

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS – ICEB  
DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDADE, EVOLUÇÃO E MEIO AMBIENTE  
CURSO DE CIÊNCIA BIOLÓGICAS**

**KAROLLINA VIEIRA DA CONCEIÇÃO**

**VARIAÇÃO TÉRMICA CRÍTICA NAS ESPÉCIES DE *Mycetophylax*  
Emery ENDÊMICAS DE DUNAS BRASILEIRAS**

**OURO PRETO - MG  
2023**

**KAROLLINA VIEIRA DA CONCEIÇÃO**

**karollina.conceicao@aluno.ufop.edu.br**

**VARIAÇÃO TÉRMICA CRÍTICA NAS ESPÉCIES DE *Mycetophylax*  
Emery ENDÊMICAS DE DUNAS BRASILEIRAS**

Monografia apresentada ao Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

**Orientador:** Dr. Danon Cledes Cardoso

**Coorientador:** Dr. Alexandre Silva de Paula

**OURO PRETO – MG  
2023**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C744v Conceicao, Karollina Vieira da.  
Variação térmica crítica nas espécies de Mycetophylax Emery  
endêmicas de dunas brasileiras. [manuscrito] / Karollina Vieira da  
Conceicao. - 2023.  
26 f.: il.: gráf..

Orientador: Prof. Dr. Danon Cardoso.

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Paula.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Ciências  
Biológicas .

1. Formiga. 2. Fungo. 3. Cronobiologia. I. Cardoso, Danon. II. Paula,  
Alexandre. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 582.28

Bibliotecário(a) Responsável: Luciana De Oliveira - SIAPE: 1.937.800



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDADE, EVOLUÇÃO E  
MEIO AMBIENTE



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Karollina Vieira da Conceição**

### VARIAÇÃO TÉRMICA CRÍTICA NAS ESPÉCIES DE *Mycetophylax* Emery ENDÊMICAS DE DUNAS BRASILEIRAS

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Aprovada em 26 de setembro de 2023

#### Membros da banca

Dr. Alexandre Silva de Paula – Presidente da banca - Universidade Federal de Ouro Preto

MSc. Paulo Cesar Afonso Neto - Universidade Federal de Ouro Preto

Dra. Natália Martins Travenzoli - Universidade Federal de Viçosa

Alexandre Silva de Paula, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 26/IX/2023



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Silva de Paula, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/09/2023, às 19:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0582811** e o código CRC **7FD941DE**.

Gostaria de dedicar essa conquista à minha querida família e amigos, pela imensa força e apoio que me proporcionaram para a conclusão dessa importante etapa da minha vida.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente aos meus pais Ricardo e Alzira e a minha amada irmã Kamilla e minha avó Terezinha, por todo o amor, carinho, incentivo e por me ensinarem o valor de uma família.

Aos meus amigos Alzira, Ana Clara, Diego, João, Laisy, Raquel e Ubiratan, que sempre me apoiaram nos momentos mais difíceis durante essa jornada, sendo grandes aliados durante os meus dias na UFOP.

A república Alambique que se tornou minha segunda casa em Ouro Preto, onde encontrei grandes amigos que levarei pra vida toda.

Aos meus professores do curso de Ciências Biológicas da UFOP, expresso minha profunda gratidão pelo conhecimento transmitido, pelo incentivo e pela orientação durante todo o meu percurso.

Agradeço ao meu professor Alexandre por sua ajuda para a finalização desse trabalho.

Ao Laboratório de Genética e Evolução de Populações que me acolheu de braços abertos, ao Prof. Maykon, a sua dedicação e apoio durante todo esse tempo.

Agradeço em especial o meu orientador Prof. Danon, a quem eu tive a honra de conhecer e trabalhar durante boa parte da minha graduação, agradeço a oportunidade e também a confiança que você depositou em mim. Obrigada por toda atenção, ensinamentos e toda paciência que teve comigo durante todos esses anos, você se tornou uma pessoa que não só passou pela minha vida, mas marcou ela de forma significativa.

*“Em vez de vivermos de julgamentos e críticas, devemos ousar, aparecer e deixar que nos vejam. Isso é a coragem de ser imperfeito! Isso é viver com ousadia! Estamos aqui para criar vínculos com as pessoas! Amor e aceitação são necessidades irredutíveis de todas as pessoas.”*

Brené Brown

## RESUMO

Formigas, como um grupo de insetos notavelmente diversificados, exibem uma variedade de espécies que ocupam uma ampla gama de habitats em diferentes biomas ao redor do mundo. Um grupo específico de formigas na região Neotropical mantém uma relação mutualística com fungos basidiomicetos, os quais são cultivados em seus ninhos subterrâneos. O gênero *Mycetophylax*, que possui três espécies endêmicas de restinga *M. simplex*, *M. conformis* e *M. morschi*, ocupam diferentes partes da costa atlântica e suas distribuições geográficas se estendem ao longo da região costeira. Nesse contexto, a localização do ninho e as características do solo desempenham um papel fundamental na viabilidade do fungo e, por consequência, na colônia. A temperatura crítica máxima e mínima (CTmax e CTmin) é um ponto térmico crucial para a sobrevivência de uma espécie, influenciando a seleção do local de nidificação e, por extensão, a distribuição das espécies. A análise dos limites de distribuição revela aspectos importantes, como a existência de uma população remanescente de *M. simplex* devido a mudanças históricas no nível do mar. Além disso, diferenças comportamentais, como a atividade noturna em *M. simplex* e contínua em *M. conformis* e *M. morschi*, também são notadas. Dado o ambiente desafiador das restingas na Mata Atlântica, caracterizado por solos arenosos e ventos constantes, essas espécies de *Mycetophylax* foram escolhidas para investigar possíveis variações na temperatura crítica máxima e mínima em relação ao tempo de atividade (dia ou noite) das espécies. Isso se alinha à cronobiologia das espécies e à adaptação a ambientes inóspitos. As coletas foram realizadas através de escavação de dunas costeiras localizadas dos estados do Rio de Janeiro (RJ) e Santa Catarina (SC) e analisadas no Laboratório de Genética e População (LGEP) na UFOP. Os resultados indicam que a temperatura desempenha um papel crucial na determinação do nicho térmico das espécies, influenciando sua partição temporal. As espécies diurnas, *M. morschi* e *M. conformis*, apresentam um CTmax médio mais elevado do que a espécie noturna *M. simplex*. Similarmente, a espécie noturna exibe um CTmin menor em comparação com as espécies diurnas.

**Palavras-chave:** Formiga, *Mycetophylax*, Formigas cultivadoras de fungo, Nicho Térmico, Cronobiologia.

## ABSTRACT

*Ants, as a remarkably diverse group of insects, exhibit a variety of species that occupy a wide range of habitats in different biomes around the world. A specific group of ants in the Neotropical region maintains a mutualistic relationship with basidiomycete fungi, which are cultivated in their underground nests. The genus *Mycetophylax*, which includes three endemic species from coastal restinga environments, *M. simplex*, *M. conformis*, and *M. morschi*, stand out and inhabit different parts of the Atlantic coast, with their geographical distributions extending along the coastal region. In this context, nest location and soil characteristics play a fundamental role in the fungus's viability and, consequently, in the colony. The critical maximum and minimum temperatures ( $CT_{max}$  and  $CT_{min}$ ) are crucial thermal points for species survival, influencing nest site selection and, by extension, species distribution. The analysis of distribution limits reveals important aspects, such as the existence of a remnant population of *M. simplex* due to historical sea-level changes. Furthermore, behavioral differences, such as nocturnal activity in *M. simplex* and continuous activity in *M. conformis* and *M. morschi*, are also observed. Given the challenging environment of restingas in the Atlantic Forest, characterized by sandy soils and constant winds, these *Mycetophylax* species were chosen to investigate possible variations in critical maximum and minimum temperatures in relation to their activity time (day or night). This aligns with the chronobiology of species and adaptation to inhospitable environments. Collections were carried out through excavation of coastal dunes located in the states of Rio de Janeiro (RJ) and Santa Catarina (SC) and analyzed at the Laboratory of Genetics and Population (LGEP) at UFOP. The results indicate that temperature plays a crucial role in determining the thermal niche of the species, influencing their temporal partitioning. Diurnal species, *M. morschi* and *M. conformis*, exhibit a higher average  $CT_{max}$  than the nocturnal species *M. simplex*. Similarly, the nocturnal species displays a lower  $CT_{min}$  compared to the diurnal species.*

**Keywords:** *Ant, Mycetophylax, Fungus-farming ants, Thermal Niche, Chronobiology..*

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Distribuição das frequências de ocorrência dos valores de CTmax (a) e CTmin (b) para as espécies estudadas. Em rosa, a espécie *M. simplex*, em cor laranja a espécie *M. morschi* e em cor azul a espécie *M. conformis*. ..... 7
- Figura 2: Temperatura crítica mínima (CTmin) e máxima (CTmax) das espécies *Mycetophylax* psamófilas. São indicados nos gráficos do tipo violino a distribuição dos dados. As cores indicam as espécies que se diferenciam significativamente, a máxima (CTmax) e mínima (CTmin) das espécies *Mycetophylax* psamófilas. Em azul, a espécie *M. simplex*, em cor laranja a espécie *M. morschi* e em cor rosa a espécie *M. conformis*. ..... 8
- Figura 3: Temperatura crítica máxima (CTmax) e mínima (CTmin) das espécies em relação a sua cronobiologia. São indicados nos gráficos do tipo violino a distribuição dos dados. As cores indicam que o CTmax e CTmin diferenciam significativamente de acordo com o hábito de atividade. Em azul dia, em cor laranja noite. ..... 9

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos.....	3
1.1.1	Geral .....	3
1.1.2	Específico .....	3
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>10</b>
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As formigas estão entre os grupos de insetos de considerável diversidade biológica. Das mais de 16.000 espécies de formigas conhecidas, a grande maioria se alimenta e nidifica no solo e são fortemente afetadas pela estrutura da vegetação, clima e microclima, ocupando os mais diversos habitats nos diferentes biomas do mundo. Como insetos eussociais, o ninho é uma característica importante sob a seleção natural deste superorganismo (Hölldobler, Wilson, & Nelson, 2009). No Neotrópico, um grupo particular de formigas se envolve em uma relação mutualística, cultivando fungos basidiomicetos dentro de seus ninhos subterrâneos. Essas formigas cultivadoras de fungo fornecem um substrato orgânico e um microambiente para o fungo, que por sua vez é o principal recurso alimentar da colônia. Nesse contexto, o local de nidificação e a estrutura do ninho, assim como as propriedades do solo são de fundamental importância para permitir o crescimento do fungo (Cristiano *et al.*, 2019; Weber, 1972).

As formigas normalmente acasalam durante voos nupciais, quando os machos e as fêmeas que são alados deixam suas colônias natais. Após o acasalamento, as jovens rainhas se dispersam, voando na direção do vento e caindo no chão para estabelecer novas colônias (Baer, 2011). Assim, a escolha do local de nidificação pela rainha é extremamente importante, considerando os recursos do entorno e o microclima. A temperatura crítica máxima e mínima, ou CTmax e CTmin, respectivamente, é o limite fisiológico térmico de uma espécie, na qual há a incapacitação tônica até a morte do indivíduo. Assim, a temperatura atua como uma força estruturante da nidificação e, conseqüentemente, da ocorrência das espécies (Cardoso *et al.* 2021).

O gênero *Mycetophylax* Emery, 1913, um dos 16 gêneros de formigas cultivadoras-de-fungo, passou por mudanças taxonômica e sistemáticas significativas nos últimos anos. O gênero foi negligenciado até a revisão de Klingenberg e Brandão (Klingenberg & Brandão, 2009) que sinonimizou vários táxons para compreender apenas três espécies denominadas *M. simplex* (Emery, 1888), *M. conformis* (Mayr, 1884) e *M. morschi* (Emery, 1888), todas restritas a ambientes de restinga, que é caracterizado por seu solo predominantemente arenoso, o que a diferencia de outros tipos de vegetação costeira. No entanto, o gênero foi ampliado após uma análise filogenética molecular e agora inclui todas as espécies *Cyphomyrmex strigatus* (Mayr, 1868) e *Mycetosoritis*

(Wheeler, 1907) uma vez que formam um grupo monofilético (Sosa-Calvo, Ješovnik, Vasconcelos, Bacci, & Schultz, 2017).

As restingas são considerados ambientes extremos pois apresentam condições ambientais dinâmicas e abruptas mudanças como de temperatura, umidade e regime de ventos. A temperatura média diurna pode atingir valores superiores a 50°C enquanto a temperatura noturna pode chegar abaixo dos 12°C (Franco *et al.* 1984, Guimarães *et al.* 2023).

Portanto, levando em consideração a história natural da maioria das espécies do grupo *Cyphomyrmex strigatus*, as três espécies previamente mencionadas de *Mycetophylax* são as únicas espécies reconhecidamente endêmicas de restinga (Klingenberg, Brandão, & Engels, 2007; Klingenberg & Brandão, 2009; Cardoso, Cristiano, Tavares, & Schoereder, 2012; Cardoso, Cristiano, Heinze, & Tavares, 2014) *Mycetophylax simplex*, *M. morschi* e *M. conformis* têm uma distribuição geográfica marcante, onde são facilmente identificadas, ocorrendo de maneira significativa ao longo da costa atlântica do Brasil. A primeira e a última espécie não se sobrepõem em suas distribuições ao longo da área de ocorrência (Klingenberg & Brandão, 2009; Cardoso *et al.*, 2012; Cardoso *et al.*, 2014; Cardoso, Cristiano, Tavares, Schubart, & Heinze, 2015a, 2015b) *Mycetophylax simplex* está limitado à porção sul da costa atlântica, e *M. conformis* ocorre da extensão sudeste a nordeste da costa atlântica no Brasil, atingindo o Caribe. Entretanto, a terceira espécie, *M. morschi*, ocorre em simpatria com ambas as espécies. Os limites de ocorrência das espécies em toda a sua área de distribuição conhecida têm sido controversos, e as três espécies vivem em simpatria em apenas um local: na restinga da praia de dunas de Cabo Frio, no estado do Rio de Janeiro (Cardoso *et al.*, 2012).

Atualmente, os limites de distribuição de *M. simplex*, *M. morschi* e *M. conformis* é bem conhecido: *M. conformis* e *M. simplex* não se sobrepõem na maior parte de sua distribuição, sendo *M. conformis* para este estudo foram encontradas em Cabo Frio (RJ), *M. simplex* e *M. morschi* para este estudo foram encontradas em Araranguá (SC), havendo uma lacuna entre o último local registrado para *M. simplex* e a praia de Dunas em Cabo Frio (Cardoso *et al.*, 2012, 2015b, 2015a; Cardoso, Cristiano, *et al.*, 2014; Cardoso, das Graças Pompolo, Cristiano, & Tavares, 2014). Isso pode ser interpretado como uma população remanescente da expansão populacional de *M. simplex* durante as mudanças do nível do oceano no passado (Cardoso *et al.*, 2015b). Outro aspecto notável destas espécies é que *M. simplex* apresenta atividades externas à colônia apenas do crepúsculo

ao alvorecer, enquanto *M. conformis* e *M. morschi* apresentam o tempo todo (Danon C. Cardoso, comunicação pessoal).

Essas espécies foram escolhidas devido às suas cronobiologias, uma vez que abrangem comportamentos de formigas tanto diurnas quanto noturnas, permitindo comparações significativas.

Considerando o aspecto da cronobiologia das três espécies endêmicas de dunas que habitam as restingas arenosas ao longo do litoral brasileiro, em proximidade a Mata Atlântica. Essas restingas são caracterizadas como ecossistemas costeiros únicos, frequentemente descritos como ambientes inóspitos devido às condições adversas, como solo arenoso e ventos constantes. Tais condições desafiadoras impõem restrições à comunidade de espécies que ali vivem, e, como resultado, essas áreas são habitadas por espécies altamente adaptadas a habitats arenosos e ventosos.

Neste contexto, utilizamos as espécies de formigas do gênero *Mycetophylax* como modelos para investigar variações na temperatura termal crítica máxima e mínima entre as espécies. Além disso, também avaliamos como essas variações podem estar relacionadas com a hora de atividade das espécies, tanto durante o dia quanto durante a noite.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Geral**

Investigar a temperatura térmica crítica máxima e a temperatura térmica crítica mínima entre três espécies de *Mycetophylax* endêmicas de restinga dos estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina, e seu impacto na cronobiologia.

### **1.1.2 Específico**

- Avaliar a temperatura térmica crítica máxima das espécies *M. simplex*, *M. conformis* e *M. morschi*;
- Avaliar a temperatura térmica crítica mínima das espécies *M. simplex*, *M. conformis* e *M. morschi*;
- Verificar se o CTmax e o CTmin variam significativamente entre o dia e a noite, em acordo com a cronobiologia das espécies estudadas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

As colônias das formigas cultivadoras de fungo das espécies *Mycetophylax simplex* (Emery, 1888), *Mycetophylax conformis* (Mayr, 1884) e *Mycetophylax morschi* (Emery, 1888) foram amostradas no período de 01/10/2022 a 15/11/2022 em diferentes localidades do Brasil:

- Parque Estadual da Costa do Sol, localizado na Praia das Dunas, Cabo Frio (RJ);
- Praia Morro Dos Conventos, localizada em Araranguá (SC).

As colônias foram escavadas de acordo com o protocolo de (Cardoso *et al.* 2010). As colônias foram coletadas e inteiramente transportadas para o Laboratório de Genética e População (LGEP) da Universidade Federal de Ouro Preto, localizado na cidade de Ouro Preto (MG) - Brasil, sendo mantidas em sistemas de criação como descrito por Cardoso e colaboradores (2010), em condições controladas de fotoperíodo (8:12/24), temperatura e humidade (25°C e 80%). Após um período de aclimação de uma semana, os espécimes eram submetidos aos ensaios para determinação do CTmax e CTmin.

Os ensaios consistiam em separar os indivíduos de cada uma das espécies em microtubos que eram então perfilados individualmente nos blocos de um aparelho termociclador programado para ascender a temperatura em um grau (1°C) a cada 40 segundos até a completa imobilização tônica do indivíduo que era registrado como o CTmax do espécime. O CTmin foi determinado pelo mesmo processo, no entanto a temperatura do bloco foi programada para decrescer um grau (1°C) a cada 40 segundos até a completa imobilidade do indivíduo. Foram testados 30 indivíduos de cada colônia, em um total de 11 colônias: cinco da espécie *M. morschi*, duas da espécie *M. conformis* e quatro da espécie *M. simplex*.

O propósito primordial era conduzir uma análise concisa e imediata, visando obter uma resposta aguda e pontual. Reconhecemos que para investigações mais aprofundadas e respostas de caráter crônico, seria imprescindível um período de tempo substancialmente maior para coletar e avaliar todos os dados necessários. Nesse sentido, a abordagem adotada se encaixou perfeitamente com a necessidade urgente de compreensão imediata, permitindo-nos posteriormente expandir nossos esforços em direção a análises mais detalhadas e abrangentes, se assim se fizer necessário.

Todas as análises foram realizadas utilizando o Programa R (R Core Team 2019). Para testar o CTmax e o CTmin registrados para cada espécie, foram construídos modelos

lineares generalizados. Para ambos, comparamos cada espécie, e seguimos de uma simplificação do modelo unindo par a par e comparando-os pelo critério de informação Akaike (AIC).

### 3 RESULTADOS

As formigas submetidas aos ensaios manifestaram imobilidade em valores de CTmax e CTmin, exceto dois espécimes que continuaram ativas mesmo em valores extremos. A média de CTmax foram: 47,84(± 3,20) para *Mycetophylax simplex*, 52,34(±4,76) para *M. conformis* e 54,65(±4,48) para *M. morschi* e a distribuição das frequências de CTmax por espécies são demonstradas na **Figura 1a**. A média de CTmin foram: 5,09(± 1,73) para *Mycetophylax simplex*, 9,19(±1,39) para *M. conformis* e 8,44(±2,00) para *M. morschi* e a distribuição das frequências de CTmax por espécies são demonstradas na **Figure 1b**.

Houve diferença significativa entre o Ctmax (*Deviance* = 3132,9 Df = 2 p = 2,2e-16) e o Ctmin (*Deviance* = 1006 Df = 2 p=2,2e-16) entre espécies (**Figura 2**). Houve também diferença significativa entre o CTmax (*Deviance* = 2807,6 Df = 1 P = 2.2e-16) e o CTmin (*Deviance* = 980.94 Df = 1 p= p=2,2e-16) das *Mycetophylax* diurnas e a *Mycetophylax simplex* que é noturna (**Figure 3**).

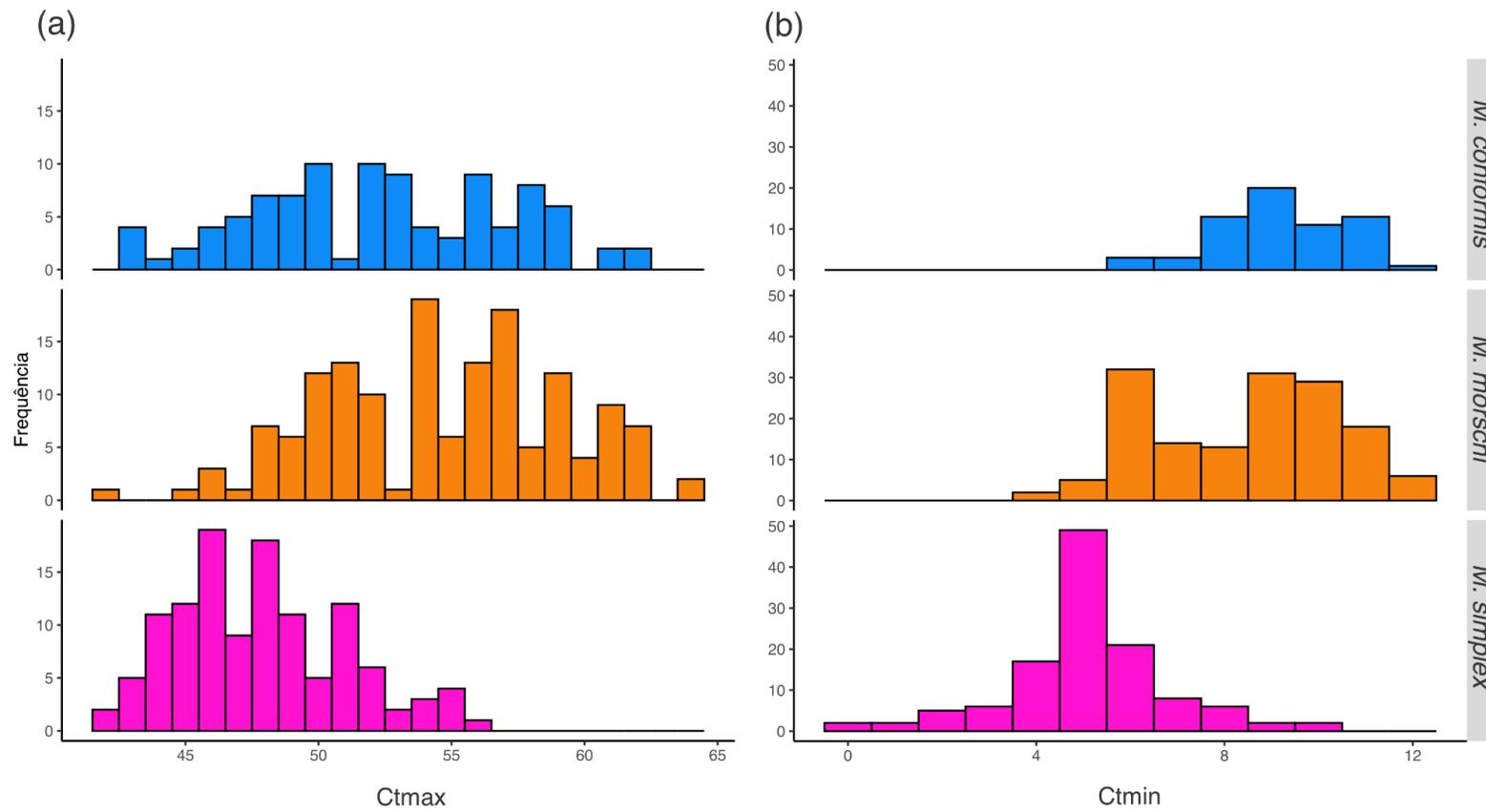


Figura 1: Distribuição das frequências de ocorrência dos valores de CTmax (a) e CTmin (b) para as espécies estudadas. Em rosa, a espécie *M. simplex*, em cor laranja a espécie *M. morschi* e em cor azul a espécie *M. conformis*.

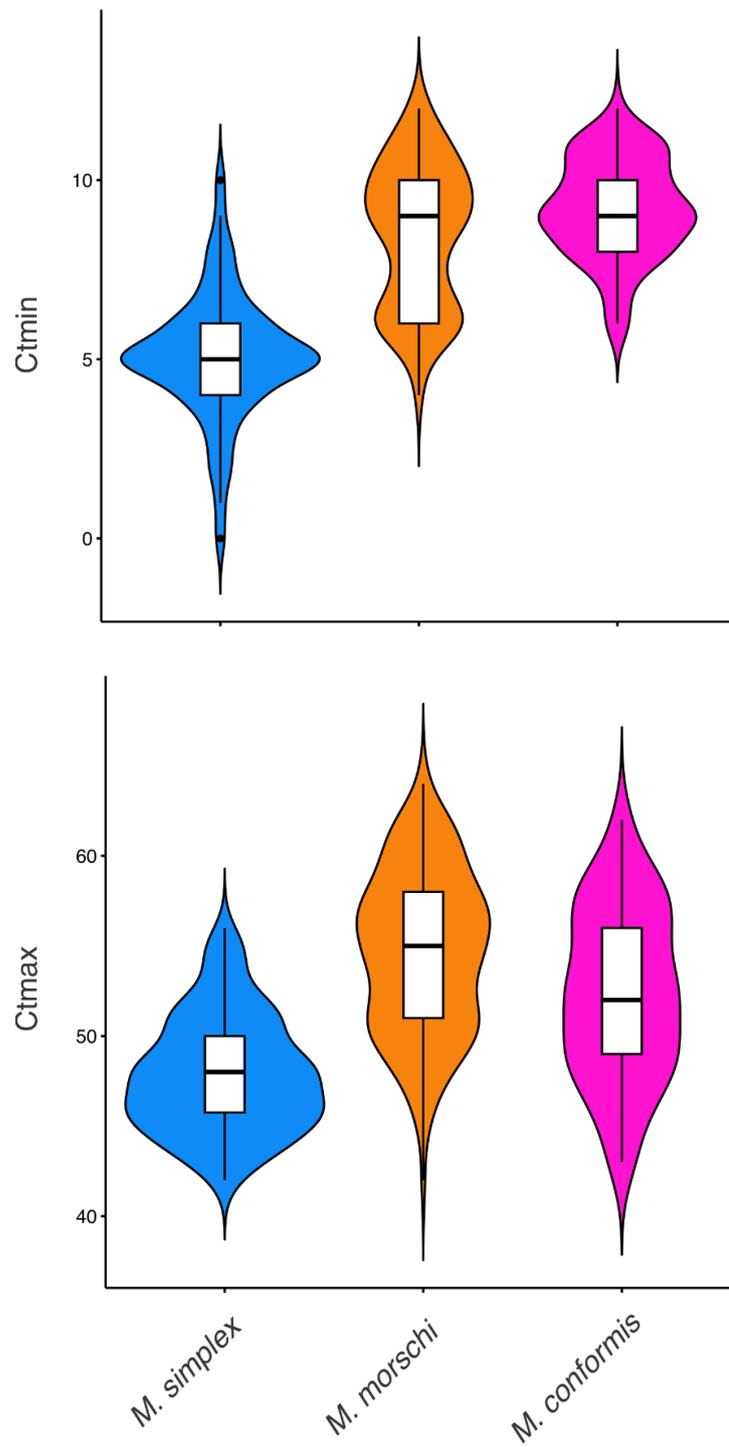


Figura 2: Temperatura crítica mínima (CTmin) e máxima (CTmax) das espécies *Mycetophylax* psamófilas. São indicados nos gráficos do tipo violino a distribuição dos dados. As cores indicam as espécies que se diferenciam significativamente, a máxima (CTmax) e mínima (CTmin) das espécies *Mycetophylax* psamófilas. Em azul, a espécies *M. simplex*, em cor laranja a espécies *M. morschi* e em cor rosa a espécies *M. conformis*.

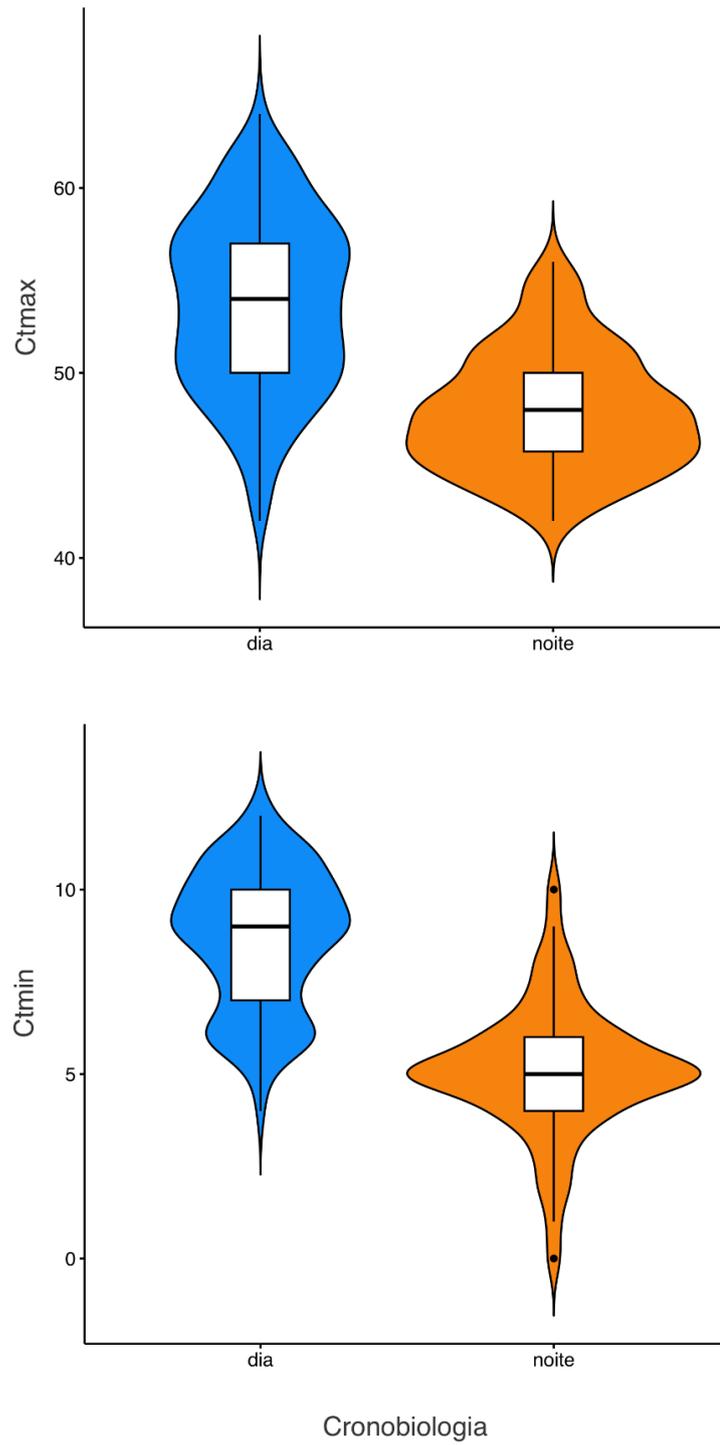


Figura 3: Temperatura crítica máxima (CTmax) e mínima (CTmin) das espécies em relação a sua cronobiologia. São indicados nos gráficos do tipo violino a distribuição dos dados. As cores indicam que o CTmax e CTmin diferenciam significativamente de acordo com o hábito de atividade. Em azul dia, em cor laranja noite.

#### 4 DISCUSSÃO

As formigas do gênero *Mycetophylax* que são endêmicas de regiões de dunas compreendem um clado monofilético que previamente incluía apenas três espécies: *M. simplex*, *M. morschi* e *M. conformis*, todas endêmicas de ecossistemas de dunas Brasileiras. Além disso, elas compreendem um clado dentro do gênero e podem ser denominadas como psamófilas, se refere a plantas ou organismos que são adaptados a viver em solos arenosos ou em ambientes arenosos, como dunas e praias (Micolino *et al.* 2019). Se suponha previamente que as três espécies não se sobrepujam sua área de ocorrência e que *M. conformis* e *M. morschi* não compartilhavam o nicho com *M. simplex* (Klingenberg *et al.* 2017). Entretanto, hoje sabemos que em um dado momento as três espécies coocorreram, restando hoje apenas uma área relictual onde as três espécies ocorrem juntas (Cardoso *et al.* 2012, Cardoso *et al.* 2015). Embora as três espécies compartilhem o nicho espacialmente, o mesmo não ocorre na escala temporal. *Mycetophylax simplex* é basicamente noturna, iniciando sua atividade com o crepúsculo e terminando ao alvorecer (Diehl-Fleig & Diehl 2007).

Nossos resultados apontam que a temperatura influencia o nicho térmico das três espécies, e conseqüentemente a partição temporal. As espécies *Mycetophylax morschi* e *M. conformis* são ativas durante o dia e muito raramente são vistas forrageando no período noturno. O CTmax médio de ambas foi mais elevado do que o de *M. simplex* e ambos significativamente diferentes. Já *M. simplex* inicia as atividades no crepúsculo e finda suas atividades no alvorecer sendo estritamente noturna. O CTmax médio foi menor e significante diferente das outras duas espécies estudadas. Do mesmo modo, vimos que o CTmin da espécie noturna *M. simplex* é menor comparado com o das outras espécies diurnas.

Tais valores estão em concordância com aos valores de CTmax e CTmin observado em nosso estudo entre as espécies *M. simplex*, *M. morschi* e *M. conformis*. De fato, há uma mudança na comunidade de formigas entre o dia e a noite em dunas frontais de restinga, que são dunas caracterizadas por serem costeiras próximas à praia, moldadas pelo vento, marés e areia em constante movimento, essas ainda são baixas, móveis e abrigam vegetação adaptada a essas condições dinâmicas (Guimarães *et al.* 2023). No entanto há ainda que se elucidar se a comunidade de formigas noturna e diurna é estruturada pela temperatura para um ótimo de temperatura.

Estudos sobre a cronobiologia, fisiologia e valores críticos de temperatura máxima e mínima são fundamentais para o entendimento da história natural dos organismos. Diante das mudanças climáticas mundiais se faz necessário cada vez mais estudos para que possamos entender o impacto e projetar ações de mitigação e conservação das espécies, principalmente dos animais ectotérmicos.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BAER, B. (2011). **The copulation biology of ants (Hymenoptera: Formicidae).** Myrmecological News, 14, 55–68.
- BOLLAZZI, M., KRONENBITTER, J., & ROCES, F. (2008). **Soil temperature, digging behaviour, and the adaptive value of nest depth in South American species of *Acromyrmex* leaf-cutting ants.** Oecologia, 158(1), 165–175. doi: 10.1007/s00442-008-1113-z
- BURI, A., CIANFRANI, C., PINTO-FIGUEROA, E., YASHIRO, E., SPANGENBERG, J. E., ADATTE, T., ... PRADERYAND, J.-N. (2017). **Soil factors improve predictions of plant species distribution in a mountain environment.** Progress in Physical Geography: Earth and Environment, 41(6), 703–722. doi: 10.1177/0309133317738162
- CARDOSO, D. C., CRISTIANO, M. P., HEINZE, J., & TAVARES, M. G. (2014). **A nuclear DNA based phylogeny of endemic sand dune ants of the genus *Mycetophylax* (Emery, 1913): How morphology is reflected in molecular data.** Molecular Phylogenetics and Evolution, 70, 378–382. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2013.10.012>
- CARDOSO, D. C., CRISTIANO, M. P., TAVARES, M. G., & SCHOEREDER, J. H. (2012). **Co-occurrence of putatively allopatric species of the genus *Mycetophylax*: first record of *Mycetophylax simplex* (EMERY, 1888) (Hymenoptera: Formicidae) from Rio de Janeiro State, Brazil.** Myrmecological News, 16, 57–59.
- CARDOSO, D. C., CRISTIANO, M. P., TAVARES, M. G., SCHUBART, C. D., & HEINZE, J. (2015a). **Erratum to: Phylogeography of the sand dune ant *Mycetophylax simplex* along the Brazilian Atlantic Forest coast: remarkably low mtDNA diversity and shallow population structure.** BMC Evolutionary Biology, 15(1), 190. doi: 10.1186/s12862-015-0444-8
- CARDOSO, D. C., CRISTIANO, M. P., TAVARES, M. G., SCHUBART, C. D., & HEINZE, J. (2015b). **Phylogeography of the sand dune ant *Mycetophylax simplex* along the Brazilian Atlantic Forest coast: remarkably low mtDNA diversity and shallow population structure.** BMC Evolutionary Biology, 15(1), 106. doi: 10.1186/s12862-015-0383-4
- CARDOSO, D. C., das GRAÇAS POMPOLO, S., CRISTIANO, M. P., & TAVARES, M. G. (2014). **The Role of Fusion in Ant Chromosome Evolution: Insights from Cytogenetic**

**Analysis Using a Molecular Phylogenetic Approach in the Genus *Mycetophylax*.** PLoS ONE, 9(1), e87473. doi: 10.1371/journal.pone.0087473

CARDOSO, D.C., CRISTIANO, M.P., BORGES-SILVA, A.B. *et al.* **Could soil granulometry and permeability drive the occurrence of the dune-dwelling ants from the genus *Mycetophylax*?.** *Insect. Soc.* **68**, 181–189 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00040-021-00812-w>

COSTA-MILANEZ, C. B. da, MAJER, J. D., CASTRO, P. de T. A., & RIBEIRO, S. P. (2017). **Influence of soil granulometry on average body size in soil ant assemblages: implications for bioindication.** *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15(2), 102–108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.03.007>

CRISTIANO, M. P., CARDOSO, D. C., BEIRÃO, M. V, REIS, A. C. C. C., PEREIRA, T. P., & MOURA, M. N. (2019). **Nesting and distribution of *Trachymyrmex holmgreni* in Brazilian restinga.** *Insectes Sociaux*, 66(1), 139–151. doi: 10.1007/s00040-018-0666-z

DIEHL-FLEIG, E., & ROCHA, E. S. da. (1998). **Escolha de solo por fêmeas de *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) para construção do ninho.** *Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil* , Vol. 27, pp. 41–45. scielo .

DIEHL-FLEIG, E., DIEHL, E. (2007) **Nest architecture and colony size of the fungus-growing ant *Mycetophylax simplex* Emery, 1888 (Formicidae, Attini).** *Insect. Soc.* **54**, 242–247. <https://doi.org/10.1007/s00040-007-0936-7>

DILLENBURG, S. R., & HESP, P. A. (2009). **Geology and Geomorphology of Holocene coastal barriers of Brazil.** Berlin, Germany: Springer.

ESPINOZA, D. N., & SANTAMARINA, J. C. (2010). **Ant tunneling—a granular media perspective.** *Granular Matter*, 12(6), 607–616. doi: 10.1007/s10035-010-0202-y

HÖLLDOBLER, B., WILSON, E. O., & NELSON, M. C. (2009). **The Superorganism: The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies.** W.W. Norton.

JOHNSON, R. A. (2000). **Habitat segregation based on soil texture and body size in the seed-harvester ants *Pogonomyrmex rugosus* and *P. barbatus*.** *Ecological Entomology*, 25(4), 403–412. doi: 10.1046/j.1365-2311.2000.00286.x

- KASPARI, M., & WEISER, M. (2007). **The size grain hypothesis: do macroarthropods see a fractal world?** *Ecological Entomology*, 32(3), 279–282. doi: 10.1111/j.1365-2311.2007.00870.x
- KLINGENBERG, C., & BRANDÃO, C. R. F. (2009). **Revision of the fungus-growing ant genera *Mycetophylax* Emery and *Paramycetophylax* Kusnezov rev. stat., and description of *Kalathomyrmex* n. gen. (Formicidae: Myrmicinae: Attini).** *Zootaxa*, 2052(1), 1–31. doi: 10.11646/zootaxa.2052.1.1
- KLINGENBERG, C., BRANDÃO, C. R. F., & ENGELS, W. (2007). **Primitive nest architecture and small monogynous colonies in basal Attini inhabiting sandy beaches of southern Brazil.** *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 42(2), 121–126. doi: 10.1080/01650520601065509
- RÖMER, D., BOLLAZZI, M., & ROCES, F. (2017). **Carbon dioxide sensing in an obligate insect-fungus symbiosis: CO<sub>2</sub> preferences of leaf-cutting ants to rear their mutualistic fungus.** *PLOS ONE*, 12(4), e0174597. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174597>
- RYBERG, W. A., & FITZGERALD, L. A. (2015). **Sand grain size composition influences subsurface oxygen diffusion and distribution of an endemic, psammophilic lizard.** *Journal of Zoology*, 295(2), 116–121. doi: 10.1111/jzo.12184
- SALLEH, S. M., NISHIZAWA, H., ISHIHARA, T., SAH, S. A. M., & CHOWDHURY, A. J. K. (2018). **Importance of Sand Particle Size and Temperature for Nesting Success of Green Turtles in Penang Island, Malaysia.** *Chelonian Conservation and Biology*, 17(1), 116–122. doi: 10.2744/CCB-1266.1
- SANKOVITZ, M. A., BREED, M. D., & MCCREERY, H. F. (2019). **Effects of *Formica podzolica* ant colonies on soil moisture, nitrogen, and plant communities near nests.** *Ecological Entomology*, 44(1), 71–80.
- SOSA-CALVO, J., JESOVNIK, A., VASCONCELOS, H. L., BACCI, M., & SCHULTZ, T. R. (2017). **Rediscovery of the enigmatic fungus-farming ant “*Mycetosoritis*” asper Mayr (Hymenoptera: Formicidae): Implications for taxonomy, phylogeny, and the evolution of agriculture in ants.** *PLOS ONE*, 12(5), e0176498. doi: 10.1371/journal.pone.0176498
- R CORE TEAM (2019). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.

TSCHINKEL, W. R. (2015). **The architecture of subterranean ant nests: beauty and mystery underfoot.** *Journal of Bioeconomics*, 17(3), 271–291. doi: 10.1007/s10818-015-9203-6

WALTHERT, L., & MEIER, E. S. (2017). **Tree species distribution in temperate forests is more influenced by soil than by climate.** *Ecology and Evolution*, 7(22), 9473–9484. doi: 10.1002/ece3.3436

WEBER, N. A. (1972). **Gardening ants, the attines.** Philadelphia: American Philosophical Society.

ZUUR, A. F., HILBE, J. M., & LENO, E. N. (2013). **A Beginner's Guide to GLM and GLMM with R : A Frequentist and Bayesian Perspective for Ecologists.** Newburgh, United Kingdom: Highland Statistics Ltd