of vanishing megadiverse rupestrian grasslands. **Natureza & Conservação**, 12(2): 162-165, 2014.

FERNANDES, G. W. *et al.* The deadly route to collapse and the uncertain fate of Brazilian rupestrian grasslands. **Biodivers Conserv.**, 27:2587–2603, 2018.

FERNANDES, G. W. *et al.* Biodiversity and ecosystem services in the Campo Rupestre: A road map for the sustainability of the hottest Brazilian biodiversity hotspot. **Perspectives in Ecology and Conservation**, 18: 213–222, 2020.

FILHO, J. C. de A. *et al.* Semi-arid Soils of the Caatinga Biome of Northeastern Brazil. In: SCHAEFER, C. E. (Ed.). *The Soils of Brazil*. Springer, p. 175-193, 2023.

FLORES, J. & JURADO, H. Are nurse-protégé interactions more common among plants from arid environments?. **Journal of Vegetation Science**, 14(6):911-916, 2003.

GALLIEN, L. ZURELL, D. & ZIMMERMANN, N. E. Frequency and intensity of facilitation reveal opposing patterns along a stress gradient. **Ecology and Evolution**, 8: 2171-2181, 2018.

GÓMEZ-APARICIO, L. *et al.* Canopy vs. soil effects of shrubs facilitating tree seedlings in Mediterranean montane ecosystems. **Journal of Vegetation Science**, 16: 191-198, 2005.

GÓMEZ-FERNÁNDEZ, N. A. *et al.* Facilitation by pioneer trees and herbivore exclusion allow regeneration of woody species in the semiarid ecosystem of central Chile. **Applied Vegetation Science**, 26: e12741, 2023.

GONÇALVES, S. T. *et al.* Caracterização dos estágios de sucessão ecológica em fragmentos de floresta estacional decidual na região do Parque Nacional da Serra do Cipó em Minas Gerais. **Journal Multi-Science Research**, 5: 76-84, 2022.

HARTIG, F. **DHARMa: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models.** R package version 0.4. 7, <<https://CRAN.R-project.org/package=DHARMa>>, 2024.

HE, L. *et al.* Nurse effects mediated by acid-tolerance of target species and arbuscular mycorrhizal colonization in an acid soil. **Plant Soil**, 441: 161–172, 2019.

HEURET, P. *et al.* Synchronization Of Growth, Branching And Flowering Processes In The South American Tropical Tree *Cecropia obtusa* (Cecropiaceae). **American Journal of Botany**, 89(7): 1180-1187, 2002.

JÚNIOR U. M. DOS S., GONÇALVES, J. F. DE C. & FELDPAUSCH, T. R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 226: 299-309, 2006.

KENEDY-SIQUEIRA, W. *et al.* Germination niche of *campo rupestre* plants: effects of increased temperature and darkness. **Journal of Mountain Science**, 22(7): 2541-2554, 2025.

LEVENE, H. Robust tests for equality of variances. In: I. Olkin, H. Hotelling, et al. (Eds.), Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling, **Stanford University Press**, 278-292, 1960.

LOBOVA T. A. *et al.* *Cecropia* as a Food Resource for Bats in French Guiana and the Significance of Fruit Structure in Seed Dispersal and Longevity. **American Journal of Botany**, 90(3): 388-403, 2003.

LOIOLA, P. P. *et al.* Shared-role of vegetation types, elevation and soil affecting plant diversity in an old-tropical mountain hotspot. **Journal of Mountain Science**, 20(7): 1842-1853, 2023.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa, SP: Editora Plantarum. 1992.

MACIEL, M. N. M. *et al.* CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, 1(2): 69-78, 2003.

MADEIRA, J. A. & FERNANDES, G. W. Reproductive phenology of sympatric species of *Chamaecrista* (*Leguminosae*) in Serra do Cipó, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, 15: 463-479, 1999.

- MARQUES, T. *et al.* Ant Assemblage Structure in a Secondary Tropical Dry Forest: The Role of Ecological Succession and Seasonality. **Sociobiology**, 64(3), 261–275, 2017.
- MARTINS, E. G. A. & PIRANI, J. R. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Urticaceae. **Bol. Bot. Univ. São Paulo**, 28(2): 161-173, 2010.
- MEDEIROS, J. A. & OLIVEIRA, V. P. V. A importância da faveleira na conservação da caatinga: uma análise após o ciclo de secas 2012-2018 em área em processo de desertificação. **GEOTemas**, 10(2): 06-24, 2020.
- MENDES, G. M. **Padrões de herbivoria por insetos em espécies de plantas tropicais**. Tese (Doutorado). Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre, da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2022. 99 p. Disponível em: <[https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/53639?locale=pt\\_BR](https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/53639?locale=pt_BR)>.
- MONTEIRO, B. L. *et al.* Pollination in the campo rupestre: a test of hypothesis for an ancient tropical mountain vegetation. **Biological Journal of the Linnean Society**, 133(2): 512–530, 2021.
- MOTA, N. M. *et al.* Forces driving the regeneration component of a rupestrian grassland complex along an altitudinal gradient. **Brazilian Journal of Botany**, 39: 845–860, 2016.
- NEVES, F. S. *et al.* Habitat generalists drive nestedness in a tropical mountaintop insect metacommunity. **Biological Journal of the Linnean Society**, 133(2): 577–586, 2021.
- NEGREIROS, D. *et al.* Seedling growth and biomass allocation of endemic and threatened shrubs of rupestrian fields. **Acta Oecologica** 35:301–310, 2009.
- NEGREIROS, D. *et al.* Caracterização físico-química de solos quartzíticos degradados e áreas adjacentes de campo rupestre na serra do Cipó, MG, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, 6:156-161, 2011.
- NOVAIS, S. M. A. *et al.* Vertical stratification and effect of petiole and dry leaf size on arthropod feeding guilds in *Cecropia pachystachya* (Urticaceae). **Brazilian Journal of Biology**, 75(3): 517-523, 2015.
- PADILLA, F. M. & PUGNAIRE, F. I. The Role of Nurse Plants in the Restoration of Degraded Environments. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 4(4): 196-202, 2006.
- PINHEIRO, F. *et al.* Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. **Austral Ecology**, 27:132–136, 2002.

RAPHAEL, M. B. *et al.* Comparing germination success and seedling traits between exotic and native pioneers: *Cecropia pachystachya* versus *Macaranga gigantea*. **Plant Ecology**, 216:1019–1027, 2015.

Revista Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, Brasília, v. 1, n. 1, 37 p., 2017 – ISSN: 2527-1032. Editora IABS.

RIBAS, R. P. *et al.* Afforestation in the Rupestrian Grasslands: The Augmenting Pressure of *Eucalyptus*. In: FERNANDES, G. W. (Ed.). Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil. **Springer**, p. 395-414, 2016.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 87-166, 1998.

RODRIGUES, E. L., JACOBI, C. M. & FIGUEIRA, J. E. C. Wildfires and their impact on the water supply of a large neotropical metropolis: a simulation approach. **Sci. Total Environ.**, 651:1261–1271, 2019.

SÁ, A. A. S. *et al.* A importância do cálcio para nutrição de plantas. **Scientific Electronic Archives**, 17(2), 2024.

SANTOS, F. A. M. Growth and leaf demography of two *Cecropia* species. **Revista Brasileira de Botânica**, 23(2): 133-141, 2000.

SANTOS-FILHO, M.; DA SILVA, D. J. & SANAIOTTI, T. M. Seasonal variation in richness and abundance of small mammals and in forest structure and arthropod availability in forest fragments, at Mato Grosso, Brazil. **Biota Neotropica**, 8: 1, 2008.

SCHAEFER, C. E. *et al.* Soils Associated with Rupestrian Grasslands. In: FERNANDES, G. W. (Ed.). Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil. **Springer**, p. 55-69, 2016.

SHAPIRO, S.S. & WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, 52: 3/4, 1965.

SHIELS, A. B. Leaf Litter Decomposition and Substrate Chemistry of Early Successional Species on Landslides in Puerto Rico. **Biotropica**, 38(3): 348–353, 2006.

- SILVA, F. C. *et al.* Análises químicas para a avaliação da fertilidade do solo. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. Brasília: **EMBRAPA**, pp: 75–169, 1999.
- SILVA, N. A. P., FRIZZAS, M. R. & OLIVEIRA, C. M. Seasonality in insect abundance in the “Cerrado” of Goiás State, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 55(1): 79–87, 2011.
- SILVEIRA, F. A. O. *et al.* Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant Soil**, 403: 129-152, 2016.
- STUDENT. The Probable Error of a Mean. **Biometrika**, 6(1): 1-25, 1908.
- VERDÚ, M., JORDANO, P. & VALIENTE-BANUET, A. The phylogenetic structure of plant facilitation networks changes with competition. **Journal of Ecology**, 98: 1454-1461, 2010.
- VIEIRA, D. A. *et al.* Relationships between soil properties and species establishment in the restoration of mined soils in the Cerrado biome. **PLOS ONE**, 17(11): e0277193, 2022.
- WALKLEY, A. & BLACK, I. A. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, 37(1): 29-38, 1934.

## MATERIAL SUPLEMENTAR

**Tabela 2** – Ordens de artrópodes

<b>Ordem</b>	<b>Abundância Total</b>
Araneae	19
Orthoptera	22
Coleoptera	115
Lepidoptera	2
Hemiptera	116
Collembola	197
Scutigeromorpha	2
Ixodida	1
Opiliones	1
Isopoda	1
Blattaria	1
Siphonaptera	1