



LAÍS DA GLÓRIA TEIXEIRA SILVEIRA

**SELEÇÃO DE HABITAT POR ESPÉCIES DE ARANHAS EM
UMA CAVERNA CALCÁRIA**

**LAVRAS-MG
2022**

LAÍS DA GLÓRIA TEIXEIRA SILVEIRA

**SELEÇÃO DE HABITAT POR ESPÉCIES DE ARANHAS EM UMA CAVERNA
CALCÁRIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Marconi Souza Silva
Orientador

Prof. Dr. Rodrigo Lopes Ferreira
Coorientador

Dra. Thais Giovannini Pellegrini
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Silveira, Laís da Glória Teixeira.

Seleção de habitat por espécies de aranhas em uma caverna calcária / Laís da Glória Teixeira Silveira. - 2021.

90 p.

Orientador(a): Marconi Souza Silva.

Coorientador(a): Rodrigo Lopes Ferreira, Thais Giovannini Pellegrini.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Caverna. 2. Distribuição. 3. Invertebrados. I. Silva, Marconi Souza. II. Ferreira, Rodrigo Lopes. III. Pellegrini, Thais Giovannini. IV. Título.

LAÍS DA GLÓRIA TEIXEIRA SILVEIRA

**SELEÇÃO DE HABITAT POR ESPÉCIES DE ARANHAS EM UMA CAVERNA
CALCÁRIA**

HABITAT SELECTION BY SPIDER SPECIES IN A LIMESTONE CAVE

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de novembro de 2021.

Dr. Lucas Del Bianco Faria, UFLA

Dr. Antônio Domingos Brescovit, INSTITUTO BUTANTAN

Prof. Dr. Marconi Souza Silva
Orientador

Prof. Dr. Rodrigo Lopes Ferreira
Coorientador

Dra. Thais Giovannini Pellegrini
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2022**

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Em meio a esse longo e tortuoso caminho, que foi desenvolver uma dissertação em tempos de pandemia do Covid-19, algumas pessoas me ajudaram dando forças para continuar este trabalho. No ano de 2020 passei por muitos problemas pessoais, que quase me fizeram desistir do mestrado, mas graças a essas pessoas, eu tive animo para seguir em frente.

Então começando os agradecimentos, primeiramente gostaria de agradecer a Deus e aos meus santos e santas, os quais eu tanto pedi para que me dessem forças para continuar. Também agradeço aos meus pais, Benedito e Maria Rita, por todo o amor, apoio e ensinamentos durante toda a minha vida, amarei vocês para sempre.

Ao Leandro Faria, meu companheiro, que sempre esteve ao meu lado, nos momentos felizes e nos mais difíceis. Sempre dedicado em me fazer rir e também em me pôr no “eixo” quando era preciso.

A minha família que sempre me apoia e cuida de mim, minhas tias, tios e primos e primas. Obrigada por todo o carinho de sempre.

Ao programa de Ecologia Aplicada (UFLA) e a todos professores e colegas que de alguma forma contribuíram para meu crescimento profissional como bióloga/ecóloga.

A Ellen, secretária do programa de Ecologia Aplicada por ter me ajudado muito ao longo desses anos, tirando minhas dúvidas e me dando todo suporte em relação ao programa.

A dona Maria, que foi a primeira amizade que eu fiz em Lavras, sempre ensinando sobre a cidade e seus estabelecimentos.

Ao meu orientador e coorientador, Marconi e Rodrigo, por todo o imenso aprendizado, paciência e amizade, por terem acreditado em mim e me acolhido no CEBS. Até então eu nunca tinha ouvido falar sobre bioespeleologia e hoje sou fascinada. Sou muito feliz e honrada de ter tido a oportunidade de ter vocês como meus orientadores.

A Thais, minha coorientadora, por todo o aprendizado, disposição e paciência, principalmente com as análises estatísticas, as quais me dão frio na barriga (kkk).

Aos meus colegas de laboratório (CEBS), em especial a Luana, Alicia, Gilson, Isabella, Vanessa, Guilherme e Vitor por terem feito parte das amostragens de dados em campo desse projeto. Sei que foi trabalhoso e cansativo, mas foi divertido estar com vocês.

Ao “Coelho” por toda hospitalidade em acolher nossa equipe de campo em sua casa, sempre estando disposto a ajudar e também pelos momentos divertidos que tivemos.

A Alessandra, técnica do CEBS, por sempre ter uma mensagem positiva e me ajudar quando não sabia onde ficavam os materiais do laboratório.

Ao Prof. Dr. Adalberto Santos da UFMG, por fazer a identificação das aranhas que coletamos a nível de espécie, sendo assim possível entendermos mais sobre essas espécies e a suas ocorrências em cavernas.

Ao Mauro, por ajudar prontamente na confecção dos mapas interpolados.

A minha amiga Ana Clara, que me ajudou diversas vezes me “colocando pra cima”, escutando meus desabafos, sempre sendo muito paciente e bondosa. **널 많이 좋아해.**

Aos meus amigos Carlos e Antônio (Tonho), que são meus amigos desde a UNIFAL-MG e que me incentivaram a ir para Lavras (com eles kkk). Agradeço por sempre estarem dispostos a me ajudar no que for preciso, por todas as noites de Valorant, outras jogatinas, lanches e pizzas e viagens por aí. Ter vocês aqui foi o que tornou tudo mais divertido.

Aos meus amigos e amigas, Marcela, Alexandra, Nathalia, Lucas e Vitor, que mesmo distantes sempre cuidam de mim e me alegrem com vídeos fofinhos, memes e conversas motivadoras.

As minhas amigas de Socorro-SP, Marielen e Tamires, por serem minhas friends desde a época do Big Bang (fantastic baby? kkk), por todos os momentos de cafézinho, filmes e videogame que faz meus dias mais felizes.

A minha família felina Shayenne (Shasha) e Tigresa (Titi), que me alegam sempre com seus “purr” e carinhos constantes.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de avaliar a seleção de habitat por espécies de aranhas sob a influência de variáveis ambientais inerentes ao ambiente cavernícola. Dentre elas a distância da entrada, altura do chão, heterogeneidade do substrato, inclinação do piso e parede, luminosidade, temperatura, umidade, intensidade de ventos e disponibilidade de alimentos (presas potenciais). As espécies selecionadas foram *Oecobius navus* Blackwall, 1859, *Loxosceles anomala* Mello-Leitão, 1917, *Scytodes itapevi* Brescovit & Rheims, 2000 e *Philoponella vittata* Keyserling, 1881 pelo fato da sua ampla distribuição na caverna Duca, no município de Pains, no Estado de Minas Gerais, Brasil. Secundariamente, em função da sua maior abundância avaliamos, o padrão de distribuição espacial da espécie exótica *O. navus* ao longo da caverna calcária. O primeiro artigo foi elaborado de acordo com as normas do periódico “*The Journal of Arachnology*”, tendo como objetivo mensurar as principais variáveis ambientais determinantes na distribuição temporal e espacial, e na seleção de habitat das quatro espécies de aranhas. O segundo capítulo foi escrito conforme as normas do periódico “*Subterranean Biology*”, com o propósito de avaliar o padrão de distribuição temporal e espacial da *Oecobius navus*, em distintas escalas métricas de amostragem. Como principais resultados identificamos que as quatro espécies de aranhas demonstraram seleção diferenciada de habitat, provavelmente determinada por mecanismos fisiológicos e ecológicos. Este é o caso da *Oecobius navus* que apresenta preferência por áreas iluminadas, ao contrário de *Loxosceles anomala*, *Scytodes itapevi* e *Philoponella vittata*, as quais optaram por áreas menos iluminadas e um pouco mais úmidas. Alguns estudos têm mostrado que *Oecobius navus* possui comportamento territorialista, e tolera ambiente com reduzida abundância de presas e de considerável homogeneidade ambiental. Tais fatores provavelmente determinam o padrão de distribuição espacial, em microescala, predominantemente aleatório da espécie ao longo da caverna. A formação de agregações em mesoescala provavelmente se deve a seleção de locais da caverna com determinados requisitos ambientais, tais como luminosidade e vento.

Palavras-chave: Aranhas. Distribuição. Caverna. Variáveis Ambientais

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate habitat selection of four spider species and the influence of environmental parameters in a cave environment. These include distance from the entrance, height from the ground, substrate heterogeneity, floor and wall inclination, luminosity, temperature, air moisture, wind strength and food availability (potential prey). For this study, the species *Oecobius navus* Blackwall, 1859, *Loxosceles anomala* Mello-Leitão, 1917, *Scytodes itapevi* Brescovit & Rheims, 2000 and *Philoponella vittata* Keyserling, 1881 were selected, given their wide distribution throughout the Duca cave, in the municipality of Pains, in the State of Minas Gerais, Brazil. Secondly, due to its greater abundance, we evaluated the spatial distribution pattern of *O. navus* within a limestone cave. The first manuscript was prepared according to *The Journal of Arachnology* guidelines. In this study, we aimed to evaluate which environmental parameters determine, across different temporal and spatial scales, habitat selection and distribution of four spider species. The second manuscript was prepared according to the guidelines established by the journal *Subterranean Biology*, which aimed to analyze the spatial distribution pattern of *Oecobius navus*, at different temporal and spatial scales. The main results indicate that the selected spider species showed different habitat preferences, probably related to their physiological and ecological requirements. Such is the case with *Oecobius navus*, which showed preference for sections with light, where the *Loxosceles anomala*, *Scytodes itapevi* and *Philoponella vittata* do not usually occur. The latter tended to select less illuminated and more humid areas of the cave. *Oecobius navus* exhibits territorial behavior and lives under conditions of low prey abundance and considerable environmental homogeneity. Such factors are likely to determine the predominantly random microscale spatial distribution pattern within the cave. On the other hand, the creation of aggregations on a meso-scale was probably due to the selection of cave sites with certain environmental requirements, including light and wind conditions.

Keywords: Spiders. Distribution. Cave. Environmental Variables

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	11
APRESENTAÇÃO	11
1 INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS	16
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	21
ARTIGO 1: Seleção de habitat e coocorrência de quatro espécies de aranhas em um ambiente oligotrófico	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAIS E MÉTODOS	24
Local de Estudo	24
Desenho amostral	25
Caracterização do habitat físico	26
Levantamento da distribuição e abundância das espécies de aranhas	26
Disponibilidade de presas potenciais	27
Observações em campo	27
Armazenamento e identificação dos invertebrados	27
Análise de dados	27
RESULTADOS	29
Padrões espaço-temporais	29
Seleção de habitat e sobreposição de nicho	31
DISCUSSÃO	32
REFERÊNCIAS	36
FIGURAS	43
TABELAS	50
MATERIAL SUPLEMENTAR	52
ARTIGO 2: Padrão de distribuição espacial da espécie exótica <i>Oecobius navus</i> Blackwall, 1859 (Araneae: Oecobiidae) em uma caverna calcária	54
INTRODUÇÃO	55
MÉTODOS	58
Área de estudo	58
Espécie estudada	59
Desenho amostral	59
Amostragens de dados abióticos	60

Contabilizando <i>Oecobius navus</i> e suas presas potenciais.....	60
Observações de interações inter e intraespecífica	61
Separação, identificação e armazenamento dos espécimes de presas e de aranhas coletados	61
Análise de dados.....	61
RESULTADOS	64
Padrão de distribuição espacial e temporal em micro e mesoescala.....	64
Relações entre a abundância da <i>O. navus</i>, características físicas, microclimáticas e as presas potenciais.....	66
DISCUSSÃO	66
CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS.....	70
FIGURAS	79
TABELAS.....	87
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	90

PRIMEIRA PARTE

APRESENTAÇÃO

Essa dissertação é composta por dois manuscritos, redigidos conforme as regras dos periódicos científicos *The Journal of Arachnology* e *Subterranean Biology*, e tem como objetivo avaliar quais fatores contribuem para a seleção de habitat e distribuição espacial e temporal de quatro espécies de aranhas em uma caverna calcária (*Oecobius navus* Blackwall, 1859, *Loxosceles anomala* Mello-Leitão, 1917, *Scytodes itapevi* Brescovit & Rheims, 2000 e *Philoponella vittata* Keyserling, 1881). O estudo foi realizado na caverna Duca, no município de Pains, no Estado de Minas Gerais, Brasil.

A distribuição e abundância das espécies de aranhas foi avaliada em quadrantes de 1x1m distribuídos em 25 locais da caverna. As contagens das aranhas e demais invertebrados presentes nos quadrantes ocorreu em novembro de 2019, janeiro, agosto e setembro de 2020, concomitantemente à coleta dos dados abióticos (distância das entradas, a altura do chão, heterogeneidade estrutural, inclinação, luminosidade, temperatura, umidade e velocidade do vento).

O primeiro artigo foi redigido de acordo com as normas do periódico *The Journal of Arachnology* e investiga a influência da distância das entradas, a altura do chão, heterogeneidade estrutural, inclinação, luminosidade, temperatura, umidade, velocidade do vento e disponibilidade de presas na seleção de habitat de quatro espécies de aranhas, *Oecobius navus*, *Loxosceles anomala*, *Scytodes itapevi* e *Philoponella vittata*. Para isso foram usados 25 quadrantes distribuídos pela caverna. Os resultados demonstraram que a *O. navus* é a espécie com maior valor de “Outlying Mean Index” – OMI, obtido por meio da Análise de Marginalidade de Nicho. Ou seja, ela é menos generalista que as demais espécies de aranhas na caverna, as quais sobrepõe mais seus nichos entre si, por possuírem requisitos ambientais semelhantes. Sendo assim, *O. navus* tem a menor sobreposição de nicho com as demais. Portanto, os parâmetros ambientais avaliados se mostraram determinantes na seleção de habitat e distribuição espacial das quatro espécies de aranhas na caverna.

O segundo artigo foi redigido de acordo com as normas do periódico “*Subterranean Biology*”, e buscou avaliar o padrão espacial de distribuição da *Oecobius navus* em microescala e mesoescala, considerando as variáveis ambientais que melhor determinam sua distribuição espacial e temporal ao longo da caverna. Para tal, usamos a mesma metodologia

de coleta citada acima, entretanto com análise de dados distinta. Os resultados mostraram que, em microescala, a espécie possui predominantemente padrão de distribuição espacial aleatório pela caverna. Este padrão pode ser resultado de seu comportamento territorialista, não sendo uma espécie que demonstre socialidade ou tolerância. Os maiores valores de abundância em sua distribuição foram em áreas com maior intensidade de luz e vento. Isso demonstra uma possível preferência a essas áreas, provavelmente devido ao seu modo de vida e requisitos ambientais. Sendo uma possível explicação para a predominância da formação de agregações quando estudadas em mesoescala. Além disso, também foi constatado que os fatores ambientais que determinam a distribuição das presas potenciais foram divergentes aos de *O. navus*. O padrão distinto entre presas e *O. navus* pode indicar que as espécies em análise possuem padrões diferenciados de relação ecológica com a caverna. A partir das informações levantadas no presente estudo, foi possível compreender melhor a ecologia dessas espécies de aranhas em ambientes subterrâneos. Além de testar teorias para esse tipo de ambiente, que ainda é pouco estudado em comparação ao meio epígeo.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O ambiente subterrâneo é predominantemente caracterizado pela ausência de luz, temperatura relativamente constante e próxima da temperatura média anual da superfície, além de umidade relativa próxima à saturação (HOWARTH, 1983; CULVER; PIPAN, 2009). Sendo assim, os fatores ambientais que compõe o ambiente cavernícola trazem restrições à produção primária. Conseqüentemente, a energia nesses ecossistemas é limitada (POULSON; LAVOIE, 2000), resultando em um ambiente oligotrófico, onde a entrada de matéria orgânica, por ser muito escassa, também é pouco disponível à fauna cavernícola (MOLDOVAN et al., 2018).

A fauna cavernícola pode ser dividida em quatro categorias ecológico-evolutivas, segundo o sistema de classificação proposto inicialmente por Schinner-Racovitza (1907) e posteriormente revisado por Barr (1967). As categorias são: (a) acidentais, indivíduos que não apresentam especializações para sobreviver nas cavernas e quando as adentram podem não conseguir sair e morrem; (b) troglógenos, espécies que habitam as cavernas para se abrigarem, mas precisam sair dela para completar seu ciclo de vida; (c) troglóbios, espécies cavernícolas obrigatórias, incapazes de estabelecer populações no ambiente epígeo; (d) por fim, troglófilos, organismos que vivem de modo facultativo em cavernas, ou seja, podem passar todo seu ciclo

de vida tanto dentro quanto fora da caverna (GIBERT; DEHARVENG, 2002; CULVER; PIPAN, 2009).

Dentre os troglófilos, as aranhas (Arachnida: Araneae) são conhecidas por sua ampla distribuição pelo mundo, exceto na Antártida (RUPPERT et al., 2005; FOELIX, 2011) No Brasil, cerca de 59 famílias de aranhas têm ocorrência no meio hipógeo (CIZAUSKAS, 2017), sendo 31 com ocorrência no Estado de Minas Gerais (FERREIRA, 2004; CIZAUSKAS, 2017; MONTE; BICHUETTE, 2020). Para sobreviverem no ambiente subterrâneo, elas apresentam pré-adaptações, tais como, dependência de estímulos mecânicos e químicos em vez de visuais; alguns grupos têm preferência por espaços abrigados úmidos; muitas aranhas têm uma baixa demanda de energia, o que as possibilita permanecerem sem se alimentar por longos períodos (FOELIX, 2011; ISAIA et al., 2011; MAMMOLA; ISAIA, 2017). Além disso, as aranhas que ocorrem em cavernas são importantes predadoras de outros invertebrados (HOWARTH, 1983; MAMMOLA et al., 2016), e a maioria apresenta hábito alimentar polífago (ISAIA et al., 2011), o que determina em sua dieta uma ampla variedade de presas.

Para compreender sobre a seleção de habitat entre espécies de aranhas, também é importante considerar a formação de guildas. Sendo definida por Root (1967) como “grupo de espécies que exploram a mesma classe de recursos ambientais de forma semelhante”. Para as aranhas, essas guildas são elencadas a nível de famílias que possuem estratégia de forrageamento em comum (i.e., construtora de teia orbicular, em lençol, tridimensionais, funil, errantes e caçadoras ativas) (UETZ et al., 1999; GONZAGA et al., 2007; DIAS et al., 2010; SEBASTIAN et al., 2012). No entanto, classificações usando estratégia de forrageamento em nível de espécie ainda são escassas (HÖFER; BRESOVIT, 2001; DIAS et al., 2010; SEBASTIAN et al., 2012), visto que a grande maioria dos dados sobre espécies e famílias de aranhas foram disponíveis por taxonomistas em descrições morfológicas, nos quais não constam dados ecológicos.

Apesar de frequentes em ambientes cavernícolas, ainda são poucos os estudos que buscam avaliar questões relacionadas a ecologia de aranhas nesses ecossistemas (NOVAK et al., 2010; MAMMOLA; ISAIA 2014, 2016; MAMMOLA et al., 2016; RESENDE; BICHUETTE, 2016). Com o intuito de contribuir com informações ecológicas, neste trabalho serão abordadas questões de distribuição espacial e seleção de habitat de quatro espécies de aranhas, sendo elas: *Loxosceles anomala*, *Scytodes itapevi*, *Philoponella vittata* e *Oecobius navus* (Fig. 2). Estas espécies foram selecionadas para a realização deste trabalho em

decorrência da sua maior abundância na caverna amostrada. Para tanto, serão descritos, resumidamente, nos próximos parágrafos, as suas distribuições, classificações, ecologia e modos de vida dos gêneros e das espécies.

O gênero *Loxosceles* Heineken & Lowe, 1832 (Sicariidae) apresenta uma ampla distribuição pela América (GONÇALVES-DE-ANDRADE et al., 2012). No Brasil, são registradas 18 espécies (BERTANI et al., 2018), sendo 11 delas com ocorrência em ambientes subterrâneos (GONÇALVES-DE-ANDRADE et al., 2012; BERTANI et al., 2018). Em cavernas brasileiras, em sua maioria são classificadas como espécies troglófilas predadoras de invertebrados (FERREIRA et al., 2005; FISCHER et al., 2006; SILVA; FERREIRA, 2014). Apresentam hábitos noturnos e são sedentárias, podendo viver em ambientes naturais e artificiais, com preferência para locais escuros, quentes e secos, onde estabelecem suas teias em formato de lençóis de seda branca esticadas sobre o substrato (LUCAS, 1988; KNIGHT; VOLLRATH, 2002; CARDOSO et al., 2003; SILVA; FERREIRA, 2014). No Brasil, há o registro de apenas uma espécie de *Loxosceles* considerada troglóbia, *L. troglobia* Souza & Ferreira, 2018. Esta espécie é altamente troglomórfica, sendo encontrada associada a ambientes úmidos em duas cavernas no interior do Estado da Bahia, no município de Iuiú (SOUZA; FERREIRA, 2018). Em Minas Gerais, há registros de espécies troglófilas, tais como, *L. similis*, *L. laeta* e *L. anomala* (ÁLVARES et al., 2004; CIZAUSKAS, 2017), sendo *Loxosceles anomala* descrita por Mello-Leitão (1917) a partir de material originário de Belo Horizonte-MG (ÁLVARES et al., 2004).

O gênero *Scytodes* Latreille, 1804 (Scytodidae), por sua vez, é amplamente distribuído pelo mundo (World Spider Catalog 2021). No Brasil foram catalogadas 77 espécies desse gênero, das quais muitas são espécies sinantrópicas, ou seja, são associadas a ambientes antrópicos (BRESCOVIT; RHEIMS, 2000; RHEIMS; BRESCOVIT, 2009). Em cavernas brasileiras, são conhecidas 10 espécies de *Scytodes*, uma delas *S. itapevi*, que pode ser encontrada em locais urbanos e em pisos e paredes de cavernas. A presença desta espécie troglófila, já foi relatada para cavidades subterrâneas do Estado de Minas Gerais (CIZAUSKAS, 2017). Aranhas desse gênero apresentam hábitos noturnos (VALERIO, 1981). Além disso, sua estratégia de caça é algo peculiar, possui o hábito de “cuspir” uma substância pegajosa em sua presa para assim imobilizá-la (NENTWIG, 1985; BRESCOVIT; RHEIMS, 2000).

O gênero *Philoponella* Mello-Leitão, 1917 (Uloboridae) tem distribuição Pantropical (OPELL, 1983; LIN; LI, 2008; FALEIRO; SANTOS, 2014), representado por 41 espécies

(WORLD SPIDER CATALOG, 2021), das quais oito ocorrem no Brasil (FALEIRO; SANTOS, 2014; WORLD SPIDER CATALOG, 2021). Uma dessas espécies é *Philoponella vittata*, aranha de teias orbitais (DINIZ et al., 2017), com ocorrência na região Neotropical (OPELL, 1979; FALEIRO; SANTOS, 2014; CARVALHO et al., 2017). Há registros de sua ocorrência no Estado de Minas Gerais (FALEIRO; SANTOS, 2014), mas nada consta na literatura sobre sua localização em cavidades subterrâneas.

Por fim, o gênero *Oecobius* Lucas, 1846 (Oecobiidae), o qual é distribuído mundialmente, apresentando 90 espécies (WORLD SPIDER CATALOG, 2021), das quais três espécies (*O. concinnus*, *O. marathaus* e *O. navus*) ocorrem no Brasil (SANTOS; GONZAGA, 2003). A *Oecobius navus* é considerada uma aranha exótica, nativa do continente africano (SHEAR; BENOIT, 1974). Além disso é sinantrópica, sendo comum em ambientes residenciais, ocorrendo nas paredes internas e externas (FRITZÉN, 2013; MIRANDA & BERMÚDEZ, 2013). A construção da sua teia é semelhante a uma “tenda”, a qual é fixada em paredes, rochas ou fissuras (JOCQUÉ; DIPPENAAR-SCHOEMAN, 2007; VOSS et al., 2007; FRITZÉN, 2013) e tem como função abrigar a aranha. Em ambientes subterrâneos brasileiros, tem-se registro do gênero para os Estados do Rio Grande do Norte e Bahia (FERREIRA; MARTINS, 1999; FERREIRA et al., 2010). Sua ocorrência em cavernas também é relatada associada a depósitos de guano de morcegos (FERREIRA; MARTINS, 1998; FERREIRA; MARTINS, 1999).

REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, E. S.; RODRIGUES, T.; MARIA, M. On *Loxosceles anomala* (Mello-Leitão) (Araneae: Sicariidae). **Revista Ibérica de Aracnologia**, v. 10, p. 293-295, 2004.
- BARR, T. C. Observations on the ecology of caves. **The American Naturalist**, v. 101, n. 922, p. 475-491, 1967.
- BERTANI, R.; VON SCHIMONSKY, D. M.; GALLÃO, J. E.; BICHUETTE, M. E. Four new troglomorphic species of *Loxosceles* Heineken & Lowe, 1832: contributions to the knowledge of reclusive spiders from Brazilian caves (Araneae, Sicariidae). **ZooKeys**, v.1, n. 806, p. 47-72, 2018.
- BUCKUP, E. H.; MARQUES, M. A. L.; RODRIGUES, E. N. L.; OTT R. Lista das espécies de aranhas (Arachnida, Araneae) do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 100, p. 483-518, 2010.
- BRESCOVIT, A. D.; RHEIMS, C. A. On the synanthropic species of the genus *Scytodes* Latreille (Araneae, Scytodidae) of Brazil, with synonymies and records of these species in other neotropical countries. **Bulletin of the British arachnological Society**, v. 11, n. 8, p. 320-330, 2000.
- CARDOSO, J. L. C.; FRANÇA, F. D. S.; WEN, F. H, MALAQUE, C. M. S, HADDAD, V. Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentados. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 45, n. 6, p. 338-338, 2003.
- CARVALHO, L. S.; MARTINS, P. H.; SCHNEIDER, M. C.; CABRA-GARCIA, J. J. New records of spiders (Arachnida, Araneae) from the state of Roraima, northern Brazil. **Check List**, v. 13, n. 1, p. 2040, 2017.
- CIZAUSKAS, I. **Análise da diversidade funcional e dos padrões de riqueza de aranhas cavernícolas do Brasil e um modelo de mapeamento**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2017.
- CULVER, D. C.; PIPAN, T. **The biology of caves and other subterranean habitats**. Oxford: Ed. OUP. 273p. 2009.
- DIAS, S. C.; CARVALHO, L. S.; BONALDO, A. B.; BRESCOVIT, A. D. Refining the establishment of guilds in neotropical spiders (Arachnida: Araneae). **Journal of Natural History**, v. 1, n. 44, p. 219-239, 2010.
- DINIZ, S.; VASCONCELLOS-NETO, J.; STEFANI, V. Orb-web inclination in Uloboridae spiders: the role of microhabitat structure and prey capture. **Ethology Ecology & Evolution**, v. 29, n. 5, p. 474-489, 2017.
- FALEIRO, B. T.; SANTOS, A. J. Three new species and new records of the orb-weaving spider genus *Philoponella* (Araneae, Uloboridae) from Brazil and Ecuador. **Zootaxa**, v. 3754, n. 5, p. 572-582, 2014.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Diversity and distribution of spiders associated with bat guano piles in Morrinho cave (Bahia State, Brasil). **Diversity and Distributions**, v. 1, n. 4, p. 235-241, 1998.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. **Tropical Zoology**, v. 12, n. 2, p. 231-252, 1999.

FERREIRA, R. L. **A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos**. Tese de doutorado do curso de Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. 152p, 2004.

FERREIRA, R. L.; PROUS, X.; MACHADO, S. F.; MARTINS, R. P. Population dynamics of *Loxosceles similis* (Moenkhaus, 1898) in a Brazilian dry cave: a new method for evaluation of population size. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 7, n. 1, 2005.

FERREIRA, R. L.; PROUS, X.; OLIVEIRA-BERNARDI, L. F.; SOUZA-SILVA, M. Fauna subterrânea do estado do Rio Grande do Norte: caracterização e impactos. **Revista Brasileira de Espeleologia**, v. 1, n. 1, p. 25-51, 2010.

FISCHER, M. L.; VASCONCELLOS-NETO, J.; SANTOS NETO, L. G. The prey and predators of *Loxosceles intermedia* mello-Leitao 1934 (Araneae, Sicariidae). **The Journal of Arachnology**, v. 34, n. 2, p. 485-488, 2006.

FOELIX, R. F. **Biology of Spiders**. Oxford University Press, Oxford. p. 419. 2011

FRITZÉN, N. R. The Synatropic *Oecobius navus* (Araneae: Oecobiidae) Established Indoors in Southern Finland. **Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica**, v.1, n. 89, p. 32-34, 2013.

GIBERT, J.; DEHARVENG L. Subterranean Ecosystems: A Truncated Functional Biodiversity. **BioScience**, v. 52, n. 6, p. 473- 481, 2002.

GONÇALVES-DE-ANDRADE, R. M.; BERTANI, R.; NAGAHAMA, R. H.; BARBOSA, M. F. R.; *Loxosceles niedeguidonae* (Araneae, Sicariidae) a new species of brown spider from Brazilian semi-arid region. **ZooKeys**, v. 1, n. 175, p. 27–36, 2012.

GONZAGA, M. O.; SANTOS, A. J.; JAPYASSÚ, H. F. **Ecologia e comportamento de aranhas**. Rio de Janeiro: Editora Interciência. p. 400. 2007.

HÖFER, H.; BRESOVIT A. D.; Species and guild structure of a Neotropical spider assemblage (Araneae) from Reserva Ducke, Amazonas, Brazil. **Andrias**, v. 1, n. 15, p. 99-119, 2001.

HOWARTH, F. G.; Ecology of cave arthropods. **Annual review of entomology**, v. 28 n. 1, p. 365-389, 1983.

ISAIA, M.; PASCHETTA, M.; LANA, E.; PANTINI, P.; SCHONHOFER, A. L.; CHRISTIAN, E.; BADINO, G. **Subterranean Arachnids of the Western Italian alps**. Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino, Torino. p. 325. 2011.

JOCQUÉ, R.; DIPPENAAR-SCHOEMAN, A. S. **Spider Families of the World**. Second Edition, Royal Museum for Central Africa. 336 p. 2007.

KNIGHT, D. P.; VOLLRATH F. Spinning an elastic ribbon of spider silk. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 357, n. 1418, p. 219-227, 2002.

LIN, Y. C.; LI, S. Q. Description on a new *Philoponella* species (Araneae, Uloboridae), the first record of social spiders from China. *動物分類學報*, v. 33, n. 2, p. 260-263, 2008.

LUCAS, S. Spiders in Brazil. *Toxicon*, v. 26, n. 9, p. 759-772, 1988.

MAMMOLA, S.; ISAIA, M. Niche differentiation in *Meta bourneti* and *M. menardi* (Araneae, Tetragnathidae) with notes on the life history. *International Journal of Speleology*, v. 43, n. 3, p. 343-353, 2014.

MAMMOLA, S.; ISAIA, M. The ecological niche of a specialized subterranean spider. *Invertebrate Biology*, v. 1, n. 135, p. 20-30, 2016.

MAMMOLA, S.; PIANO, E.; ISAIA, M. Step back! Niche dynamics in cave-dwelling predators. *Acta Oecologica*, v. 1, n. 75, p. 35-42, 2016.

MAMMOLA, S.; ISAIA, M. Spiders in caves. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 284, n. 1853, p. 20170193, 2017.

MIRANDA, R.; KADOCH, N.; BERMÚDEZ, S. E. Notas preliminares sobre enemigos naturales de *Rhipicephalus sanguineus* sl (Latreille 1806) (Ixodida: Ixodidae) en condiciones urbanas y rurales de Panamá. *Revista ibérica de arcnologia*, v. 1, n. 23, p. 141-143, 2013.

MOLDOVAN, O. T.; KOVÁČ, Ľ.; HALSE, S. (Eds.) **Cave ecology**. Springer Nature Switzerland AG. 545 p. 2018.

MONTE, B. G. O.; BICHUETTE, M. E. Taxonomic distinctness of the subterranean fauna from Peruaçu Caves National Park, state of Minas Gerais, eastern Brazil. *Biota Neotropica*, v. 20, n. 1, p. e20190810, 2020.

NENTWIG, W. Feeding ecology of the tropical spitting spider *Scytodes longipes* (Araneae, Scytodidae). *Oecologia*, v. 65, n. 2, p. 284-288, 1985.

NOVAK, T.; TKVAC, T.; KUNTNER, M.; ARNETT, E. A.; DELAKORDA, S. L.; PERC, M.; JANZEKOVIC, F. Niche partitioning in orbweaving spiders *Meta menardi* and *Metellina merianae* (Tetragnathidae). *Acta Oecologica*, v. 1, n. 36, p. 522-529, 2010.

OPELL, B. Revision of the genera and tropical American species of the spider family Uloboridae. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, v. 148, n. 10, p. 443-549, 1979.

OPELL, B. D. Checklist of American Uloboridae (Arachnida: Araneae). **The Great Lakes Entomologist**, v. 16, n. 2, p. 5, 1983.

POULSON, T. L.; LAVOIE K. H. The trophic basis of subsurface ecosystems. In: WILKENS, H.; CULVER, D. C.; HUMPHREYS, W. F. (eds). Subterranean ecosystems. Ecosystems of the world. **Elsevier**, v. 1, n. 30, p. 231-249, 2000.

RACOVITZA, E. G. Essai sur les problèmes biospéologiques. **Archives de Zoologie Experimentale et Générale Biospélogica**, v. 14, n. 4, p. 291-300, 1907.

RESENDE, L. P. A.; BICHUETTE, M. E. Sharing the space: coexistence among terrestrial predators in neotropical caves. **Journal of Natural History**, v. 50, n. 33-34, p. 2107-2128, 2016.

ROOT, R. B. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. **Ecological Monographs**, v. 1, n. 37, p. 317-350, 1967.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem evolutiva**. São Paulo: Roca. 1146 p. 2005.

RHEIMS, C. A.; BRESCOVIT, A. D. New additions to the Brazilian fauna of the genus *Scytodes Latreille* (Araneae: Scytodidae) with emphasis on the Atlantic Forest species. **Zootaxa**, v. 1, n. 2116, p. 1-45, 2009.

SANTOS, A. J.; GONZAGA, M. O. On the spider genus *Oecobius* Lucas, 1846 in South America (Araneae, Oecobiidae). **Journal of Natural History**, v. 37, n. 2, p. 239-252, 2003.

SEBASTIAN, P. A.; SUDHIKUMAR, A. V.; MATHEW, M. J.; SUNISH, E. Diversity of spiders (Araneae) in the Western Ghats—an overview. **Invertebrate Diversity and Conservation in the Western Ghats**, v. 1, n. 1, p. 235-247, 2012.

SILVA, M. S.; FERREIRA, R. L. *Loxosceles* spiders (Araneae Sicariidae) preying on invertebrates in Brazilian caves. **Speleobiology Notes**, v. 1, n. 6, p. 27-32, 2014.

SOUZA, M.F.; FERREIRA, R. L. A new highly troglomorphic *Loxosceles* (Araneae: Sicariidae) from Brazil. **Zootaxa**, v. 4438, n. 3, p. 575-587, 2018.

SHEAR, W. A.; BENOIT, P. L. G. New species and new records in the genus *Oecobius* Lucas from Africa and nearby islands. **Revue de Zoologie Africaine**, v. 1, n. 88, p. 706-720, 1974.

UETZ, G. W.; HALAJ, J.; CADY, A. B. Guild structure of spiders in major crops. **The Journal of Arachnology**, v. 1, n. 27, p. 270-280, 1999.

VALERIO, C. E. Spitting spiders (Araneae, Scytodidae, *Scytodes*) from Central America. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 1, n. 170, p. 80-89, 1981.

VOSS, S. C.; MAIN, B. Y.; DADOUR, I. R. Habitat preferences of the urban wall spider *Oecobius navus* (Araneae, Oecobiidae). **Australian Journal of Entomology**, v. 46, n. 4, p. 261-268, 2007.

WORLD SPIDER CATALOG. World Spider Catalog, 2021 Version 22.0. Natural History Museum Bern. Disponível em: <http://wsc.nmbe.ch>. Acesso em: 13 jul. 2021

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1: Seleção de habitat e coocorrência de quatro espécies de aranhas em um ambiente oligotrófico

Este capítulo foi escrito em formato de artigo (versão preliminar), redigido conforme as normas para publicação da revista “The Journal of Arachnology” E-ISSN: 0160-8202, disponível em: <https://www.americanarachnology.org/journal-joa/author-instructions/>

SILVEIRA ET AL. — SELEÇÃO DE HABITAT POR ARANHAS EM CAVERNA

Láís da Glória Teixeira Silveira, Thais Giovannini Pellegrini, Rodrigo Lopes Ferreira, Marconi Souza Silva: Centro de Estudos em Biologia Subterrânea (CEBS), Departamento de Ecologia, Universidade Federal de Lavras, Instituto de Ciências Naturais, Campus Universitário, CEP 37200-900, Lavras, Minas Gerais, Brasil, E-mail: lais.gloria@gmail.com.

Resumo. Em função da estabilidade nas condições de temperatura e umidade e oligotrofia, a seleção e compartilhamento de habitat em ambientes de cavernas pode ser um fator crucial na redução da sobreposição de nicho e manutenção das espécies. No intuito de testar tal hipótese, avaliamos a distribuição e seleção espaço/temporal de habitat em quatro espécies de aranhas que coabitam uma caverna calcária tropical (*Loxosceles anomala* Mello-Leitão, 1917, *Scytodes itapevi* Brescovit & Rheims, *Philoponella vittata* Keyserling, 1881 e *Oecobius navus* Blackwall, 1859). Ao longo de quatro eventos amostrais, em períodos de seca e chuva, utilizando 25 quadrantes, de 1m², avaliamos a distribuição e abundância das aranhas em relação as suas presas potenciais e parâmetros físicos e microclimáticos. Foram observadas diferenças significativas na abundância média entre os períodos de seca e chuva para a abundância de *L. anomala* e de presas potenciais, intensidade de luz e a velocidade do vento, umidade do ar. A análise de nicho revelou *O. navus* como a espécie menos generalista, sendo encontrada principalmente em locais com maior luminosidade. As demais espécies apresentaram maior sobreposição de nicho, determinada principalmente por exigência de micro-habitat mais úmidos. A seleção de habitat e a consequente distribuição das espécies de aranhas tiveram forte influência de fatores microclimáticos (luminosidade, vento e umidade), e não se relacionou a abundância das presas potenciais.

Palavras-chave. Oecobiidae; Scytodidae; Uloboridae; Sicariidae; Caverna

INTRODUÇÃO

O particionamento de recursos e condições é um fator importante para a coexistência de espécies, uma vez que as diferentes características da dieta, inimigos naturais, seleção de micro-habitat e períodos de atividade, permitem que inúmeras espécies possam coexistir em um mesmo local (MacArthur & Levins 1967; Root 1967; Tilman 1982; Chesson & Huntley 1997). A teoria do nicho sugere que a coexistência de diferentes espécies pode ser dada pela diferenciação ou partição de condições e recursos entre espécies (Chesson, 2000). Para isso é preciso que as espécies sejam diferentes na maneira como afetam e são afetadas por recursos e inimigos naturais, de forma que a competição intraespecífica seja mais forte do que a competição interespecífica (Armstrong & McGehee 1980; Chesson 2000).

Em geral, espécies que habitam locais com baixos níveis de produtividade e possuem especificidade pelos recursos disponíveis, podem enfrentar intensa sobreposição de nicho e maior competição por recursos (Abrams, 1995; Evans et al. 2005a, b). Sendo assim, estratégias que incorporem uma maior gama de recursos (generalistas) poderão ser favorecidas em ambientes de baixa produtividade, o que resultará em uma maior amplitude do nicho (Lesser et al. 2020). Enquanto, locais com alto nível de produtividade, favorecem as espécies especialistas, pois permitem a especialização e estreitamento (menor amplitude) dos nichos, evitando uma maior sobreposição (Lesser et al. 2020).

Nesse contexto, a seleção de habitat das espécies pode ser complexa e dependente de vários fatores, que podem ser biológicos, tais como, tamanho corporal, mobilidade e proteção contra predadores (Ward e Lubin 1993). Além disso, variáveis físicas do habitat também podem estar associadas a essa seleção de habitat (Rosenzweig 1981; Ward e Lubin 1993), podendo ser limitantes microclimáticos (e.g. temperatura e umidade) da ocorrência de organismos em habitats específicos (Stevenson 1985; Huey 1991). Para algumas espécies de pequeno tamanho corporal e ectotérmicas, as influências ambientais e fisiológicas podem muitas vezes ter um impacto pronunciado nas interações dentro de populações e comunidades (Huey 1991; Stevenson 1985).

Dentre inúmeros ambientes oligotróficos ao longo do mundo, como desertos, lagos e ambientes marinhos profundos, as cavernas imprimem pressões ambientais que selecionam especializações morfológicas, fisiológicas e comportamentais que auxiliam na seleção de micro-habitat e evitam competição e sobreposição de nicho (Poulson 1977; Novak et al. 2010; Novak et al. 2012; Culver & Pipan 2015; Pipan & Culver 2017).

O ambiente de cavernas é considerado simplificado quando comparado aos ambientes de superfície, uma vez que a ausência de luminosidade impede a ocorrência de produtores fotossintetizantes e imprime pressões ambientais de oligotrofia e estabilidade nas condições de temperatura e umidade (Howarth 1983; Gibert & Deharveng 2002; Culver & Pipan 2009). Conseqüentemente, as teias alimentares são simplificadas e compostas em sua maioria por decompositores e predadores generalistas (Mohr & Poulson 1966; Howarth 1983; Gibert & Deharveng 2002; Culver & Pipan 2009).

Dentre a ampla diversidade de artrópodes que habita ambientes subterrâneos, as aranhas apresentam características que favorecem a vida nas cavernas, especialmente para espécies com hábitos noturnos e predadoras não visuais com afinidade a ambientes sombreados ou afóticos, deambuladoras ou de teias (Mammola & Isaia 2017). Apesar desta predisposição, a ocorrência e distribuição de espécies de aranhas dentro de cavernas pode ser dependente de uma forte restrição ao habitat (troglóbio), ou ser capaz de manter as populações fora e dentro das cavernas (troglófilo), ou depender de habitats de superfície para realizar algumas funções biológicas vitais e ser incapaz de estabelecer populações subterrâneas estáveis (trogloxeno). Dentre as espécies troglófilas predadoras, as aranhas são os habitantes terrestres mais comuns de cavernas em todo mundo (Cardoso 2012), apresentando diferentes exigências ecológicas o que as permite serem pré-adaptadas a diferentes condições ambientais.

Nas cavernas as aranhas podem compartilhar micro habitats devido a requisitos ambientais e tróficos semelhantes, o que resulta em sobreposição de alguns componentes do nicho (Novak et al. 2010; Mammola et al. 2016). No entanto, em uma mesma caverna, as condições ambientais e recursos alimentares podem variar consideravelmente no espaço e no tempo, ocasionando uma redução na sobreposição de nicho pelas diferentes espécies, o que as leva a ocupar áreas distintas na caverna (Mammola & Isaia 2014; Resende & Bichuette 2016).

Sendo assim, estudos ecológicos que demonstram relações de coexistência de espécies de aranhas, têm retratado as distintas preferências por micro-habitat em cavernas (Romero & Vasconcellos-Neto 2005; Novak et al. 2010; Foelix 2011; Lunghi et al. 2014; Mammola & Isaia 2016). Fatores ambientais bióticos e abióticos, tais como, distância da entrada, velocidade do vento, umidade, luminosidade, altura do chão, heterogeneidade da parede e disponibilidade de presas, podem influenciar na escolha do micro-habitat pelas aranhas e assim serem importantes componentes de formação de seus nichos ambientais (Glover 2013; Mammola & Isaia 2014; Chiavazzo et al. 2015; Manenti et al. 2015; Lunghi et al. 2017; Lunghi 2018).

Embora muitas das variáveis ambientais que influenciam a distribuição de aranhas em ambientes hipógeos sejam melhor compreendidas, os nichos ecológicos das espécies hipógeas ainda carecem de estudos e só recentemente vêm sendo estudados (Novak et al. 2010, Mammola & Isaia 2016, Mammola et al. 2016; Resende & Bichuette 2016, Ficetola et al. 2019, Souza-Silva et al. 2021). Em vista disso, este estudo teve como objetivo avaliar como variações nas características físicas, tróficas e microclimáticas, determinam a distribuição e seleção de habitat das espécies de aranhas em uma caverna calcária. Para tal, foram elaboradas três perguntas: (1) Existem padrões na distribuição espacial e temporal das espécies de aranhas na caverna? (2) Variações nas características físicas, tróficas e microclimáticas determinam a distribuição de espécies de aranhas na caverna? (3) As espécies de aranhas são predominantemente generalistas na seleção de habitat dentro de uma caverna? 4) Quais fatores são determinantes na seleção de habitat das espécies de aranhas na caverna? Sendo assim, testamos as hipóteses: i) As espécies de aranhas podem apresentar preferências a regiões distintas da caverna em decorrência de uma maior relação com a ocorrência de determinadas características físicas, tróficas e microclimáticas; ii) Devido a oligotrofia, as espécies de aranhas devem ser generalistas nas exigências ambientais ao invés de especialistas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local de Estudo. — Para avaliar a distribuição espaço temporal e seleção de habitat de *L. anomala*, *S. itapevi*, *P. vittata* e *O. navus*, utilizamos a caverna Duca, de pequena extensão linear, localizada no município de Pains, Minas Gerais. A caverna está na área cárstica da Província Carbonática Espeleológica de Arcos - Pains - Dorésópolis (PCEAPD) (Pizarro et al. 2001), no grupo carbonático Bambuí (Fig. 1A). A província possui mais de 2000 cavernas conhecidas, e vem sendo contemplada com inventários biológicos desde 1999. Atualmente, mais de 300 cavernas já foram inventariadas (Zampaulo 2010; CECAV 2021) e a coocorrência das quatro espécies foi registrada somente para a caverna Duca.

Na região de Pains, o clima é do tipo Cwa, clima subtropical de inverno seco, com verão quente, úmido e chuvoso (Köppen, 1931). Os dados apresentados a seguir foram obtidos das normais climatológicas das estações de monitoramento climático do município de Formiga, para o período entre outubro de 2019 e outubro de 2020, sendo esta a estação mais próxima do município de Pains (INMET, 2021). O regime pluviométrico da região é caracterizado por um período chuvoso de outubro a março, sendo novembro, janeiro e

fevereiro os meses com maior índice variando entre 393,6 a 171,2 mm. Enquanto isso, o período seco ocorre de abril a setembro, sendo junho, agosto e setembro os meses mais secos, com valores variando entre 14,6 a 2,6 mm de chuva. A temperatura média anual é de 23°C, sendo os meses de junho e julho os mais frios com média de 18 °C e outubro o mais quente com média de 24 °C. Em relação a umidade relativa média, os maiores valores são registrados nos meses de janeiro e fevereiro (79 a 83 % UR) e os menores valores estão presentes nos meses de agosto e setembro (47 a 57 % UR) (INMET 2021).

A caverna Duca (-20.3503S, -45.6942W) está a 713 metros de altitude, localizada na zona rural a 4,7 km da sede do município. A cavidade é formada por rochas carbonáticas, e logo em sua entrada há a presença de grandes blocos colapsados. A caverna possui três entradas, sendo duas opostas e 56m distantes. A entrada a Noroeste tem 17,5m de largura e 6,36 metros de altura e a entrada a Sudeste 14,5m de largura e 7,12m de altura (Fig. 1B, C). A terceira entrada é localizada na diagonal à direita do conduto principal, o qual é formado pelas duas grandes entradas. Duca é uma caverna que possui áreas mais elevadas e íngremes a leste, enquanto as áreas mais planas são localizadas no centro da cavidade. Isso é devido a sua formação e a presença de grandes blocos. Atualmente, a caverna está inserida em uma área particular, sendo muito próxima à moradia do proprietário, o qual às vezes a utiliza para abrigo do seu gado.

Desenho amostral. — Para avaliar características ambientais, bem como a distribuição espacial e temporal das quatro espécies de aranhas, foram utilizadas unidades amostrais fixas formadas por quadrantes (1x1m) divididos internamente em 100 quadriculas de 10cm x 10cm. Os quadrantes foram distribuídos de forma equidistante, em 25 locais da caverna (paredes e piso) com diferentes inclinações, heterogeneidade e distâncias das entradas. O quadrante de número 01 foi posicionado a 6,20 metros da entrada Sudeste (SE), e a partir dele foi estabelecida uma distância de 5m para instalação do quadrante subsequente, e assim sucessivamente. O croqui esquemático da caverna mostra que a distribuição dos 25 quadrantes acessou os principais condutos da caverna (Fig. 1B). As amostragens de dados bióticos e abióticos foram realizadas nos 25 quadrantes, ao longo de um único dia em cada um dos quatro eventos amostrais, que ocorreram nos meses de novembro de 2019, janeiro, agosto e setembro de 2020. As amostragens se iniciavam sempre ao mesmo horário e seguindo a sequência numérica.

Caracterização do habitat físico. — Para avaliar as características físicas, tróficas e microclimáticas associadas à distribuição das espécies de aranhas na caverna Duca, avaliamos, além da distância das entradas, a altura do chão, heterogeneidade estrutural, inclinação, luminosidade, temperatura, umidade, velocidade do vento e disponibilidade de presas.

As medidas da distância da entrada foram feitas, para cada quadrante, com auxílio de uma trena manual e foi considerada a entrada mais próxima da unidade amostral. A altura do chão das unidades amostrais foi medida com a ajuda de uma trena laser. Para representar a heterogeneidade estrutural (complexidade espacial), medimos as duas diagonais do quadrante com fita métrica e posteriormente foi feita a média, inferindo que quanto maior a medida, maior a complexidade espacial (Camp & Jensen 2007; Lunghi et al. 2014). Também foi medido o nível de inclinação da parede com o auxílio de um aplicativo para celular (Nível de Laser e Inclinômetro - EXA Tools Versão 1.4.03). A intensidade de luz (lux) foi medida usando o luxímetro digital (Incoterm Flux 1000). Para tal, foram feitas sempre duas medidas apontando o aparelho para as duas grandes entradas (NW e SE). A temperatura (°C) e a umidade (%UR) do ar foram medidas com o auxílio de termo-higrômetro portátil com sonda (Akso- AK625). Por fim, a velocidade do vento (m/s) foi medida com o um anemômetro (BENETECH GM8903) (Tabela 2). As variáveis, luminosidade, temperatura, umidade e vento, foram medidas de duas a quatro vezes durante cada evento de amostragem, sendo priorizados o mesmo horário e sentido numérico das unidades amostrais. Os equipamentos sempre eram colocados o mais próximo possível das unidades amostrais, onde eram feitas a leituras dos resultados, anotados e assim prosseguia-se para a próxima unidade amostral, sucessivamente. As medidas eram tomadas após 3-5 minutos, para estabilização da leitura.

Levantamento da distribuição e abundância das espécies de aranhas. — Para avaliar a distribuição e abundância das espécies de aranhas realizamos procuras visuais, que iniciavam sempre no mesmo horário e seguindo a sequência numérica das unidades amostrais (Tabela 1). Durante as quatro amostragens, em cada unidade amostral, foram coletados alguns indivíduos, os quais não eram possíveis a identificação em campo, sendo posteriormente confirmada com especialista. Os demais indivíduos foram contabilizados e identificados em campo, sendo assim, não foram coletados. O quadrante não afugentava os indivíduos, pois os vértices não encostavam no substrato e nas rochas, devido a seus relevos irregulares. Além disso, as aranhas apresentavam baixa mobilidade, facilitando a visualização no interior das unidades amostrais. Apesar de serem coletadas e contabilizada outras espécies de aranhas,

neste trabalho o foco será nas quatro mais abundantes da caverna: *Philoponella vittata* (Fig. 2A), *Oecobius navus* (Fig. 2B), *Loxosceles anomala* (Fig. 2C) e *Scytodes itapevi* (Fig. 2D).

Disponibilidade de presas potenciais. — As presas potenciais foram selecionadas em decorrência de seus tamanhos corporais e de observações em campo (Tabela 2). Para avaliar a distribuição e abundância das presas potenciais, também foram contabilizados os indivíduos em cada unidade amostral através de busca visual, durante as quatro amostragens. A amostragem terminava quando todas as quadrículas eram vistoriadas. Sempre nos atentamos a coletar apenas poucos indivíduos que considerávamos ser morfologicamente semelhantes para posterior identificação. Deste modo evita-se possíveis distúrbios populacionais na caverna e alterações na disponibilidade de presa para as aranhas (Tabela 2).

Observações em campo. — Observamos algumas interações interespecíficas e intraespecíficas da *Oecobius navus*, as quais foram predação de um Tineidae, além de eventos agonísticos, um indivíduo expulsar o outro da sua teia e canibalismo.

Armazenamento e identificação dos invertebrados. — Os indivíduos coletados foram armazenados em eppendorfs contendo álcool 70% e devidamente identificados. Posteriormente, todos os espécimes foram triados no Centro de Estudo em Biologia Subterrânea (CEBS) na Universidade Federal de Lavras (UFLA), com o auxílio de um estereomicroscópio (ZEISS Stemi DV4), e identificados ao menor nível taxonômico possível com ajuda de chaves de identificação e separados em morfótipos (Oliver & Beattie, 1996).

As aranhas foram identificadas com auxílio do especialista, professor do Departamento de Zoologia da Universidade Federal de Minas Gerais, Prof. Dr. Adalberto José dos Santos. Sendo assim possível a identificação a nível de espécie da *Philoponella vittata* (Fig. 2A), *Oecobius navus* (Fig. 2B), *Loxosceles anomala* (Fig. 2C) e *Scytodes itapevi* (Fig. 2D). Todos os espécimes de aranhas e outros invertebrados coletados foram armazenados na Coleção de Invertebrados Subterrâneos de Lavras (ISLA), vinculada ao CEBS/UFLA (Material Suplementar I).

Análise de dados. — As medidas de intensidade de luz e vento utilizadas nas análises foram sempre os maiores valores obtidos por quadrante, enquanto para a temperatura e umidade, foram calculadas as médias por quadrante. Também se obteve a abundância média e desvio padrão das espécies de aranhas através do software Microsoft Excel (2019).

Posteriormente, para verificar padrões temporais e espaciais das espécies de aranhas e das características físicas, tróficas e microclimáticas, esses dados foram interpolados sobre o croqui esquemático da caverna através do Sistema de Informação Geográfica (SIG) usando o método Inverso da Potência das Distâncias (Gomes et al. 2021). Sendo assim possível a produção dos mapas que auxiliaram na visualização de diferentes zonas climáticas e das distribuições e abundâncias de possíveis presas potenciais e das espécies de aranha ao longo da caverna.

Para visualizar as diferenças temporais e espaciais na similaridade da assembleia de aranhas em todos os eventos amostrais, utilizamos a similaridade através do Índice de Bray-Curtis que considera composição e abundância. O escalonamento multidimensional não métrico (n-MDS) foi então plotado, delimitando pares de espécies de aranhas, para visualizar o grau de variação dentro e entre os quadrantes (Clarke et al. 2014).

Para avaliar diferenças significativas nas abundâncias das quatro espécies de aranhas e das variáveis, luminosidade, temperatura, vento, umidade e abundância de presas potenciais, nos quadrantes entre períodos de seca e chuva, foi feito o teste de médias de Kruskal-Wallis (Hollander & Wolfe 1973).

Para avaliar a formação de grupos temporais e espaciais considerando a abundância das espécies de aranhas, aplicamos uma análise do perfil de similaridade (SIMPROF) sobre uma matriz de similaridade de Bray-Curtis (Clarke et al. 2008). O nível de significância considerado foi de $p < 0,05$.

Uma representação da associação entre as espécies de aranhas, considerando a distribuição espaço-temporal da abundância é apresentada em um shadeplot com um dendrograma de similaridade entre as unidades amostrais. Também é exposto um dendrograma de associação entre as espécies de aranhas. Utilizamos o Índice de Associação de Whittaker entre as espécies de aranhas e similaridade de Bray-Curtis entre as unidades amostrais (Clarke et al. 2014). Essas análises foram realizadas no programa PRIMER v7 (Plymouth Routine).

Para determinar quais espécies de aranhas possuem hábitos mais generalistas e se existe seleção de habitat diferenciada por essas espécies, foi realizada uma abordagem multivariada baseada no conceito de nicho. Utilizamos a Análise de Marginalidade de Nicho (“Outlying Mean Index” - OMI), a qual mede a distância entre o valor médio das variáveis usadas por cada espécie e os valores médios disponíveis para cada condição ambiental, incluindo as características físicas, tróficas e microclimáticas da área total amostrada (Dolédec et al. 2000). Em seguida, a análise OMI traça o nicho de cada espécie em relação a uma espécie de

referência, que é a mais tolerante à condição geral do habitat. A análise OMI serve bem para forças motrizes fortes, como gradientes ambientais. Neste estudo, o gradiente foi representado pelos fatores ambientais que mudam ao longo da caverna. Os resultados apresentados fornecem a variabilidade de cada espécie analisada em quatro componentes: i) Inércia - estima a influência das variáveis ambientais na separação do nicho; ii) OMI - índice de marginalidade (distância de cada espécie de uma distribuição uniforme), os menores valores determinam as espécies mais generalistas; iii) TOL - índice de tolerância ou amplitude de nicho (largura do nicho); e iii) RTOL - tolerância residual (determina a confiabilidade do nicho determinado, através da representação da variação da largura do nicho não relacionada às variáveis ambientais medidas).

Para executar as análises do OMI, primeiramente verificamos a correlação das variáveis ambientais pelo método de Spearman através do pacote “PerformanceAnalytics” (Shumway & Stoffer 2006). Todas as variáveis testadas apresentaram correlação menor do que 65%, portanto todas foram consideradas na construção dos modelos. Em seguida, foram resumidos os padrões de covariação entre as características físicas, tróficas e microclimáticas realizando uma análise de componentes principais (PCA). Em seguida, o nicho de cada uma das quatro espécies selecionadas foi calculado e plotado no nicho ambiental. Essas análises foram realizadas no programa R (R Development Core Team 2020) utilizando o pacote “ADE4” (Dray & Dufour 2007). O teste de Monte Carlo com 999 permutações foi usado para avaliar a significância da marginalidade de nicho e a marginalidade média de cada espécie (Dolédec et al. 2000).

RESULTADOS

Padrões espaço-temporais. — Os valores de temperatura, umidade, luminosidade e vento exibiram variações ao longo da caverna e durante os períodos de amostragem. A temperatura apresentou valores na primeira amostragem (período de chuva) que variaram de 24,7 a 23°C, na segunda (período de chuva) de 25,6 a 23,8 °C, na terceira (período de seca) 24,1 a 21,1°C e na quarta (período de seca) de 30 a 27,1°C (Fig.3A). Os valores da umidade para a primeira amostragem foram de 90,4 a 84,3 (%), para a segunda de 90,9 a 84,8(%), para a terceira 42,4 a 34,9(%) e para a quarta 48,8 a 38,8(%) (Fig.3B). A intensidade de luz no primeiro evento de amostragem variou de 1.116,5 a 0 (lux), no segundo 769,8 a 0 (lux), no terceiro de 901,2 a 0 (lux) e no quarto de 800,6 a 0 (lux), sendo os maiores valores nas áreas das entradas e os menores em zonas mais distantes das entradas (Fig.3C). A intensidade de

vento na primeira amostragem apresentou valores que variaram de 0,719 a 0 (m/s), na segunda de 1,666 a 0 (m/s), na terceira de 4,249 a 0,089 (m/s) e na quarta 2,553 a 0,152 (m/s) (Fig.3D). De forma geral, nos quatro eventos amostrais, *Oecobius navus* foi a espécie mais abundante, sendo sempre bem distribuída na região perto da entrada a Sudeste e no centro da cavidade, enquanto a *Scytodes itapevi*, foi a menos abundante (Fig. 3). No segundo evento de amostragem, houve um aumento considerável na abundância de *Loxosceles anomala* e *Philoponella vittata*, mas a abundância não foi mantida para os períodos subsequentes de seca, onde houve uma diminuição nos valores de abundância dessas espécies (Fig. 3).

Foram elencadas como presas potenciais indivíduos de: Emesinae (Hemiptera), Psyllipsocidae, Lepidopsocidae e Psocidae (Psocoptera), Formicidae e Dryinidae (Hymenoptera), Psychodidae, Lauxaniidae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae, Sepsidae, Tipulidae (Diptera), Erebidae e Tineidae (Lepidoptera) Rhagidiidae e Anystidae (Acari - Trombidiformes) (Tabela 2). Ao analisar a abundância destas presas potenciais, foi possível observar variações espaciais ao longo das amostragens. Nos períodos chuvosos, as presas potenciais apresentaram maior distribuição e abundância pela caverna, havendo diminuição da abundância nos períodos de seca (Fig. 3).

A Figura 4 apresenta as abundâncias totais por período de amostragem e pela soma das amostragens. A Tabela 1 apresenta os valores médios de abundância distribuídos entre os 25 quadrantes ao longo dos quatro eventos amostrais. *Oecobius navus* apresentou maiores valores médios de abundância e desvio padrão para todos os eventos, sendo no primeiro 6,28 indivíduos/m² (DP= 9,10); no segundo 3,2 (DP=3,56); no terceiro 4,04 (DP=11,61) e no quarto 5,44 (DP=9,06). Enquanto *Scytodes itapevi* apresentou os menores valores médios e de desvio padrão em todos os eventos, sendo no primeiro 0,76 indivíduos/ m² (DP= 1,39), no segundo 0,32 (DP= 0,69), no terceiro 0,36 (DP= 0,91) e no quarto 0,16 (DP=0,37).

A Figura 5 (n-MDS) mostra uma separação espacial, mas não temporal das espécies. *O. navus* se mantém mais separada das demais espécies, ocorrendo nos quadrantes localizados na parte superior esquerda da figura. O índice de associação mostrou que a distribuição espacial de *O. navus* apresenta uma maior sobreposição com *L. anomala* e uma menor sobreposição com *S. itapevi*, a qual apresenta maior sobreposição com a *P. vittata*.

O teste de Kruskal-Wallis (Hollander & Wolfe 1973), mostrou diferença significativa na média de valores para as variáveis, luminosidade (KW-H (1;100) = 5,789; $p = 0,016$), intensidade do vento (KW-H (1;100) = 16,661; $p = 0,00004$), umidade (KW-H (1;100) = 74,264; $p = 2,20e-16$) e abundância de presas potenciais (KW-H (1;100) = 12,744; $p = 0,0003$), entre os períodos de seca e chuva. Enquanto, em relação as espécies de aranhas, o

teste de Kruskal-Wallis (Hollander & Wolfe 1973) mostrou diferença significativa na abundância média somente para a *L. anomala* (KW-H (1;100) = 15,909; $p= 0,00006$), entre os períodos de seca e chuva. Sendo os valores de abundância média para as amostragens na seca de 1 (DP= 2,57) e 0,4 (DP= 0,82) indivíduo/m², enquanto para as amostragens no período de chuva foram 2,28 (DP=4,20) e 2,84 (DP=3,21) indivíduos/ m².

A análise do perfil de similaridade (SIMPROF) revelou três agrupamentos de quadrantes em relação a composição e abundância das quatro espécies de aranhas, indicando nítida separação espacial. O primeiro agrupamento englobou quadrantes na parede esquerda da caverna (sentido NW, cor verde na Figura 6), um segundo agrupamento englobou quadrantes na região central (sentido NW, cor vermelha na Figura 6), e um terceiro agrupamento englobou quadrantes da região na extrema direita na caverna (sentido NW, cor azul na Figura 6). Além disto, a distribuição de abundância mostra que *O. navus* se distribuiu preferencialmente no segundo agrupamento de quadrantes (região central da caverna), seguido do terceiro agrupamento (região a direita da caverna). Havendo uma associação com a distribuição de *L. anomala*, a qual também se associou ao terceiro agrupamento de quadrantes (lado direito da caverna). *P. vittata* distribuiu-se preferencialmente no primeiro agrupamento de quadrantes (parede a esquerda da caverna) e associada à distribuição de *Scytodes itapevi*, que também se distribuiu no primeiro e no segundo agrupamentos de quadrantes (Fig. 6).

Seleção de habitat e sobreposição de nicho. — Os valores de OMI para as quatro espécies podem ser considerados baixos, o que demonstrou que todas as espécies têm nichos próximos ao centroide de seu espaço ambiental, sugerindo pequenas diferenças entre eles. Estes resultados indicam que nenhuma das espécies seja altamente especializada à determinados tipos de microhabitats dentro do ambiente cavernícola. O primeiro eixo da análise OMI foi capaz de explicar 59,6% da variação na distribuição das espécies em função das variáveis ambientais, seguido do segundo eixo com 24,5%, terceiro eixo com 15,6% e quarto eixo com 0,3%. A espécie menos generalista, ou seja, a com maior valor de marginalidade de nicho (OMI) foi *O. navus*, a qual está associada positivamente a locais com maior incidência de luminosidade (b_lux) (Fig. 7, Tabela 3). *P. vittata* é a segunda menos generalista, sendo encontrada preferencialmente em locais mais úmidos (humi), mas também apresentando uma relação negativa com altura do chão (high) (Fig. 7, Tabela 3). Enquanto as espécies mais generalistas, ou seja, com menores valores de marginalidade de nicho e consequentemente maior tolerância ambiental, foram *S. itapevi* seguido da *L. anomala*

(Tabela 3). Ainda assim, é possível observar um ligeira preferência de *L. anomala* por locais mais escuros e úmidos da caverna, enquanto *S. itapevi* apresenta certa preferência por locais mais úmidos e baixos (Fig. 7). Todas as espécies apresentaram relação significativa com as variáveis analisadas, e a análise global do OMI foi capaz de explicar significativamente ($p_{\text{MONTE-CARLO TEST}}=0.001$) as relações entre as condições do habitat e o habitat usado pelas espécies avaliadas (Tabela 3).

A análise OMI evidenciou a ocupação dos nichos das espécies (Fig. 7). O alto grau de generalização de *L. anomala* gerou uma sobreposição parcial do seu nicho com o de *S. itapevi*, sendo esta a mais generalista entre as espécies analisadas. Essa sobreposição parcial também se deu entre *S. itapevi* e *P. vittata*, uma vez que ambas as espécies tenderam a ocupar os locais mais úmidos da caverna. *O. navus*, por sua vez, ainda que também seja generalista, porém menos que as demais espécies, foi a que mais se destacou, ocupando locais mais iluminados.

DISCUSSÃO

Nossos resultados, demonstraram que há separação espacial e distintas estratégias de seleção de habitat nas quatro espécies de aranhas estudadas, com uma maior associação espacial entre *Oecobius navus* e *Loxosceles anomala*, e entre *Philoponella vittata* e *Scytodes itapevi*. Por outro lado, a análise de OMI revelou maior relação no hábito generalista entre as espécies *O. navus* e *P. vittata*, e entre *L. anomala* e *S. itapevi*. Deste modo, observamos maior sobreposição de nicho entre as espécies *P. vittata*, *L. anomala* e *S. itapevi*, enquanto *O. navus* foi a mais marginal, com menor sobreposição com as demais.

Em relação aos padrões de distribuição espacial e temporal, sabemos que ambientes subterrâneos apresentam um gradiente distinto de fatores abióticos, especialmente recursos alimentares, luz, temperatura e umidade (Culver & Pipan 2009, Souza-Silva et al. 2021). Os autores Lunghi (2018) e Manenti et al. (2015) afirmaram ser o microclima um dos fatores mais importantes que afetam tanto a distribuição quanto a abundância da aranha *Meta bourneti* Simon, 1922 (Tetragnathidae) em cavernas. Por tanto, a coexistência entre as espécies na caverna pode ser devido à sobreposição nas exigências de habitat e na utilização dos recursos (Connell 1980) de forma flutuante (Novak et al. 2010), o que possibilita uma dinâmica de abundância distinta, pois podem apresentar diferentes modos de captura de presas e períodos reprodutivos (Tretzel 1955; Kronstedt 1990; Chiavazzo et al. 2015). Também devemos considerar que, mesmo dentro da mesma região em uma caverna, as condições

microclimáticas podem variar consideravelmente temporalmente, e estas podem causar uma separação das diferentes espécies (Prous et al. 2004).

Em nosso estudo foi possível observar alguns padrões de distribuição espacial entre as espécies, mas não temporal. *O. navus* teve ocorrência preferencialmente na região central e perto das entradas. Essa distribuição ocorre, provavelmente, em função da sua tolerância a áreas com maior luminosidade. Além disso, tal distribuição pode evitar competição ou eventos agonísticos interespecíficos, já que *O. navus* apresenta comportamento territorialista (Glatz 1967; Gonzaga et al. 2007). Enquanto, ao se tratar de aranhas construtoras de teias orbitais que visam insetos voadores, tais como *P. vittata*, esta requer microclimas com características específicas (e.g. umidade) e espaço adequado para as suas teias orbitais. O micro-habitat deve fornecer um local favorável a fixação das teias (Uetz et al. 1978). Sendo assim, uma provável explicação para *P. vittata* ter padrão de distribuição coincidente na parede esquerda da caverna, onde a construção da teia é favorecida por serem áreas com pouco vento, possibilitando o seu forrageamento, sem ter um grande gasto energético frequente para reconstrução de sua teia (Turner et al. 2011).

As variações nas características microclimáticas foram as principais determinantes na distribuição de espécies de aranhas em nosso estudo. Os autores Mammola & Isaia (2017), afirmam que nas zonas de entrada e áreas externas à caverna são encontradas espécies de aranhas pouco especializadas ao ambiente subterrâneo. Regiões intermediárias dentro das cavernas possuem as espécies com grau médio de especialização. Enquanto, regiões profundas nas cavernas apresentariam as espécies altamente especializadas. *O. navus*, nesta caverna, é possivelmente a espécie com maior afinidade às condições para-epígeas, ou seja, é a espécie que está mais relacionada com regiões de entradas de cavernas. Por isso possui menor afinidade as condições específicas da caverna e apresentam maior associação à fatores relacionados as condições epígeas, tal como, os maiores valores de incidência de luminosidade. Enquanto *L. anomala*, *S. itapevi* e *P. vittata* são possivelmente as aranhas com maior relação com as condições determinantes da caverna, devido a estarem distribuídas em regiões mais centrais e na parede esquerda da caverna, onde há menor luminosidade e maior umidade. Sendo estas características relacionadas com espécies que apresentam maior afinidade com o meio subterrâneo.

Todas as espécies avaliadas no nosso estudo podem ser consideradas como generalistas nesta caverna, devido apresentarem valores de OMI bem baixos. No entanto, há graus distintos de generalismo, sendo *O. navus* a menos generalista. Ao considerar a distribuição da *L. anomala*, *S. itapevi* e *P. vittata*, a sobreposição em alguns componentes do

nicho pode ser resultado de seus requisitos por microhabitats serem semelhantes (Alfaro et al. 2013). Como observado, a preferência por locais com maior umidade influencia a distribuição destas espécies e tais condições microclimáticas (alta umidade e baixa incidência de luz) geralmente ocorrem em áreas mais distantes da entrada, onde as influências externas são mais fracas e o microclima é mais estável (Culver & Pipan 2009; Lunghi et al. 2015; Mejía-Ortíz 2021).

Aranhas do gênero *Loxosceles* ocorrem frequentemente em cavernas com pouca umidade, mas em nosso estudo, apesar da caverna não apresentar corpo de água, esse padrão não se manteve. *L. anomala*, em consequência provavelmente da umidade, apresentou variação temporal em sua abundância, o que pode ser devido a um maior requerimento dessa característica microclimática pela espécie. Em períodos mais secos, o ambiente se torna mais “inóspito”, impossibilitando a manutenção de maiores abundâncias. Uma outra exceção ao gênero, que é relatada na literatura, é em relação a uma espécie troglóbia (*L. troglobia*), a qual também foi encontrada em maior associação com locais mais úmidos da caverna (Souza & Ferreira 2018). Em relação à distribuição de nicho da *L. anomala*, sabe-se que as aranhas desse gênero dependem de temperaturas específicas e não sobrevivem se expostas a temperaturas extremas (Fischer 1996; Canals et al. 2013). Além disso, também são fotofóbicas, habitando locais com baixa intensidade de luz (Bücherl 1961). Isso explica a distribuição de *L. anomala* em locais mais distantes das entradas da caverna, e consequentemente com pouca incidência de luz.

Ao avaliar o nicho da *O. navus*, é possível observar que a variável explicativa para sua maior marginalidade foi a seleção de locais com maior incidência de luz, sendo a única espécie deste estudo com preferência por essa característica microclimática. Essas áreas com maior luminosidade, consequentemente, são áreas mais quentes e menos úmidas. Sendo assim, para que ocorra o seu estabelecimento nesses locais, possivelmente é necessário que esta espécie ajuste sua posição dentro da teia, para manter uma temperatura favorável (Voss & Dadour 2007).

Apesar de não existirem muitos estudos sobre a biologia das espécies de aranhas apresentadas neste trabalho, sabe-se que espécies de aranhas pertencentes à mesma família, tendem a apresentar o mesmo estilo de vida. Portanto, as aranhas podem ser classificadas em guildas de acordo com suas famílias (Uetz et al. 1999; Dias et al. 2010; Sebastian et al. 2012). Oecobiidae (*Oecobius navus*) é classificada na guilda “tecelãs de teia lençol” (Sebastian et al. 2012), Sicariidae (*Loxosceles anomala*) na de “tecelãs de teia irregular e hábito noturno” (Dias et al. 2010), Uloboridae (*Philoponella vittata*) na de “tecelãs de teias orbiculares” (Dias

et al. 2010) e Scytodidae (*Scytodes itapevi*) em “corredora aérea noturna” (Dias et al. 2010). Isso pode ser também, uma provável explicação para a coexistência na caverna, pois são quatro grupos distintos de guildas. Isso pode indicar que provavelmente essas espécies não competem diretamente no espaço e no tempo (Uetz et al. 1999), devido às diferentes formas de explorar o ambiente para capturar suas presas. Por exemplo, artrópodes voadores geralmente são capturados pelas tecelãs de teias orbiculares, enquanto artrópodes de solo são capturados preferencialmente pelas tecelãs de teias lençol de detecção (Gonzaga et al. 2007; Foelix 2011).

De um modo geral, em nosso trabalho a abundância total de presas não foi uma variável preditora determinante para explicar a distribuição e seleção de habitat pelas aranhas, apesar de muitos autores a considerarem (Novak et al. 2010; Mammola & Isaia 2014; Manenti 2015; Mammola et al. 2016). Voss & Dadour 2007, sugeriram que isso pode ser devido à imprevisibilidade dos movimentos das presas e consideram que no caso das espécies construtoras de teia, se torna inviável a realocação, pois pode ser um desperdício energético e ainda incerto quanto à melhoria do novo local (Nakata & Ushimaru 1999; Nakata et al. 2003; Miyashita 2005). Além disso, outra explicação provável seria que o canibalismo e a predação intraguilda possam estar acontecendo na caverna, dificultando o entendimento de relações predador-presa.

Em conclusão, com base nos resultados de nosso estudo, as espécies apresentaram parcial sobreposição de nichos, sendo *O. navus* a menos generalista e com menor sobreposição em área com as demais. Além disso, sua preferência por áreas mais iluminadas, pode ser um indicador da sua menor relação com o ambiente cavernícola. Enquanto isso, *L. anomala*, *S. itapevi*, e *P. vittata* tiveram maior sobreposição de nichos, devido a preferências ambientais semelhantes, que foram locais mais úmidos. Sendo assim, os fatores microclimáticos se mostraram importantes para a distribuição e seleção de habitat de aranhas na área de estudo.

REFERÊNCIAS

- Abrams PA. 1995. Monotonic or unimodal diversity productivity gradients, what does competition theory predict? *Ecology* 76: 2019–2027.
- Alfaro CC, Veloso H, Torres-Contreras R, Solís M, Canals. 2013. Thermal niche overlap of the spider of the nook *Loxosceles laeta* (Araneae; Sicariidae) and its possible predator, the tiger spider *Scytodes globula* (Scytodidae). *Journal of Thermal Biology* 38:502–507.
- Armstrong RA, McGehee R. 1980. "Competitive exclusion". *American Naturalist*. 115 (2): 151–170.
- Bücherl W. 1961. Aranhas do gênero *Loxosceles* e o Loxoscelismo na América. *Ciência e Cultura* 13(4):213-224.
- Brescovit AD, Rheims CA. 2000. On the synanthropic species of the genus *Scytodes* Latreille (Araneae, Scytodidae) of Brazil, with synonymies and records of these species in other neotropical countries. *Bulletin of the British arachnological Society* 11(8): 320-330.
- Camp CD, Jensen JB. 2007. Use of twilight zones of caves by plethodontid salamanders. *Copeia* (3): 594-604.
- Canals MC, Alfaro C, Veloso H, Torres-Contreras R, Solís. 2013. Tolerancia a la desecación y sobreposición del nicho térmico entre la araña del rincón *Loxosceles laeta* y un posible control biológico, la araña tigre *Scytodes globula*. *Revista Ibero-Latin-oamericana de Parasitología* 72:52–60.
- Cardoso P. 2012. Diversity and community assembly patterns of epigean vs. troglobiont spiders in the Iberian Peninsula. *Int. J. Speleol.* 41: 83–94.
- Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas. Base de dados geoespacializados de cavidades naturais subterrâneas do CECAV. Brasília. 2021. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/>. Acessado em 8 de abril 2021.
- Connell JH. 1980. Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competition past. *Oikos* 35: 131-38.

- Culver DC, Pipan T. 2009. The biology of caves and other subterranean habitats. Oxford: Ed. OUP. 273p.
- Culver DC, Pipan T. 2015. Shifting paradigms of the evolution of cave life. *Acta Carsologica*. 44: 415–425.
- Chesson P. 2000. Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 31(1): 343–366.
- Chesson P, Huntley N. 1997. The roles of harsh and fluctuating conditions in the dynamics of ecological communities. *The American Naturalist* 150: 519–553.
- Chiavazzo E, Isaia M, Mammola S, Lepore E, Ventola L, Asinari P, Pugno NM. 2015. Cave spiders choose optimal environmental factors with respect to the generated entropy When laying their cocoon. *Scientific Reports* 5 (1): 7611.
- Clarke KR, Somerfield PJ, Gorley RN. 2008. Testing of null hypotheses in exploratory community analyses similarity profiles and biota-environment linkage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 366: 56–69.
- Clarke KR, Gorley RN, Somerfield PJ, Warwick RM. 2014. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Primer-E Ltd.
- Dias SC, Carvalho LS, Bonaldo AB, Brescovit AD. 2010. Refining the establishment of guilds in neotropical spiders (Arachnida: Araneae). *Journal of Natural History* 44: 219–239.
- Dolédec S, Chessel D, Gimaret-Carpentier C. 2000. Niche separation in community analysis: A new method. *Ecology* 81:2914–2927.
- Dray S, Dufour AB. 2007. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of statistical software* 22(4): 1-20.
- Evans KL, Greenwood JJ, Gaston KJ. 2005a. Dissecting the species–energy relationship. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272(1577): 2155-2163.
- Evans KL, Warren PH, Gaston KJ. 2005b. Species–energy relationships at the macroecological scale: a review of the mechanisms. *Biological Reviews* 80(1): 1-25.

- Ficetola GF, Lunghi E, Cimmaruta R, Manenti R. 2019. Transgressive niche across a salamander hybrid zone revealed by microhabitat analyses. *Journal of Biogeography* 46(7): 1342-1354.
- Fischer ML. 1996. Biologia e ecologia de *Loxosceles intermedia* (Mello-Leitão, 1934) (Araneae, Sicariidae), no município de Curitiba, PR. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas – Zoologia, Universidade Federal do Paraná. 137pp.
- Foelix RF. 2011. Biology of Spiders. Oxford University Press, Oxford, p. 419.
- Gibert J, Deharveng L. 2002. Subterranean Ecosystems: A Truncated Functional Biodiversity. *BioScience* v. 52, n. 6, p. 473.
- Gomes M, Santos DJD, Ruchkys ÚDA, Travassos LEP. 2021. Microclimatic characterization of tourist caves in Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, Minas Gerais, Brazil. *Sociedade & Natureza* 33.
- Gonzaga MO, Santos AJ, Japyassú HF. 2007. Ecologia e comportamento de aranhas. Rio de Janeiro: Editora Interciência pp. 400.
- Glatz L. 1967. Zur biologie und morphologie von *Oecobius annulipes* Lucas (Araneae, Oecobiidae). *Zeitschrift für Morphologie der Tiere* 61(2): 185-214.
- Glover N. 2013. The habitat preferences of web building spiders. *The Plymouth Student Scientist* 6:363-375.
- Hollander M, Wolfe D. 1973. Non-parametric Statistical Methods. J. Wiley, New York, 972 pp.
- Howarth FG. 1983. Ecology of cave arthropods. *Annual review of entomology* 28(1): 365-389.
- Huey RB. 1991. Physiological consequences of habitat selection. *The American Naturalist* 137:91-115.

INMET. 2021. Instituto Nacional de Meteorologia. Normal climatológica. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaiClimatologicas>. Acessado em 29 de maio 2021.

Köppen, W. 1931. Grundriss der Klimakunde. Berlin: Walter de Gruyter. 390p

Kronstedt T. 1990. Separation of two species standing as *Alopecosa aculeata* (Clerck) by morphological, behavioural and ecological characters, with remarks on related species in the pulverulenta group (Araneae, Lycosidae). *Zoologica Scripta* 19: 203–225.

Lesser JS, James WR, Stallings CD, Wilson RM, Nelson JA. 2020. Trophic niche size and overlap decreases with increasing ecosystem productivity. *Oikos* 129(9): 1303-1313.

Lunghi E, Manenti R, Ficetola GF. 2014. Do cave features affect underground habitat exploitation by non-troglobite species? *Acta Oecologica* 55:29–35.

Lunghi E, Manenti R, Ficetola GF. 2015. Seasonal variation in microhabitat of salamanders: environmental variation or shift of habitat selection? *PeerJ* 3:e1122.

Lunghi E, Manenti R, Ficetola GF. 2017. Cave features, seasonality and subterranean distribution of non-obligate cave dwellers. *PeerJ* 5:e3169.

Lunghi E. 2018. Ecology and life history of *Meta bourneti* (Araneae: Tetragnathidae) from Monte Albo (Sardinia, Italy). *PeerJ* 6:e6049.

MacArthur RH, Levins R. 1967. The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *The American Naturalist* 101: 377–387.

Mammola S, Isaia M. 2014. Niche differentiation in *Meta bourneti* and *M. menardi* (Araneae, Tetragnathidae) with notes on the life history. *International Journal of Speleology* 43 (3): 343–353.

Mammola S, Piano E, Isaia M. 2016. Step back! Niche dynamics in cave-dwelling predators. *Acta Oecologica* 75: 35-42.

Mammola S, Isaia M. 2016. The ecological niche of a specialized subterranean spider. *Invertebrate Biology* 135: 20–30.

- Mammola S, Isaia M. 2017. Spiders in caves. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284(1853): 20170193.
- Manenti R, Lunghi E, Ficetola GF. 2015. Distribution of spiders in cave twilight zone depends on microclimatic features and trophic supply. *Invertebrate Biology* 134:242–251.
- Mejía-Ortíz L, Christman MC, Pipan T, Culver, DC. 2021. What's the relative humidity in tropical caves? *PloS one* 16(9): e0250396.
- Mello-Leitão CF. 1917. Notas arachnológicas V. Espécies novas ou pouco conhecidas do Brasil. *Boletim do Museu Nacional* 15: 74-102.
- Miyashita T. 2005. Contrasting patch residence strategy in two species of sit-and-wait foragers under the same environment: a constraint by life history? *Ethology* 111: 159–167.
- Mohr CE, Poulson TL. 1966. *The Life of the Cave*. New York: MacGraw-Hill. 232 pp.
- Nakata K, Ushimaru A. 1999. Feeding experience affects web relocation and investment in web threads in an orb-web spider, *Cyclosa argenteoalba*. *Animal Behaviour* 57(6): 1251-1255.
- Nakata K, Ushimaru A, Watanabe T. 2003. Using past experience in web relocation decisions enhances the foraging efficiency of the spider *Cyclosa argenteoalba*. *Journal of insect behavior* 16(3): 371-380.
- Novak T, Tkvac T, Kuntner M, Arnett EA, Delakorda SL, Perc M, Janzekovic F. 2010. Niche partitioning in orbweaving spiders *Meta menardi* and *Metellina merianae* (Tetragnathidae). *Acta Oecologica* 36: 522–529.
- Novak T, Perc M, Lipovšek S, Janžekovič, F. 2012. Duality of terrestrial subterranean fauna. *International Journal of Speleology* 41(2): 5.
- Oliver I, Beattie AJ. 1996. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. *Conservation Biology* 1(10): 99–109.
- Pipan T, Culver DC. 2017. The unity and diversity of the subterranean realm with respect to invertebrate body size. *Journal of Cave and Karst Studies* 79(1): 1-9.

- Pizarro AP, Frigo FJG, Campello MS. 2001. Updating the caves distribution of Arcos-Pains-Doresópolis Speleologic-Carbonatic Province. In: XL Congresso Brasileiro de Geologia, SBG. Anais. Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Poulson TL. 1977. A tale of two spiders. *Cave Research Foundation Annual Report* 245-248.
- Prous X, Ferreira RL, Martins RP. 2004. Ecotone delimitation: Epigeal–hypogean transition in cave ecosystems. *Austral Ecology* 29(4): 374-382.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Online em: <https://www.R-project.org/>.
- Resende LPA, Bichuette ME. 2016. Sharing the space: coexistence among terrestrial predators in neotropical caves. *Journal of Natural History* 50(33-34): 2107-2128.
- Root RB. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological Monographs* 37: 317–350.
- Romero GQ, Vasconcellos-Neto J. 2005. Spatial distribution and micro-habitat preference of *Psecas chapoda* (Peckham and Peckham) (Araneae, Salticidae). *The Journal of Arachnology*. 33: 124e134.
- Rosenzweig ML. 1981. A theory of habitat selection. *Ecology* 62(2): 327-335.
- Sebastian PA, Sudhikumar AV, Mathew MJ, Sunish E. 2012. Diversity of spiders (Araneae) in the Western Ghats—an overview. *Invertebrate Diversity and Conservation in the Western Ghats* 235-247.
- Souza-Silva MS, Martins RP, Ferreira RL. 2011. Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest. *Biodiversity and Conservation* 20(8): 1713-1729.
- Souza MF, Ferreira RL. 2018. A new highly troglomorphic *Loxosceles* (Araneae: Sicariidae) from Brazil. *Zootaxa* 4438(3): 575-587.

- Souza-Silva M, Cerqueira RFV, Pellegrini TG, Ferreira RL. 2021. Habitat selection of cave-restricted fauna in a new hotspot of subterranean biodiversity in Neotropics. *Biodiversity and Conservation* 1-28.
- Shumway R, Stoffer D. 2006. Time Series Analysis and its Applications, with R examples, Springer. 575 pp.
- Stevenson RD. 1985. The relative importance of behavioral and physiological adjustments controlling body temperature in terrestrial ectotherms. *The American Naturalist* 126(3): 362-386.
- Tilman D. 1982. Resource Competition and Community Structure. Princeton University of Press, Princeton, NJ, USA. 296 pp.
- Turner J, Vollrath F, Hesselberg T. 2011. Wind speed affects prey-catching behaviour in an orb web spider. *Naturwissenschaften* 98: 1063-1069.
- Tretzel E. 1955. Intragenerische Isolation und interspezifische Konkurrenz bei Spinnen. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* 44(1): 43-162.
- Uetz GW, Johnson AD, Schemske DW. 1978. Web placement, web structure and prey capture in orb-weaving spiders. *Bulletin of the British Arachnological Society* 4:141-148.
- Uetz GW, Halaj J, Cady AB. 1999. Guild structure of spiders in major crops. *Journal of Arachnology* 27: 270–280.
- Voss SC, Main BY, Dadour IR. 2007. Habitat preferences of the urban wall spider *Oecobius navus* (Araneae, Oecobiidae). *Australian Journal of Entomology* 46(4): 261-268.
- Ward D, Lubin Y. 1993. Habitat selection and the life history of a desert spider, *Stegodyphus lineatus* (Eresidae). *Journal of Animal Ecology* 62(2): 353-363.
- Zampaulo RA. 2010. Diversidade de invertebrados cavernícolas na província espeleológica de Arcos, Pains e Doresópolis (MG): subsídios para a definição de áreas prioritárias para a conservação (Doctoral dissertation, Dissertation (Master degree in Applied Ecology). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil, 190 pp).

FIGURAS

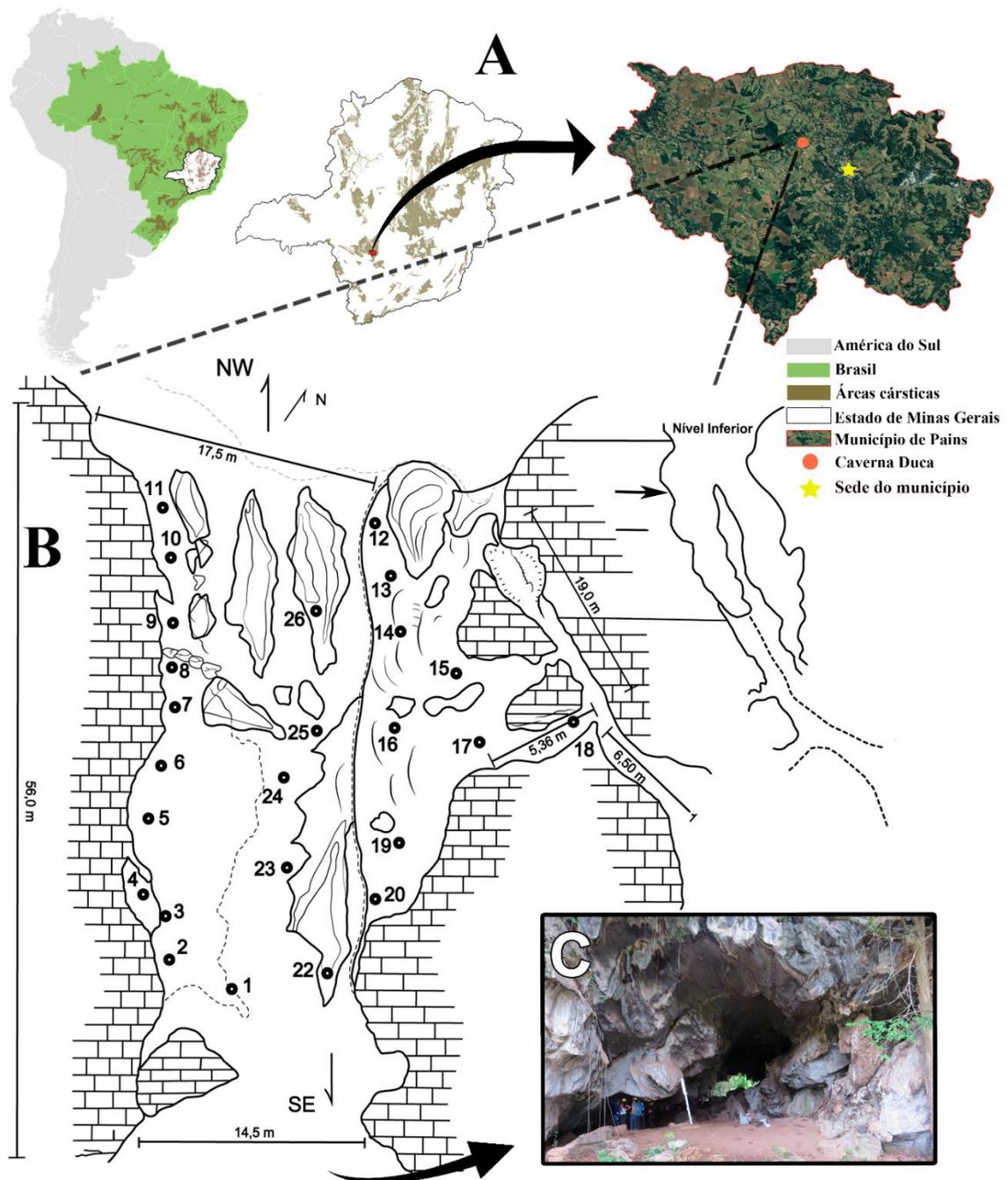


Figura 1. —Mapa de localização da caverna Duca em relação à América do Sul, Brasil, no estado de Minas Gerais (A) e no município de Pains. **B.** Croqui esquemático da caverna Duca com a distribuição dos pontos amostrais (números 1 a 26). **C.** Entrada a Sudeste da cavidade.

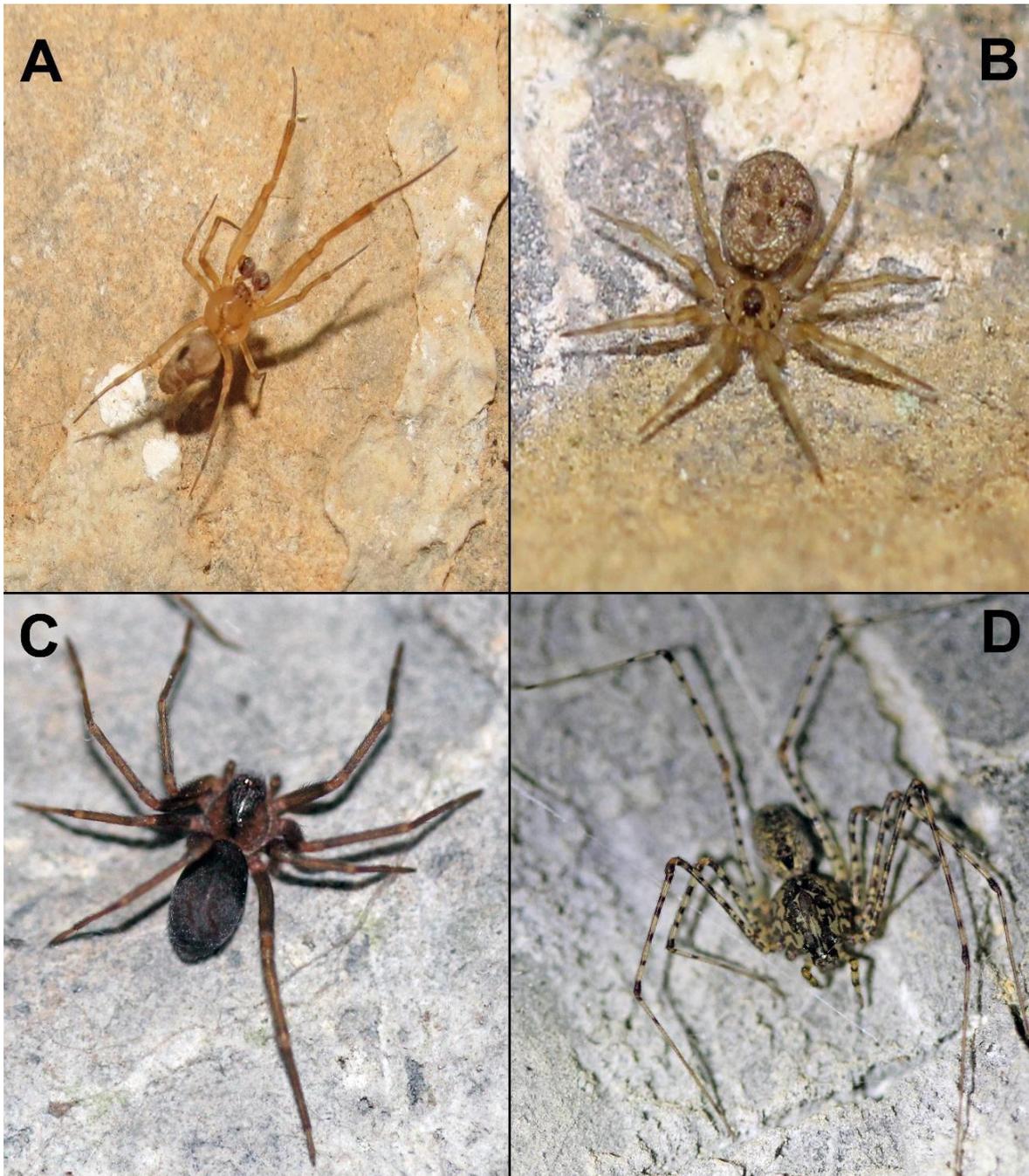


Figura 2. — As quatro espécies de aranhas avaliadas em relação a distribuição e seleção de habitat em uma caverna calcária. **A.** *Philoponella vittata* ♂. **B.** *Oecobius navus* ♀. **C.** *Loxosceles anomala* ♀. **D.** *Scytodes itapevi* ♀.

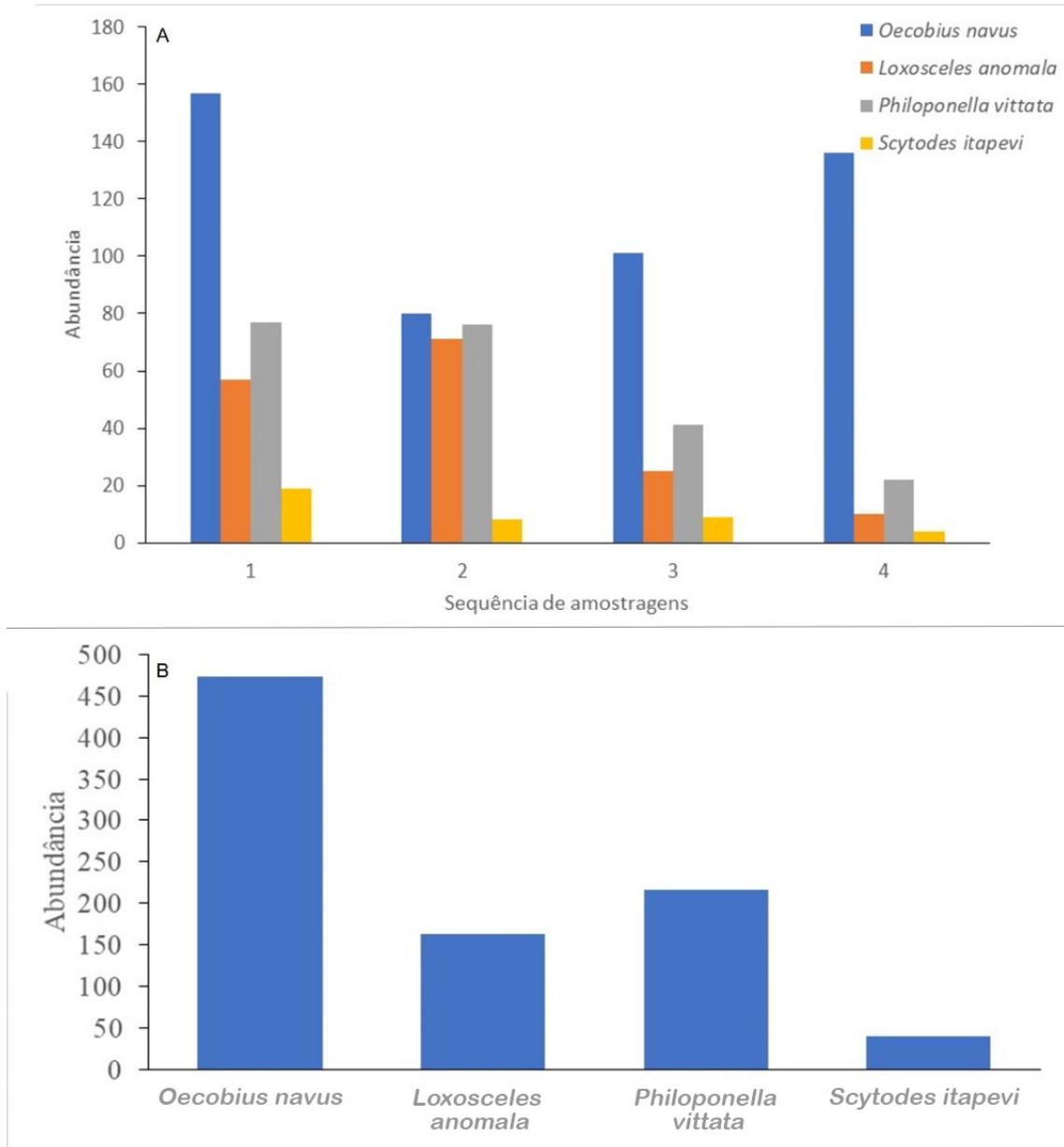


Figura 4. — Abundância total das quatro espécies de aranhas, sendo: **A.** Por período de amostragem, 1= novembro (chuva); 2= janeiro (chuva); 3= agosto (seca) e 4= setembro (seca). **B.** A soma de todos os períodos.

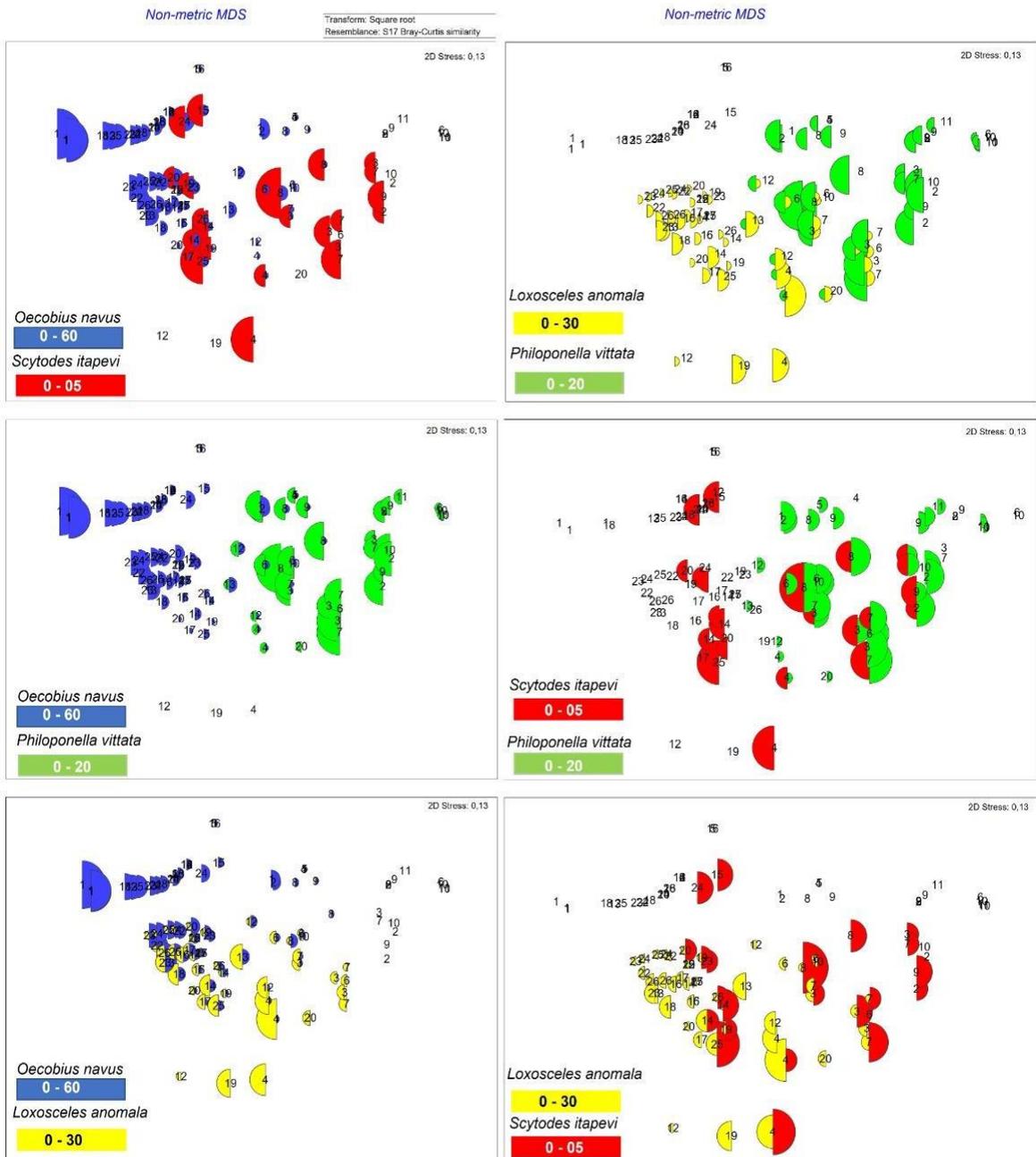


Figura 5. — Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) indicando a similaridade Bray-Curtis de quatro espécies de aranhas no espaço e no tempo. O diâmetro dos semicírculos reflete a abundância. Para facilitar a visualização as espécies foram plotadas em pares.

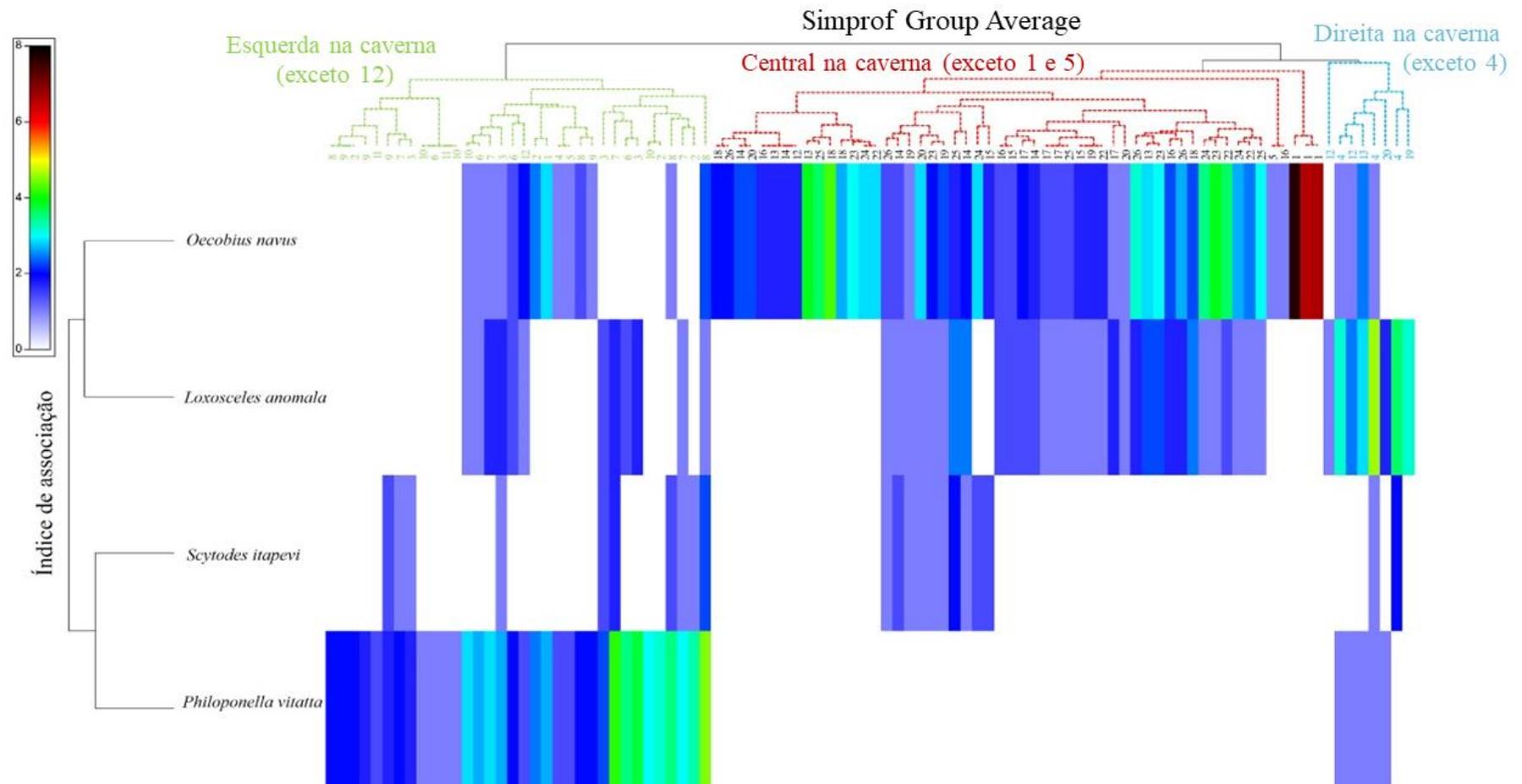


Figura 6. — Shadeplot mostrando a distribuição espaço-temporal da abundância das espécies de aranhas na caverna. As amostras estão agrupadas em um cluster de acordo com: índice de associação de whittaker (a esquerda) e o índice de bray-curtis (acima). As cores (verde, vermelho e azul) no cluster mostram a formação espacial de grupos de acordo com a Análise de perfil de similaridade (SIMPROF). Esquerda na caverna (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11), centrais na caverna (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25 e 26) e a direita na caverna (12,13,19 e 20).

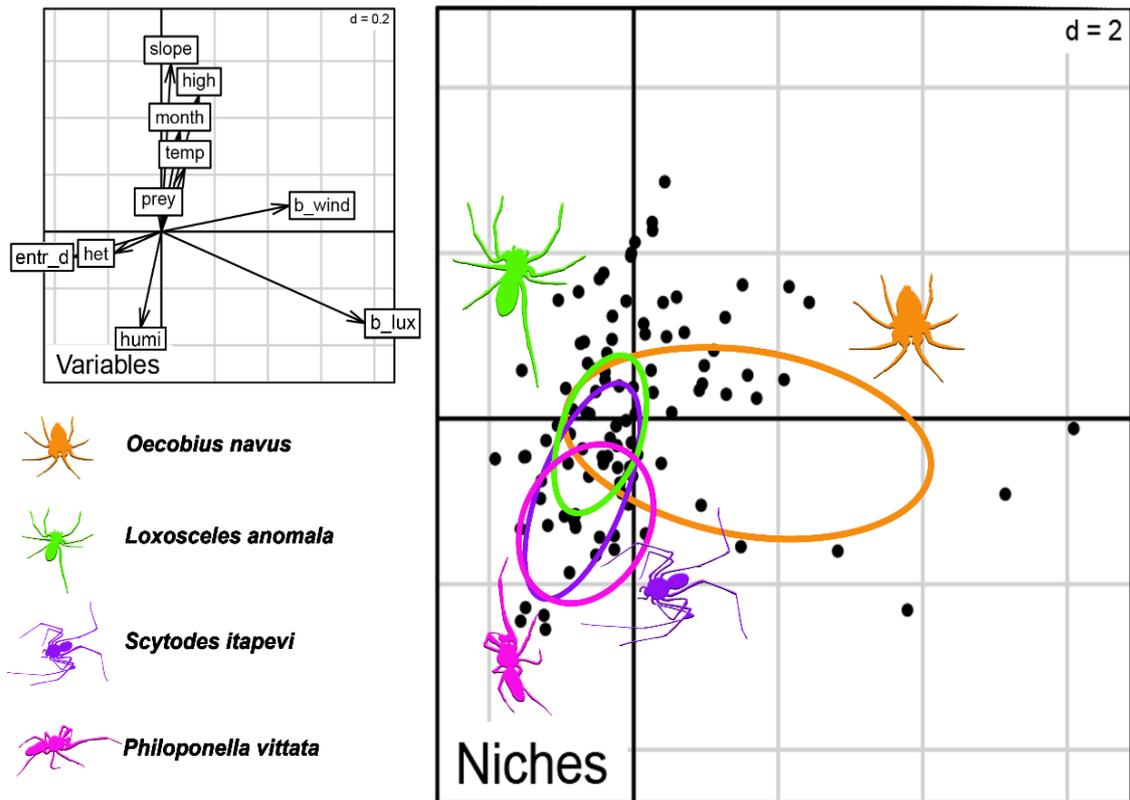


Figura 7. — Análise de Componentes Principais (PCA) e análise “Outlying Mean Index” (OMI) evidenciando a covariação das variáveis ambientais em relação aos quadrantes (100 pontos) das quatro amostragens. As variáveis são: grau de inclinação (slope), altura do chão (high), meses de amostragens (month), temperatura (temp), presas potenciais (prey), velocidade do vento (b_wind), luminosidade (b_lux), humidade (humi), heterogeneidade da parede (het) e distância da entrada (entr_d).

TABELAS

Tabela 1. — Valores de abundância total, abundância média e desvio padrão das espécies de aranhas em cada unidade amostral ao longo dos quatro eventos de amostragens. Média (M), desvio padrão (P).

Quadrante	<i>Oecobius navus</i>				<i>Loxosceles anomala</i>				<i>Philoponella vittata</i>				<i>Scytodes itapevi</i>			
	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°
1	43	8	59	44	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0
2	6	0	0	0	0	0	0	0	6	11	10	4	0	1	0	0
3	1	0	0	0	3	3	2	0	7	14	5	3	1	0	2	1
4	1	1	0	1	21	10	13	0	1	1	0	2	1	0	4	0
5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
6	0	2	1	0	2	2	1	0	12	4	7	1	0	0	0	0
7	0	1	0	0	3	3	1	0	17	8	9	4	3	0	1	1
8	5	1	2	0	1	0	0	0	20	12	4	4	5	2	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0	0	4	3	4	3	0	2	0	0
10	1	0	0	0	1	0	0	0	8	9	1	1	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
12	4	1	0	3	1	6	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0
13	8	6	3	15	5	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
14	2	4	3	5	1	6	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
15	2	3	3	3	2	0	1	2	0	0	0	0	0	2	0	0
16	2	3	1	5	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
17	2	1	2	4	1	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
18	18	5	4	7	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	3	0	1	5	1	10	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
20	8	0	1	5	1	3	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
21	13	6	3	8	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	15	9	4	9	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
23	8	12	8	7	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0
24	3	9	2	13	6	1	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0
25	10	7	4	2	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
M	6,28	3,2	4,04	5,44	2,28	2,84	1	0,4	3,08	3,04	1,64	0,88	0,76	0,32	0,36	0,16
DP	9,10	3,56	11,61	9,06	4,20	3,21	2,57	0,82	5,65	4,38	3,04	1,48	1,39	0,69	0,91	0,37

Tabela 2. — Valores medidos das variáveis ambientais e contabilização da abundância de presas potenciais para os quatro eventos de amostragens. Os maiores valores foram selecionados para as variáveis luminosidade e intensidade do vento, enquanto para temperatura e umidade foram feitas as médias por quadrantes.

Quadrante	Altura do chão (m)	Heterogeneidade (cm)	Inclinação (°)	Dist. Entrada (m)	Luminosidade (lux)				Temperatura (°C)				Intensidade do vento (m/s)				Umidade (% UR)				Presas			
					1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°
1	3,10	155,50	36	6,20	1166,00	770,00	905,00	1383,00	24,73	24,20	22,20	27,50	0,447	0,879	4,250	0,758	86,50	87,75	38,30	46,50	0	0	10	0
2	1,40	156,50	33	9,30	82,10	57,40	99,10	163,20	23,93	24,38	21,75	28,25	0,024	0,399	0,404	0,435	85,93	88,73	39,40	45,00	6	3	1	0
3	1,50	167,60	31	14,10	98,70	73,80	139,70	150,70	23,80	24,08	21,30	29,40	0,030	0,887	0,712	0,317	86,03	89,28	41,85	42,40	4	0	0	0
4	1,85	152,15	59	15,40	64,30	49,00	71,50	80,20	23,93	24,10	21,20	29,45	0,152	0,700	0,670	0,416	85,53	89,28	41,60	42,85	72	0	1	0
5	2,10	150,50	85	22,44	4,00	2,10	3,00	1,80	23,90	23,80	21,35	29,35	0,710	0,457	0,921	0,885	85,63	90,18	40,95	44,70	3	0	0	0
6	1,73	175,80	80	27,91	31,70	11,70	3,80	21,70	23,87	23,88	21,15	29,55	0,460	0,000	0,281	0,443	84,83	90,73	42,40	42,95	12	2	1	1
7	1,73	160,45	10	27,40	72,20	36,80	58,40	801,10	23,87	23,90	21,05	29,05	0,000	0,220	0,307	0,200	84,50	90,43	42,20	44,10	0	0	0	0
8	1,82	165,50	5	21,94	116,20	62,70	160,50	255,60	23,87	24,00	21,25	29,35	0,004	0,175	0,526	0,151	84,57	90,18	41,40	48,85	4	0	0	0
9	2,04	165,25	37	16,69	7,60	2,40	19,20	17,60	23,87	23,78	21,75	28,45	0,544	0,530	0,115	1,256	84,50	90,88	38,75	45,75	4	3	0	0
10	1,94	168,00	43	12,35	12,10	32,80	75,00	211,10	23,87	23,85	21,40	28,00	0,301	0,000	0,487	0,266	84,37	90,88	39,80	45,60	4	2	0	3
11	1,65	146,50	61	9,28	50,20	10,70	162,30	67,70	23,93	23,88	21,25	29,30	0,450	0,128	1,005	2,554	84,27	90,58	40,55	41,35	7	2	0	0
12	3,84	157,50	42	8,90	63,20	45,10	395,50	326,80	23,40	24,08	21,95	30,00	0,012	0,412	1,365	0,224	88,27	89,15	37,45	38,75	24	3	0	3
13	2,81	160,50	52	13,52	32,10	20,20	282,90	208,50	23,50	24,28	21,95	28,47	0,262	0,751	0,834	0,581	88,27	89,08	38,95	43,40	2	11	1	3
14	4,50	191,50	45	19,31	7,20	3,50	38,80	20,40	23,60	24,38	22,70	29,75	0,081	0,360	1,105	0,238	88,43	88,45	38,15	39,80	17	3	5	0
15	4,90	156,00	49	21,85	0,00	0,00	0,00	0,00	23,77	25,18	21,95	27,50	0,000	0,570	1,807	0,250	88,50	87,18	39,70	44,40	0	2	1	0
16	4,50	165,50	29	24,46	20,90	13,20	55,50	50,70	23,80	24,80	22,60	27,75	0,110	0,510	0,546	0,159	86,47	87,43	37,70	44,95	17	1	16	5
17	4,90	155,00	64	10,10	4,10	0,40	2,30	3,00	23,73	25,25	23,15	27,05	0,000	0,630	0,089	0,306	86,53	86,38	36,70	46,20	7	16	4	0
18	3,25	162,50	47	5,50	6,80	0,00	6,20	1,50	23,73	24,93	22,45	28,10	0,070	0,130	0,880	0,554	86,83	87,68	38,30	42,80	12	3	13	0
19	4,90	177,00	61	13,40	0,40	0,10	0,70	0,00	24,03	25,65	22,80	27,70	0,000	0,255	0,253	0,657	85,73	84,83	37,45	44,55	14	4	8	0
20	4,90	161,50	82	17,75	24,80	20,30	33,20	13,20	24,07	25,40	23,05	28,20	0,065	0,815	0,935	1,020	86,57	86,13	35,10	43,45	7	23	0	2
22	3,60	151,00	27	12,20	258,00	328,00	329,10	330,20	23,13	25,08	23,65	27,80	0,000	0,532	1,216	0,874	90,17	86,23	34,85	43,70	6	0	1	0
23	0,60	142,00	81	20,10	240,00	230,50	328,90	324,20	23,03	25,10	24,15	27,50	0,399	0,881	0,913	0,970	90,30	87,98	34,85	47,50	0	3	12	6
24	2,15	150,50	43	25,76	50,80	100,40	181,10	78,30	23,03	24,75	23,10	27,30	0,689	1,167	2,394	0,492	90,43	86,63	36,15	45,10	3	28	4	0
25	1,78	176,50	52	18,95	8,30	4,40	108,90	34,50	23,10	24,45	22,60	28,85	0,011	0,271	0,425	0,756	89,83	87,90	36,35	41,70	1	2	1	1
26	2,34	167,00	87	11,72	87,70	71,20	336,30	368,20	23,13	24,03	22,75	28,30	0,719	0,610	2,520	0,947	90,30	88,65	35,70	42,55	0	22	2	1

Tabela 3. — Resultados da análise do “Outlying Mean Index” (OMI). A Inércia, o Índice de Marginalidade (OMI), Índice de Tolerância (Tol), Índice Residual de Tolerância (Rtol) e o Valor de *p*, foram calculadas para as quatro espécies que ocupam o nicho ambiental de acordo com as variáveis ambientais em cada quadrante.

Espécies	Inertia	OMI	Tol	Rtol	Valor de <i>p</i>
<i>Oecobius navus</i>	18,36	2,59	6,42	9,34	0,001
<i>Loxosceles anomala</i>	14,02	1,82	4,73	7,46	0,001
<i>Philoponella vittata</i>	8,44	2,09	1,02	5,33	0,002
<i>Scytodes itapevi</i>	9,72	1,37	1,97	6,38	0,016
Global OMI					0,001

MATERIAL SUPLEMENTAR

Material suplementar I. Táxons encontrados na Caverna Duca, Pains, Minas Gerais, Brasil.

Táxons	1ª Amostragem (chuva)	2ª Amostragem (chuva)	3ª Amostragem (seca)	4ª Amostragem (seca)
Araneae				
<i>Oecobius navus</i>	157	80	101	136
<i>Loxosceles anomala</i>	57	71	25	10
<i>Philoponella vittata</i>	77	76	41	22
<i>Scytodes itapevi</i>	19	8	9	4
<i>Marma nigritarsis</i>	2	1	0	2
<i>Amphidraus</i> sp.1	0	0	0	0
<i>Metagonia</i> sp.1	6	8	1	2
<i>Mesabolivar</i> sp.1	0	0	1	0
Lepidoptera				
Erebidae sp.1	0	3	0	0
Tineidae sp.4	9	0	2	1
Tineidae Imaturo sp.1	1	3	0	0
Isopoda				
<i>Porcellionides pruinosus</i>	0	2	0	0
Hemiptera				
<i>Zelurus ochripennis</i>	0	2	0	0
Emesinae sp.1	1	0	0	0
Psocoptera				
Psyllipsocidae sp.1	196	118	78	20
Psyllipsocidae sp.2	0	0	0	1
Psyllipsocidae sp.3	2	0	0	0
Lepidopsocidae sp.1	0	1	0	0
<i>Triplocania pains</i>	0	0	0	1

Ptiloneuridae sp.2	0	0	1	0
Psocidae sp.1	0	0	0	1
Hymenoptera				
Formicidae sp.1	0	2	0	0
Formicidae sp.2	4	0	0	0
Dryinidae sp.1	1	0	0	0
Neuroptera				
Myrmeleontidae sp.1	1	0	0	0
Diptera				
Diptera sp.1	7	3	1	2
Psychodidae sp.1	4	4	0	0
Psychodidae sp.2	1	0	0	0
Lauxaniidae sp.1	0	0	0	1
Cecidomyiidae sp.1	9	1	0	0
Ceratopogonidae sp.1	0	1	0	0
Sepsidae sp.1	0	1	0	0
Tipulidae sp.2	0	1	0	0
Trombidiformes				
Rhagidiidae sp.1	0	1	0	0
<i>Erythrocarus</i> sp.1	0	0	2	0
Pseudoscorpionida				
Olpiidae sp.1	0	0	0	1
Coleoptera				
Coleoptera sp.1	1	0	0	0
Tenebrionidae sp.1	0	0	0	1
Carabidae sp.1	0	0	1	0
Scarabaeidae sp.3	0	0	0	1
Scarabaeidae sp.4	0	0	1	0

ARTIGO 2: Padrão de distribuição espacial da espécie exótica *Oecobius navus* Blackwall, 1859 (Araneae: Oecobiidae) em uma caverna calcária

Este capítulo foi escrito em formato de artigo (versão preliminar), redigido conforme as normas para publicação da revista “Subterranean Biology” E-ISSN: 17681448, disponível em: <https://subtbiol.pensoft.net/about#Author-Guidelines>

Laís da Glória Teixeira Silveira^{1,2}, Thais Giovannini Pellegrini¹, Rodrigo Lopes Ferreira¹, Marconi Souza Silva¹. ¹Centro de Estudos em Biologia Subterrânea (CEBS), Departamento de Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Lavras, Instituto de Ciências Naturais, Campus Universitário, CEP 37200-900, Lavras, Minas Gerais, Brasil ² Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ecologia e Conservação, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Campus Universitário, CEP 37200-900, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Autor para correspondência: Marconi Souza-Silva (marconisilva@dbi.ufla.br)

Resumo. Indivíduos dentro de uma população podem apresentar distintos padrões de distribuição em respostas a estímulos endógenos e exógenos. Padrões de agregação ocorrem como consequência de indivíduos atraírem co-específicos ou serem atraídos para locais com disponibilidade de recursos e condições distintas. Diante disso, buscamos avaliar o padrão de distribuição espacial e temporal em micro e mesoescala de indivíduos da espécie *Oecobius navus* em relação às características físicas, tróficas e microclimáticas em uma caverna calcária. O estudo foi realizado durante quatro eventos amostrais, tomando-se 25 quadrantes de 1m² como unidades amostrais, onde foram contabilizadas a abundância de *O. navus*, suas presas potenciais e aferidas as variáveis abióticas. O padrão de distribuição aleatório foi predominante nas unidades em microescala (quadrante), enquanto o agregado em mesoescala (caverna). A abundância da aranha mostrou-se associada aos maiores valores de intensidade de vento e luminosidade, os quais divergiram das presas potenciais, que estão mais relacionadas a sazonalidade e umidade. Sendo assim, em microescala o padrão aleatório de distribuição espacial provavelmente está mais relacionado a homogeneidade do habitat e comportamento agonístico, enquanto em mesoescala os agrupamentos indicam seleção de microhabitats específicos (luminosidade e vento). Entretanto, distintos filtros ambientais (condições afóticas e estabilidade microclimática) não possibilita uma distribuição coincidente entre predador-presa.

Keywords: Cavernas; Aranha; Aleatório; Agregado; Abundância; Características ambientais; Presas; Homogeneidade; Escalas espaciais.

INTRODUÇÃO

A distribuição dos indivíduos dentro de uma população pode exibir diferentes modos de ocupação do espaço, em função de limitações relacionadas a barreiras físicas, ambientais, disponibilidade de recursos e interações intra e interespecíficas, resultando em distanciamentos regulares, aleatórios ou agregados (Gonzaga et al. 2007; Nakazawa 2013; Amundrud e Srivastava 2020; Vargas-Fonseca et al. 2021). O padrão regular geralmente está relacionado a altas taxas de competição entre os indivíduos ou de antagonismo positivo, mantendo assim espaçamento mínimo e uniforme (Ludwig & Reynolds 1988; Odum & Barrett 2007). Enquanto a distribuição aleatória das espécies está associada a ambientes homogêneos, resultando em um comportamento de espacialização não seletivo (Ludwig & Reynolds 1988; Odum & Barrett 2007). Já o padrão agregado, o mais comum de ser encontrado na natureza, ocorre principalmente em ambientes onde as condições e recursos acontecem em manchas, possuindo relação com o comportamento gregário ou social de formar grupos para usufruir de recursos, que podem estar agrupados (Ludwig & Reynolds 1988; Ricklefs 2010).

Neste sentido, ambientes subterrâneos podem se caracterizar como bons modelos para estudos relacionados a padrões de distribuição das populações e espécies (Culver & Pipan 2009; Pipan & Culver 2013; Mammola 2018; Mammola & Leroy 2018), uma vez que apresentam gradientes nas condições e recursos que funcionam como filtros na distribuição das espécies. Apesar do ambiente hipógeo ser mais estável climaticamente que o epígeo, ainda assim diferentes períodos do ano podem ocasionar mudanças microclimáticas nas cavernas e, conseqüentemente, alterar as características dos microhabitats e a distribuição dos organismos que nela habitam, principalmente em locais próximos das entradas (Camp et al. 2014; Lunghi et al. 2015, 2017). A estacionalidade climática pode ser determinante na distribuição espacial das espécies, pois as diferenças dos regimes de seca e chuva influenciam a temperatura e a disponibilidade de água (Kearney et al. 2013). Com isso, variáveis microclimáticas são de extrema importância para a seleção de um habitat favorável, por exemplo, para forrageamento e reprodução (Araújo et al. 2010; Hjernquist et al. 2012, Souza-Silva et al. 2021).

Independentemente da estacionalidade climática, as cavernas apresentam um gradiente de condições e recursos que determina uma zonação desde a entrada locais mais profundos, e consequentemente, influenciam nos padrões de distribuição da fauna (Ficetola et al. 2012; Lunghi et al. 2014; Manenti et al. 2015). Tal zonação delimita populações de invertebrados terrestres denominadas de para-epígeas, recursos-espaco-dependentes e recursos-espaco-independentes (Ferreira & Martins 2001). Populações para-epígeas são aquelas que ocorrem próximas a entradas das cavernas, sendo compostas por organismos epígeos e hipógeos com mobilidade baixa ou moderada (Ferreira & Martins 2001; Prous et al. 2004). As populações recurso-espaco-dependentes são aquelas formadas por organismos geralmente pequenos (menores que 5 mm) com baixa mobilidade, com populações preferencialmente observadas dentro dos limites das pilhas de recursos orgânicos (por exemplo, guano). As populações recurso-espaco-independentes são aquelas nas quais os organismos não estão espacialmente restritos às condições ou recursos orgânicos. Além disto, Mammola & Isaia (2017) mostram que espécies de aranhas pouco especializadas ao ambiente subterrâneo têm a distribuição associada a microhabitats externos ou de entrada de cavernas, espécies medianamente especializadas vivem em microhabitats de cavernas rasas e espécies altamente especializadas usam microhabitats em zonas profundas das cavernas.

Aranhas são muito comuns em ecossistemas cavernícolas, representando, como importante relação ecológica, os predadores de topo de cadeia (Deharveng & Bedos 2019). Ao considerar o comportamento social das aranhas, há um predomínio das espécies optarem pelo estilo de vida solitário, sem a formação de agregações (Lubin & Bilde 2007). Estudos relataram que espécies de aranhas que vivem em um habitat onde a disponibilidade de presas é menor ou igual à sua demanda energética tendem a forragear de forma solitária, o que pode resultar em um padrão de distribuição aleatório e, consequentemente, em uma possível obtenção de maior taxa de ingestão de presas (Uetz 1988, 1989; Turnbull 1964). Já em um habitat que possui uma boa disponibilidade de presas, as aranhas tendem a se agregar para forragear, para assim reduzir a probabilidade de fome e a variação na captura de presas (Uetz 1988, 1989; Rypstra 1989). Forragear em grupo pode diminuir o tempo de ingestão, mas em contrapartida há maior competição pelo recurso. Enquanto forragear solitariamente pode ocasionar no encontro de manchas de presas, e assim satisfazer o mínimo do equilíbrio energético necessário para sobrevivência, por outro lado, também pode resultar em não encontrar nenhum recurso alimentar (Ranta et al. 1993). Além disso, ao se tratar de agregações, quanto maior a complexidade do substrato e microclima favorável, maior a

tendência de as aranhas demonstrarem padrão de distribuição agregado (Langellotto & Denno, 2004; Podgaiski & Rodrigues 2017).

Em ambientes epígeos, estudos apontam que as aranhas apresentam distribuição espacial influenciada pela sazonalidade e disponibilidade de recursos (Romero & Vasconcellos-Neto 2004; Campuzano et al. 2020; Viera & Gonzaga 2017). No entanto, ao considerar ambientes subterrâneos ainda são poucos, mas crescentes, os estudos que avaliaram essas influências (Doran et al. 2001; Mammola & Isaia 2014, 2016; Manenti et al. 2015; Mammola et al. 2016; Yancey 2018; Hesselberg et al. 2019). Para as aranhas com ocorrência em cavernas, a disponibilidade de presas e características abióticas são importantes fatores que determinam sua distribuição (Manenti et al. 2015; Chiavazzo et al. 2015).

Além disso, as escalas espaciais podem ser importantes para o entendimento do padrão de distribuição espacial a nível de paisagem, sendo que este padrão pode variar em decorrência das diferentes escalas analisadas (macro ou microescala) de um mesmo local, o que resulta em diferentes padrões espaciais de distribuições de uma espécie (Tsafack et al. 2021). Ao considerar diferentes escalas relacionadas aos padrões espaciais e temporais de populações de aranhas subterrâneas, deve-se considerar que poucos autores trabalharam com esta temática, sendo a maioria em macroescala (Cardoso 2012; Huber 2018; Mammola & Leroy 2018; Mammola et al. 2018, 2019). Essa escassez de estudos se torna ainda maior na região neotropical (Ferreira & Martins 1998; Ferreira et al. 2005; Resende & Bichuette 2016).

Sendo assim, este estudo teve como objetivo avaliar o padrão de distribuição espacial de *Oecobius navus* Blackwall, 1859, em escalas distintas (micro e mesoescala), considerando características, físicas, tróficas e microclimáticas. Para tal estudo elaboramos três perguntas: I) O padrão de distribuição espacial dos indivíduos de *O. navus* varia em micro e mesoescala? II) Quais são as características ambientais relacionadas a distribuição espacial de *O. navus* em diferentes escalas? III) A distribuição dos indivíduos de *O. navus* é influenciada pelos mesmos parâmetros ambientais que determinam a distribuição de presas dentro de uma caverna calcária? Sendo assim, testamos as hipóteses: i) Dado o caráter mais homogêneo do ambiente cavernícola, em relação aos habitats de superfície, o padrão de distribuição espacial da *Oecobius navus* será predominantemente aleatório na escala mais refinada (microescala); ii) Algumas características ambientais serão determinantes para a formação do padrão de distribuição espacial em diferentes escalas; iii) A distribuição espacial de *O. navus* não será coincidente com a distribuição de presas potenciais devido as divergências de requisitos ambientais.

MÉTODOS

Área de estudo

Para avaliar o padrão de distribuição espacial e temporal de *Oecobius navus* juntamente com as características físicas, tróficas e microclimáticas, conduzimos o estudo nos anos de 2019 a 2020 em uma caverna calcária no Cerrado brasileiro, localizada no município de Pains, Estado de Minas Gerais, Brasil (Fig.1A). Conforme as categorias climáticas de Köppen (1931), a região de Pains é classificada como Cwa, clima subtropical de inverno seco, com verão quente, úmido e chuvoso. Os dados apresentados a seguir foram utilizados das normais climatológicas das estações de monitoramento climático do município de Formiga, para o período, outubro de 2019 a outubro de 2020, sendo esta a estação mais próxima do município de Pains (INMET 2021). O regime pluviométrico da região é caracterizado por um período chuvoso de outubro a março, sendo novembro, janeiro e fevereiro os meses com maior índice (variando entre 393,6 a 171,2 mm). Enquanto o período seco ocorre de abril a setembro, sendo junho, agosto e setembro os meses mais secos, com valores variando entre 2,6 a 14,6 mm de chuva. A temperatura média anual é de 23°C, sendo os meses de junho e julho os mais frios, com média de 18 °C, e outubro o mais quente, com média de 24 °C. Em relação à umidade relativa média, os maiores valores são registrados nos meses de janeiro e fevereiro (79 a 83 % UR) e os menores valores estão presentes nos meses de agosto e setembro (47 a 57 % UR) (INMET 2021).

A caverna, a qual é denominada Duca (-20.3503S, -45.6942W), possui pequena extensão linear (56 m) e está inserida na área cárstica da Província Espeleológica Carbonática de Arcos – Pains – Doresópolis (PECAPD) (Pizarro et al. 2001), no grupo carbonático Bambuí. Ela está a 713 metros de altitude e é localizada na zona rural, a 4,7 km da sede do município. A figura 1B ilustra a área do entorno da cavidade, na qual é possível observar a proximidade com as casas. A cavidade é formada por rochas carbonáticas, com grandes blocos colapsados em seu interior, no qual se dá o acesso por três entradas. A entrada a Noroeste apresenta 17,5m de largura e 6,36m de altura, e a entrada a Sudeste tem 14,5m de largura e 7,12m de altura. A terceira entrada é localizada na diagonal do conduto principal, o qual é formado pelas duas grandes entradas (Fig. 1C, 2A). Duca é uma caverna que possui áreas mais elevadas e íngremes ao leste, enquanto as áreas mais planas são localizadas no centro e à esquerda da cavidade. Atualmente, a caverna está inserida em uma propriedade particular, onde há criação de gado e este a frequenta, eventualmente, como abrigo. Além disso, a cavidade está muito próxima a moradia do proprietário, aproximadamente a 160m.

Espécie estudada

Oecobius navus é nativa do continente africano (Shear & Benoit 1974) e pertence à família Oecobiidae. Atualmente ocorre em quase todas as regiões subtropicais e tropicais do mundo, sendo elas, América do Sul, América do Norte, Austrália, Europa e Ásia (Nedvěd et al. 2011; World Spider Catalog 2021). Frequentemente é associada a áreas urbanas, como as paredes dos edifícios (Jocqué & Dippenaar-Schoeman 2007; Voss et al. 2007). No Brasil, foi registrada nos Estados da Paraíba, Distrito Federal, Goiás, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais; e na região Sul do país (Santos & Gonzaga 2003; Buckup et al. 2010; Prous et al. 2015). Esta espécie é pequena (2-2,5 mm) e comumente sedentária (Santos & Gonzaga 2003), sendo classificada como tecelã de teia-folha, a qual é plana com aberturas laterais, servindo de abrigo à aranha (Jocqué & Dippenaar-Schoeman 2007; Voss et al. 2007; Fritzén 2013). A teia é fixa ao substrato e não é utilizada para capturar presas, sua moradia possui extensões de seda, as quais permitem a detecção da presa, que ao tocar o fio relatam a *O. navus* de sua presença, fazendo com que ela deixe rapidamente seu abrigo e imobilize a presa com mais seda (Jocqué & Dippenaar-Schoeman 2007; Fritzén 2013; Líznavá et al. 2013). Há relatos de que essa espécie se alimenta principalmente de formigas (Glatz 1967; Voss et al. 2007), mas também pode se alimentar de outros organismos desde que a presa seja localmente abundante (Ferreira & Martins 1999; Líznavá et al. 2013). Em relação ao seu comportamento social, ela é classificada como territorialista com comportamento gregário facultativo (Glatz 1967).

Desenho amostral

Para avaliar as características ambientais bem como o padrão de distribuição espacial e temporal de *O. navus*, as amostragens de dados abióticos e bióticos foram realizadas em 25 quadrantes nos meses de novembro de 2019, janeiro, agosto e setembro de 2020, completando assim quatro amostragens no total, sendo a 1ª e a 2ª no período chuvoso e a 3ª e 4ª na seca. Os quadrantes (1x1m) foram utilizados como unidade amostral fixa (Fig. 2C). O quadrante de número 01 foi posicionado a 6,20 metros da entrada Sudeste (SE), e a partir dele foi estabelecida uma distância de 5m para instalação do quadrante subsequente, e assim sucessivamente. Os quadrantes foram distribuídos em 25 locais da caverna (paredes e piso da cavidade) com diferentes inclinações, heterogeneidade e distâncias das entradas. O croqui esquemático da caverna mostra que a distribuição dos 25 quadrantes acessou os principais condutos da caverna (Fig. 1C). Durante os quatro eventos, as amostragens foram realizadas ao

longo de um único dia, e se iniciavam sempre no mesmo horário, seguindo a sequência numérica estabelecida aos quadrantes fixos.

Amostragens de dados abióticos

Para avaliar as características ambientais associadas ao padrão de distribuição espacial e temporal da *O. navus*, medimos as distâncias das unidades amostrais em relação a entrada mais próxima, a altura do chão, heterogeneidade estrutural, inclinação, luminosidade, temperatura, umidade, velocidade do vento e disponibilidade de presas.

A distância da entrada e a altura do chão foram medidas para cada quadrante com o auxílio de uma trena. Para a distância da entrada consideramos a entrada mais próxima da unidade amostral. Para registrar a heterogeneidade estrutural (complexidade espacial), medimos as duas diagonais do quadrante com fita métrica e posteriormente fizemos à média, inferindo que quanto maior o valor contabilizado, maior a complexidade espacial (Camp & Jensen 2007; Lunghi et al. 2014). Também medimos o nível de inclinação da parede com a ajuda de um aplicativo para celular (Nível de Laser e Inclinômetro - EXA Tools Versão 1.4.03). A intensidade de luz (lux) foi medida usando o luxímetro digital (Incoterm Plux 1000), com o qual foram feitas sempre duas medidas apontando o aparelho para as duas grandes entradas (NW e SE). Enquanto a temperatura (°C) e a umidade do ar (UR) foram registradas com o auxílio do termo-higrômetro portátil com sonda (Akso- AK625). Por fim, medimos a velocidade do vento (m/s) com o anemômetro (BENETECH GM8903). As variáveis, luminosidade, temperatura, umidade e vento, foram medidas de duas a quatro vezes durante cada evento de amostragem, sendo priorizados o mesmo horário e sentido numérico. Os equipamentos sempre eram colocados o mais próximo possível das unidades amostrais, onde eram feitas a leituras dos resultados, anotados e assim prosseguia-se para o próximo quadrante, sucessivamente. O tempo médio de permanência nos quadrantes para realizar as leituras foi de quatro minutos.

Contabilizando *Oecobius navus* e suas presas potenciais

Para avaliar a distribuição e abundância de *O. navus* e suas presas potenciais, fizemos a contagem dos indivíduos e anotamos a sua localização nas quadrículas de 10x10cm. As procuras visuais se iniciavam sempre no mesmo horário e seguindo a sequência numérica dos quadrantes. O registro do gênero da aranha foi feito visualmente em campo e através das coletas, posteriormente foi identificada a espécie por um especialista. A amostragem terminava quando todas as quadrículas eram vistoriadas. Sempre nos atentamos a coletar

apenas poucos indivíduos de aranhas e presas potenciais que considerávamos ser da mesma espécie, para que não houvesse distúrbios populacionais na caverna e alterações na disponibilidade de presa. O restante dos indivíduos não coletados apenas foram contabilizados. As presas potenciais foram estabelecidas em decorrência de seus tamanhos corporais e de observações em campo.

Observações de interações inter e intraespecífica

Observamos e anotamos algumas interações interespecífica e intraespecífica de *O. navus*, como predação de Tineidae e eventos agonísticos, tais como um indivíduo expulsar o outro da sua teia e canibalismo.

Separação, identificação e armazenamento dos espécimes de presas e de aranhas coletados

Os indivíduos de presas coletados foram armazenados em eppendorfs contendo álcool 70% e devidamente identificados. Posteriormente, todos os espécimes foram triados e identificados no Centro de Estudo em Biologia Subterrânea (CEBS) na Universidade Federal de Lavras (UFLA), com o auxílio de um estereomicroscópio (ZEISS Stemi DV4). A identificação foi feita ao menor nível taxonômico possível, com ajuda de chaves de identificação e separados em morfótipos (Oliver e Beattie 1996).

Os espécimes da aranha foram identificados com o auxílio do especialista, professor do Departamento de Zoologia da Universidade Federal de Minas Gerais, Dr. Adalberto José dos Santos. Possibilitando a identificação no nível de espécie da *O. navus* (Fig. 2B). Todos os invertebrados coletados foram armazenados na Coleção de Invertebrados Subterrâneos de Lavras (ISLA), vinculada ao CEBS/UFLA.

Análise de dados

Para as medidas de intensidade de luz e vento foram considerados os maiores valores obtidos por quadrante, enquanto para a temperatura e umidade foram calculadas as médias por quadrante.

Para determinar o padrão de distribuição espacial da *O. navus* em microescala (dentro dos quadrantes) e mesoescala (toda a caverna), utilizamos o Índice de Morisita (IM) (Morisita 1959, 1962), que foi calculado através da função DISPINDMORISITA do pacote VEGAN, no programa R (R Development Core Team 2020). Foram determinados o M_{clu} e M_{uni} , que são os limites superior e inferior do Índice de Morisita para uma distribuição aleatória e o

Imst (Índice de Morisita Padronizado) (Hairston et al. 1971, Krebs 1999). Sendo assim, se o valor de imor for maior que o de mclu a espécie tem uma distribuição espacial agregada, se o valor de imor for menor que muni, o padrão de distribuição espacial é regular. Enquanto se Imst variar entre -0,5 e 0,5, a distribuição é aleatória; se for menor que -0,5, a distribuição é regular e se for maior que 0,5, a distribuição é agregada (Krebs 1999). O Índice de Morisita é o método mais indicado para verificar o padrão de distribuição espacial de uma espécie, pois utiliza as unidades amostrais, sendo pouco influenciado pelo tamanho da unidade e independente da densidade populacional e, portanto, detecta o grau de distribuição espacial da espécie com excelente qualidade (Horne & Schneider 1995; Nascimento et al. 2001; Southwood e Henderson 2000).

Posteriormente, para melhor visualização do padrão de distribuição em microescala, produzimos mapas interpolados sobre o croqui esquemático da caverna por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) usando o método Inverso da Potência das Distâncias (Gomes et al. 2021). Sendo assim, foi possível a produção dos mapas que auxiliaram na visualização de diferentes zonas climáticas, e das distribuições e abundâncias de possíveis presas potenciais ao longo da caverna. Além disso, editamos os mapas para incluir o padrão de distribuição de *O. navus* por unidade amostral. A partir da leitura desses mapas, foram definidos ambientes distintos espacialmente e temporalmente, considerando também a estrutura da caverna e a distribuição das entradas.

Para visualizar a existência de padrão no tipo de distribuição espacial (agregado, aleatório ou sem padrão), de acordo com a similaridade de abundância de *O. navus* entre os quadrantes ao longo dos eventos amostrais, utilizamos o Índice de Bray-Curtis que considera presença e abundância. Um escalonamento multidimensional não métrico (n-MDS) foi usado para visualizar o grau de variação da abundância entre os quadrantes no espaço e no tempo (Clarke et al. 2014). Essas análises foram realizadas no programa PRIMER v7 (Plymouth Routine).

Para avaliar as diferenças temporais, entre o período de seca e chuva, as abundâncias da *O. navus*, e das variáveis luminosidade, temperatura, intensidade de vento, umidade e abundância de presas foi realizado o teste de média de Kruskal-Wallis (Hollander & Wolfe 1973). Também se obteve a abundância média, o desvio padrão e a abundância total por quadrante dos espécimes de *O. navus* em todos os eventos de amostragem.

A fim de determinar se existe associação entre os padrões espaciais (agregado, aleatório ou sem padrão) com as características físicas, tróficas e microclimáticas em microescala, utilizamos a Análise de Componentes Principais (PCA). Para tanto, primeiramente, a variação

de cada parâmetro foi verificada por meio de gráficos de boxplot por meio da função gráfica “BOXPLOT”. Em seguida, os dados climáticos, estruturais e de presas potenciais foram padronizados por meio da função “ESCALA”. Esses dados padronizados foram utilizados na PCA com a função “PRCOMP”, pacote “STATS” (R Core Team 2020). A seleção de eixos para a interpretação foi realizada com o método Broken-Stick, usando a função “BSTICK”, pacote “VEGAN” (Oksanen et al. 2016). Construímos um gráfico com os resultados do PCA e todas essas análises foram realizadas no R software (R Core Team 2020).

Em seguida, para testarmos a relação entre a abundância de *O. navus* e as características físicas, tróficas e microclimáticas de cada um dos quadrantes, primeiramente testamos a correlação entre as variáveis preditoras, presa, altura do chão, heterogeneidade, inclinação, distância da entrada, intensidade de luz, temperatura, intensidade de vento e umidade, por meio da correlação de Spearman (Spearman 1904). Todas as variáveis testadas apresentaram correlação menor do que 40%, portanto todas foram consideradas na construção dos modelos (Material Suplementar I). Em seguida, realizamos modelos lineares generalizados mistos (GLMM) utilizando a função *GLMER* do pacote *LME4*. Consideramos a abundância de *O. navus* como a variável resposta, enquanto, presa, altura do chão, heterogeneidade, inclinação, distância da entrada, intensidade de luz, temperatura, intensidade de vento e umidade foram as variáveis explicativas nos modelos. Utilizamos ainda a sequência dos eventos amostrais (1°, 2°, 3° e 4°) como variável aleatória na construção dos modelos. Analisamos aplicando o método *step-wise* utilizando *backward elimination* (Burnham e Anderson, 2002). Utilizamos a família *Binomial negativa* para os não-paramétricos e conferimos a viabilidade de todos os modelos, comparando-os com os modelos nulos. Para obter o ajuste do modelo explicativo de abundância de *O. navus*, calculamos o valor de R² por meio da função “rsq” e pacote “rsq”. Essas análises foram realizadas no R software (R Core Team 2020).

Finalmente, para analisar se as características físicas e microclimáticas que determinam a distribuição de presas na caverna são as mesmas que determinam a distribuição da *O. navus*, as análises foram feitas com a abundância geral. Repetimos as análises descritas acima, ou seja, realizamos modelos lineares generalizados mistos (GLMM) com binomial negativa para as mesmas variáveis explicativas, considerando agora a abundância de presas potenciais como variável resposta. Mais uma vez obtivemos o valor de R² para inferir sobre o ajuste do modelo explicativo de abundância de presas potenciais. As análises foram realizadas no R software (R Core Team 2020).

RESULTADOS

Padrão de distribuição espacial e temporal em micro e mesoescala

A distribuição espacial da *O. navus* em microescala foi predominantemente aleatório, porém seguido do padrão agregado e sem padrão (Tabela 1). De um modo geral, a primeira amostragem apresentou 14 quadrantes (56%) com indivíduos com padrão de distribuição aleatório, três com agregado (12%) e oito sem padrão definido de distribuição (32%). A segunda amostragem resultou em 11 unidades amostrais com padrão aleatório de distribuição dos indivíduos (44%), um com padrão agregado (4%) e 13 sem padrão (52%), enquanto na terceira amostragem foram 12 quadrantes com padrão aleatório (48%), ausência de agregação e 13 sem padrão (52%). Na quarta amostragem, obtivemos 14 unidades amostrais com padrão aleatório (56%), uma agregação (4%) e 10 sem padrão (40%) (Fig. 3). As unidades amostrais que não apresentaram padrão de distribuição, foram classificadas como “sem padrão”, e isso foi devido à ausência ou a contagem de apenas um indivíduo de *O. navus*. Enquanto o padrão de distribuição espacial em mesoescala (caverna), foi predominantemente agregado para o 1º, 3º e 4º eventos amostrais, sendo somente no 2º evento classificado como padrão aleatório na distribuição dos indivíduos (Tabela 2).

Ao analisarmos em microescala, no período de chuva, a primeira amostragem demonstrou padrão de agregação nos quadrantes 8, 12 e 26, os quais são mais próximos à entrada a noroeste. O padrão de distribuição aleatório foi distribuído perto da entrada a sudeste na parede esquerda (1 e 2) e ao corredor central da caverna (22, 23, 24 e 25), na região a direita (14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20), e na entrada noroeste a direita (13). Essas unidades apresentam distinções de valores das variáveis ambientais e abundância de espécies. As unidades sem padrão foram, três, quatro, cinco, seis, sete, nove, 10 e 11, localizadas a parede esquerda da caverna (Fig. 4A, B, C, D – 1ª Amostragem).

Para a segunda amostragem, apenas o quadrante 18 apresentou padrão de distribuição agregado. Enquanto o padrão aleatório foi definido na entrada a sudeste (1), na parede a esquerda (6), na entrada noroeste a direita (13), ao corredor central da caverna (22, 23, 24, 25, 26), e na região a direita (14, 15 e 16). As unidades 24 e 26 foram as que obtiveram maiores valores de abundância de presas potenciais. As unidades sem padrão foram, dois, três, quatro, cinco, sete, oito, nove, 10, 11, 12, 17, 19 e 20, localizadas na parede esquerda e na direita da cavidade, mais próximo a sudeste. (Fig. 4A, B, C, D – 2ª Amostragem).

Durante o período de seca, na terceira amostragem, obtivemos somente padrão aleatório, sendo as unidades 23 e 18 as que obtiveram maiores valores de abundância de

presas potenciais (Fig. 4A, B, C, D – 3ª Amostragem). As unidades sem padrão foram, dois, três, quatro, cinco, seis, sete, nove, 10, 11, 12, 16, 19 e 20, localizadas na parede esquerda e na direita da cavidade, ao sudeste.

Para a quarta amostragem, houve agregação na unidade amostral 20. Enquanto o padrão aleatório foi distribuído na entrada a sudeste (1) na entrada noroeste a direita (12 e 13), ao corredor central da caverna (22, 23, 24, 25 e 26), e na região a direita (14, 15, 16, 17, 18 e 19). As unidades 16 e 23 foram as que obtiveram maiores valores de abundância de presas potenciais (Fig. 4A, B, C, D – 4ª Amostragem). As unidades sem padrão foram, dois, três, quatro, cinco, seis, sete, oito, nove, 10, 11, localizadas na totalidade da parede esquerda.

De um modo geral, em alguns quadrantes o padrão variou temporalmente. No caso dos quadrantes dois, seis, 17 e 19 o padrão alternou entre o aleatório para sem padrão ao longo das amostragens. Enquanto o oito, 12 e 20 oscilaram entre o aleatório, agregado e sem padrão. Os quadrantes 26 e 18 alternaram entre o padrão aleatório e o agregado.

A figura 5 mostra a similaridade geral na distribuição da abundância de *O. navus*, com destaque para o quadrante um, que apresentou os maiores valores entre todas as unidades amostrais e todos os eventos de amostragem. Também é possível visualizar que neste quadrante o padrão de distribuição espacial não variou temporalmente, se mantendo sempre como aleatório.

O teste de médias apresentou resultado temporal significativo para as variáveis, luminosidade (KW-H (1;100) = 5,789; $p = 0,016$), intensidade do vento (KW-H (1;100) = 16,661; $p = 0,00004$), umidade (KW-H (1;100) = 74,264; $p = 2,20e-16$) e abundância de presas potenciais (KW-H (1;100) = 12,744; $p = 0,0003$) indicando assim que os valores desses parâmetros apresentam diferenças entre os períodos de seca e chuva. No entanto, não foram observadas diferenças significativas na abundância temporal de *O. navus*. A Tabela 3 apresenta os valores médios de abundância da *O. navus*, distribuídos entre os 25 quadrantes ao longo dos quatro períodos de amostragem. Sendo a 1ª amostragem do período de chuva com a maior abundância média ($\bar{x} = 6,28$; DP: 9,10), seguida da 4ª amostragem do período de seca ($\bar{x} = 5,44$; DP: 9,06). O menor valor de abundância ocorreu na 2ª amostragem do período chuvoso ($\bar{x} = 3,2$; DP: 3,56), seguido da 3ª amostragem do período de seca ($\bar{x} = 4,04$; DP: 11,61).

A figura 6 mostra a abundância total por quadrante e por período de amostragem. Os quadrantes que apresentaram os maiores valores de abundância total foram o número um e o 23, que estavam próximos a entrada Sudeste, enquanto os menores foram o três, sete, nove e o dez, que estavam localizados na parede a esquerda da caverna. A unidade amostral 11 foi a

única, na qual a espécie foi ausente em todos os eventos de amostragem. De um modo geral, a primeira amostragem do período de chuva, foi a que obteve o maior valor de abundância total, enquanto a menor foi na segunda, também no período de chuva.

A partir da ordenação dos dados das características físicas, tróficas e microclimáticas pelo PCA (Fig. 7), evidenciou que a umidade é o parâmetro que melhor explica a variação dos dados no eixo 1 (PC1), enquanto a luminosidade é o que melhor explica a variação dos dados no eixo 2 (PC2). No entanto, nenhum dos eixos formados pelo PCA foi capaz de explicar significativamente os padrões de distribuição espacial da *O. navus* ($F_{\text{anova}}=1,62$; $p=0,209$).

Relações entre a abundância da *O. navus*, características físicas, microclimáticas e as presas potenciais

A partir dos modelos gerados para explicar as abundâncias de *O. navus* encontradas nos quadrantes ao longo da caverna, apenas a intensidade de luz ($z=3,257$; $p=0,001$) e a intensidade de vento ($z=2,052$, $p=0,040$), foram as variáveis explicativas que apresentaram valores significativos ($p < 0,05$; $R^2=7,64$) (Fig. 8).

Em relação às presas potenciais, consideramos os seguintes táxons: Emesinae (Hemiptera), Psyllipsocidae, Lepidopsocidae e Psocidae (Psocoptera), Formicidae e Dryinidae (Hymenoptera), Psychodidae, Lauxaniidae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae, Sepsidae, Tipulidae (Diptera), Erebidae e Tineidae (Lepidoptera) Rhagidiidae e Anystidae (Acari - Trombidiformes). Sendo Psocoptera e Díptera, os táxons mais abundantes (Fig. 9). A partir dos modelos gerados, as variáveis que melhor explicaram as abundâncias de presas foram a sazonalidade ($z=3,180$, $p=0,001$) e a umidade ($z=-2,794$, $p=0,005$) com valor de $R^2=0,03$ (Fig. 10).

DISCUSSÃO

O padrão de distribuição espacial dos indivíduos de *Oecobius navus* em microescala, durante os quatro períodos de amostragem, mostrou-se predominantemente aleatório, com poucos locais com agregações. No entanto, a análise de PCA mostrou que os padrões de distribuição espacial observados não mostraram associação com as características físicas, tróficas e microclimáticas. Portanto, essa predominância de locais com padrão aleatório de distribuição, provavelmente se deve ao fato que os locais ocupados por *O. navus* (mais iluminados) são mais homogêneos nas suas condições e recursos.

Nas cavernas, a oligotrofia e as condições de temperatura e umidade fazem destes ambientes locais altamente estáveis e menos heterogêneos que habitats de superfície. Autores tais como Ludwig e Reynolds (1988) e Odum e Barrett (2007) afirmam que, em ambientes mais homogêneos, há a possibilidade de uma espécie se distribuir aleatoriamente. Isso se deve à não seletividade pela espécie, corroborando nossos resultados. *O. navus*, dentro das unidades amostrais (microescala), não apresentou comportamento seletivo de micro-habitat, dado a estabilidade ambiental e homogeneidade das unidades amostrais, por isso possivelmente há predominância do padrão aleatório. Além disso, a distribuição aleatória pode estar relacionada a ambientes que são pobres em presas (Turnbull 1964; Uetz et al. 1982; Uetz 1988). Algo que é reforçado em nosso estudo, já que a abundância de presas potenciais foi baixa, com uma notável redução da abundância nos períodos de seca. Outra explicação para a distribuição aleatória em microescala é o comportamento social da *O. navus*. Por ser uma espécie territorialista (Glatz 1967; Gonzaga et al. 2007), provavelmente esse comportamento seja um dos fatores que pode estar influenciando o padrão de distribuição espacial aleatório.

Não foi encontrada nenhuma relação entre o padrão agregado em microescala e a abundância de presas, o que contraria os estudos que afirmam que a abundância de presas é o principal fator para a formação de agregações (Uetz et al. 1982; Rypstra 1985; Gillespie 1987). Esse assunto ainda apresenta controvérsias na literatura, visto que autores como McNett & Rypstra (2000) afirmam que poucas aranhas são associadas espacialmente com locais com grande abundância de presas, já que a distribuição das presas varia sazonalmente e espacialmente (Conrad et al. 2006; DiGirolamo e Fox 2006).

Variações em fatores bióticos e abióticos são determinantes para o estabelecimento de aranhas em um micro-habitat (Bradley 1993; McNett e Rypstra 2000; Scharf e Ovadia 2006; Voss et al. 2007). Em nosso estudo, os resultados indicaram que somente alguns dos fatores ambientais analisados influenciam a abundância da *O. navus* ao longo da caverna, a qual deve priorizar microhabitats que sejam favoráveis à sua sobrevivência (Scharf e Ovadia 2006). Sendo assim, o padrão agregado de distribuição espacial em mesoescala deve-se provavelmente a ocorrência de *O. navus* em microhabitats específicos com maior incidência de luz e vento, os quais devem proporcionar condições ambientais adequadas para a manutenção e assim maior abundância da espécie nessas áreas.

A preferência por locais mais iluminados neste trabalho, resulta no estabelecimento da espécie próximo às entradas das cavernas. Entradas de cavernas são instáveis, entretanto *O. navus* pode atenuar os efeitos destas variações abrigando sobre suas teias. Sendo assim, é

provável que ela consiga habitar locais com maior incidência de luz, pois sua teia possivelmente confere maior proteção contra a incidência de luz solar. Enquanto a incidência de vento, os autores Voss et al. (2007) sugerem que teias em lençol são mais fortes para suportar o vento, sofrendo pouco dano. Sendo assim, é possível para essa espécie habitar locais com maior incidência de vento. Diferentemente das teias orbiculares que possuem arquitetura mais ampla e fios mais expostos ao vento, as teias em lençol estão mais aderidas ao substrato, e conseqüentemente podem sofrer menor influência de injúrias ocasionadas pelo vento. Assim, é plausível assumir que em função do modo de fixação e robustez, as teias das aranhas da família Oecobiidae são mais resistentes ao vento. Além disto, a distribuição preferencial por locais com alta luminosidade e incidência de vento, pode vir a reduzir eventos de competição com outras espécies, para as quais esses fatores podem estabelecer um limite de distribuição.

Apesar de ser comum encontrar estudos mostrando que a distribuição de aranhas está relacionada à distribuição de presas (Ficetola et al. 2012; Mammola e Isaia 2014; Manenti et al. 2015), nossos resultados contrariam essa associação. Contudo, autores tais como Voss et al. (2007) enfatizam que a distribuição de *O. navus* pode sofrer uma maior influência de fatores abióticos.

Contrariamente, a não coincidência da resposta na abundância de *O. navus* e suas presas em relação às variáveis ambientais reforça a não influência de disponibilidade de recursos alimentares na distribuição desta espécie de aranha. Para as presas potenciais, variáveis explicativas foram a umidade e a sazonalidade, as quais estão diretamente relacionadas. A alta umidade e precipitação são frequentemente fatores importantes na distribuição e abundância de insetos (Floater 1997). Portanto, para *O. navus*, a disponibilidade de presas pode ser estocástica, não sendo vantajoso escolher um local levando apenas esse fator em consideração, pois teria que reposicionar sua teia com frequência e o gasto energético para isso pode ser mais alto do que o ganho (Nakata & Ushimaru 2004; Miyashita 2005; Ruch et al. 2011).

CONCLUSÃO

O padrão de distribuição espacial de *Oecobius navus* apresentou diferenças entre as duas escalas avaliadas, sendo predominantemente aleatório em microescala e majoritariamente agregado em mesoescala. O padrão aleatório em microescala (unidade amostral) pode ser devido à maior homogeneidade ambiental que os locais ocupados por *O.*

navus apresentam. Além disso, o padrão aleatório também pode ser resultado de um possível comportamento territorial e devido à baixa abundância de presas. Em mesoescala (caverna toda), a formação de agregações possivelmente foi devida à preferência da espécie por locais com maior intensidade de vento e luz, sendo estes perto da entrada. A não coincidência na distribuição de *O. navus* com a distribuição de presas demonstra que fatores abióticos podem ser mais determinantes na seleção de habitat pela aranha do que a distribuição de recursos alimentares.

REFERÊNCIAS

- Amundrud SL, Srivastava DS (2020) Thermal tolerances and species interactions determine the elevational distributions of insects. *Global Ecology and Biogeography* 29(8): 1315-1327. doi:10.1111/geb.13106
- Araújo CS, Candido DM, de Araújo HF, Dias SC, Vasconcellos A (2010) Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Caatinga vegetation in northeastern Brazil. *Zoologia (Curitiba)* 27: 372-376. doi:10.1590/S1984-46702010000300008
- Buckup EH, Marques MAL, Rodrigues ENL, Ott R (2010) Lista das espécies de aranhas (Arachnida, Araneae) do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia* 100: 483-518. doi:10.1590/S0073-47212010000400021
- Burnham KP, Anderson DR (2002) *Model Selection and Multimodel Inference: A practical Information - Theoretic Approach*. Springer, New York, 488pp. doi:10.1007/b97636
- Bradley RA (1993) The Influence of Prey Availability and Habitat on Activity Patterns and Abundance of *Argiope keyserlingi* (Araneae: Araneidae). *The Journal of Arachnology* 21(2): 91-106.
- Camp CD, Jensen JB (2007) Use of twilight zones of caves by plethodontid salamanders. *Copeia* 2007(3): 594-604. doi:10.1643/0045 8511(2007)2007[594:UOTZOC]2.0.CO;2
- Camp CD, Wooten JA, Jensen JB, Bartek DF (2014) Role of temperature in determining relative abundance in cave twilight zones by two species of lungless salamander (family Plethodontidae). *Canadian Journal of Zoology* 92(2): 119-127. doi:10.1139/cjz-2013-0178
- Campuzano EF, Ibarra-Núñez G, Machkour-M, Rabet S, Morón-Ríos A, Jiménez ML (2020) Diversity and seasonal variation of ground and understory spiders from a tropical mountain cloud forest. *Insect science* 27(4): 826-844. doi:10.1111/1744-7917.12693
- Cardoso P (2012) Diversity and community assembly patterns of epigean vs. Troglobiont spiders in the Iberian Peninsula. *International Journal of Speleology* 41 (1): 83 94. doi:10.5038/1827-806x.41.1.9

Conrad K, Perry J, Woiwod I, Alexander C (2006) Large-scale temporal changes in spatial pattern during declines of abundance and occupancy in a common moth. *Journal of Insect Conservation* 10: 53-64. doi:10.1007/s10841-005-1618-2

Culver DC, Pipan T (2009) *The biology of caves and other subterranean habitats*. Oxford: Ed. OUP, 273 pp.

Chiavazzo E, Isaia M, Mammola S, Lepore E, Ventola L, Asinari P, Pugno NM (2015) Cave spiders choose optimal environmental factors with respect to the generated entropy When laying their cocoon. *Scientific Reports* 5 (1): 7611. doi:10.1038/srep07611

Clarke KR, Gorley RN, Somerfield PJ, Warwick RM (2014) *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Primer-E Ltd.

Deharveng L, Bedos A (2019) Diversity of terrestrial invertebrates in subterranean habitats. *Cave Ecology* 107-172 pp. doi:10.1007/978-3-319-98852-8_7

DiGirolamo L, Fox L (2006) The influence of abiotic factors and temporal variation on local invasion patterns of the Argentine ant (*Linepithema humile*). *Biological Invasions* 8: 125-135. Doi:10.1007/s10530-004-1572-z

Doran NE, Richardson AMM, Swain R (2001) The reproductive behaviour of the Tasmanian cave spider *Hickmania troglodytes* (Araneae: Austrochilidae). *Journal of Zoology* 253 (3): 405-418. doi:10.1017/s0952836901000371

Ferreira RL, Martins RP (1998) Diversity and Distribution of Spiders Associated with Bat Guano Piles in Morrinho Cave (Bahia State, Brazil). *Diversity and Distributions*, 4(5/6): 235–241.

Ferreira RL, Martins RP (1999) Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves, *Tropical Zoology*, 12(2): 231-252. doi: 10.1080/03946975.1999.10539391

Ferreira RL, Martins RP (2001) Cavernas em risco de ‘extinção’. *Ciência Hoje* (29):20–28.

Ferreira RL, Prous X, Machado SF, Martins RP (2005) Population dynamics of *Loxosceles similis* (Moenkhaus, 1898) in a Brazilian dry cave: a new method for evaluation of population size. *Revista Brasileira de Zoociências*, 7(1).

Ficetola GF, Pennati R, Manenti R (2012) Do cave salamanders occur randomly in cavities? An analysis with *Hydromantes strinatii*, *Amphibia-Reptilia*, 33(2): 251-259. doi: 10.1163/156853812X638536

Floater GJ (1997) Rainfall, nitrogen and host plant condition: consequences for the processionary caterpillar, *Ochrogaster lunifer* (Thaumetopoeidae). *Ecological Entomology* 22: 247-255. doi:10.1046/j.1365-2311.1997.00056.x

Fritzén NR (2013) The Synatropic *Oecobius navus* (Araneae: Oecobiidae) Established Indoors in Southern Finland. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 89: 32-34.

Gillespie RG (1987) The role of prey availability in aggregate behaviour of the orb weaving spider *Tetragnatha elongata*. *Anim Behav* 87:675-681. doi:10.1016/S0003-3472(87)80103-3

Gomes M, Santos DJD, Ruchkys ÚDA, Travassos LEP (2021) Microclimatic characterization of tourist caves in Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, Minas Gerais, Brazil. *Sociedade & Natureza* 33(e58420):1-19. doi:10.14393/SN-33-2021-58420

Gonzaga MO, Santos AJ, Japyassú HF (2007) *Ecologia e comportamento de aranhas*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 185-208 pp.

Glatz L (1967) Zur biologie und morphologie von *Oecobius annulipes lucas* (Araneae, Oecobiidae). *Z. Morph. Tiere* 61:185–214. doi:10.1007/BF00400986

Hairston NG, Hill R, Ritte U (1971) The interpretation of aggregation patterns. In: Patil, GP, Pileou EC, Waters WE. eds. *Statistical Ecology 1: Spatial Patterns and Statistical Distributions*. Penn. State Univ. Press, University Park.

Hesselberg T, Simonsen D, Juan C (2019) Do cave orb spiders show unique behavioural adaptations to subterranean life? A review of the evidence. *Behaviour* 156 (10): 969-996. doi:10.1163/1568539x-00003564

- Huber B (2018) Cave-dwelling pholcid spiders (Araneae, Pholcidae): a review. *Subterranean Biology* 26: 1-18. doi:10.3897/subtbiol.26.26430
- Hollander M, Wolfe D (1973) *Non-parametric Statistical Methods*. J. Wiley, New York, 972 pp.
- Horne JK, Schneider DC (1995) Spatial variance in ecology. *Oikos*. 74(1):18–26.
- Hjernquist MB, Söderman F, Jönsson KI, Herczeg G, Laurila A, Merilä J (2012) Seasonality determines patterns of growth and age structure over a geographic gradient in an ectothermic vertebrate. *Oecologia* 170(3): 641-649. doi:10.1007/s00442-012-2338-4
- INMET (2021) Instituto Nacional de Meteorologia. Normal climatológica. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaiClimatologicas>.
- Jocqué R, Dippenaar-Schoeman AS (2007). *Spider Families of the World*. Second Edition, Royal Museum for Central Africa, 336 pp
- Kearney MR, Simpson SJ, Raubenheimer D, Kooijman SA (2013) Balancing heat, water and nutrients under environmental change: a thermodynamic niche framework. *Functional Ecology* 27(4): 950-966. doi:10.1111/1365-2435.12020
- Köppen W (1931) *Grundriss der Klimakunde*. Berlin: Walter de Gruyter, 390pp.
- Krebs CJ (1999) *Ecological Methodology*. 2nd ed. Benjamin Cummings Publishers, 620 pp.
- Langellotto GA, Denno RF (2004) Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. *Oecologia* 139: 1–10. doi:10.1007/s00442-004-1497-3
- Líznavá E, Sentenská L, García LF, Pekár S, Viera C (2013) Local trophic specialisation in a cosmopolitan spider (Araneae). *Zoology* 116(1): 20–26. doi:10.1016/j.zool.2012.06.002
- Lubin Y, Bilde T (2007) The evolution of sociality in spiders. *Advances in the Study of Behavior* 37: 83-145. doi:10.1016/S0065-3454(07)37003-4
- Ludwig JA, Reynolds JF (1988) *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, New York, 352 pp.

Lunghi E, Manenti R, Ficetola GF (2014) Do cave features affect underground habitat exploitation by non-troglobite species? *Acta Oecologica* 55:29–35. doi:10.1016/J.ACTAO.2013.11.003

Lunghi E, Manenti R, Ficetola GF (2015) Seasonal variation in microhabitat of salamanders: environmental variation or shift of habitat selection? *PeerJ* 3:e1122 doi:10.7717/peerj.1122

Lunghi E, Manenti R, Ficetola GF (2017) Cave features, seasonality and subterranean distribution of non-obligate cave dwellers. *PeerJ* 5:e3169. doi:10.7717/peerj.3169

Mammola S, Isaia M (2014) Niche differentiation in *Meta Bourneti* and *M. menardi* (Araneae, Tetragnathidae) with notes on the life history. *International Journal of Speleology* 43: 343-353. doi:10.5038/1827-806X.43.3.11.

Mammola S, Piano E, Isaia M (2016) Step back! Niche dynamics in cave-dwelling predators. *Acta Oecologica* 75: 35-42. doi:10.1016/j.actao.2016.06.011

Mammola S, Isaia M (2016) The ecological niche of a specialized subterranean spider. *Invertebr. Biol.* 135: 20-30. doi:10.1111/ivb.12113.

Mammola S, Isaia M (2017) Spiders in caves. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284(1853): 20170193. doi:10.1098/rspb.2017.0193

Mammola S, Leroy B (2018) Applying species distribution models to caves and Other subterranean habitats. *Ecography* 41 (7): 1194-1208. doi:10.1111/ecog.03464

Mammola S (2018) Finding answers in the dark: caves as models in ecology fifty Years after poulson and white. *Ecography* 41:1-21. doi:10.1111/ecog.03905

Mammola S, Cardoso P, Angyal D, Balázs G, Blick T, Brustel H, Carter J, Ćurčić S, Danflous S, Dányi L, Déjean S, Deltshv C, Elverici M, Fernández J, Gasparo F, Komnenov M, Komposch C, Kováč L, Kunt KB, Mock A, Moldovan O, Naumova M, Pavlek M, Prieto CE, Ribera C, Rozwałka R, Růžička V, Vargovitsh RS, Zaenker S, Isaia M (2019) Continental data on cave-dwelling spider communities across Europe (Arachnida: Araneae). *Biodiversity Data Journal* 7: e38492. doi:10.3897/BDJ.7.e38492

- Manenti R, Lunghi E, Ficetola GF (2015) The distribution of cave twilight-zone spiders depends on microclimatic features and trophic supply. *Invertebrate Biology* 134(3): 242-251.
- Miyashita T (2005) Contrasting patch residence strategy in two species of sit-and wait foragers under the same environment: a constraint by life history? *Ethology* 111(2): 159-167. doi:10.1111/j.1439-0310.2004.01048.x
- Morisita M (1959) Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E* 11(6): 215–235. doi: 10.18960/seitai.11.6_252_3
- Morisita M (1962) I σ -index, a measure of dispersion of individuals. *Res. Popul. Ecol.* 4(1): 1–7. doi:10.1007/BF02533903
- McNett B, Rypstra A (2000) Habitat selection in a large orb-weaving spider: vegetational complexity determines site selection and distribution. *Ecological Entomology* 25(4): 423-432. doi:10.1046/j.1365-2311.2000.00279.x
- Nakata K, Ushimaru A (2004) Difference in web construction behaviour at newly occupied web sites between two *Cyclosa* species. *Ethology* 110(5): 397–411. doi:10.1111/j.1439-0310.2004.00983.x
- Nakazawa Y (2013) Niche breadth, environmental landscape, and physical barriers: their importance as determinants of species distributions. *Biological Journal of the Linnean Society* 108(2): 241-250. doi:10.1111/j.1095-8312.2012.02018.x
- Nascimento ART, Longhi SJ, Brena DA (2001) Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de floresta ombrófila mista em Nova Prata, RS. *Ciência Florestal* 11(1): 105-119.
- Nedvěd OS, Pekár P, Bezděčka E, Líznarová M, Řezáč M, Schmitt M, Sentenská L (2011) Ecology of Arachnida Alien to Europe. *BioControl* 56 (4): 539–550. doi:10.1007/s10526-011-9385-3
- Odum EP, Barret GW (2007) *Fundamentos de ecologia*. Thomson Learning, São Paulo. 612 pp.

- Oksanen O, Blanchet FG, Kindt R, et al. (2016) Vegan: Community Ecology Package. R Package Version 2.3-5. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliver I, Beattie AJ (1996) Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. *Conservation Biology* 1(10): 99–109.
- Pipan T, Culver D (2013) Forty years of epikarst: what biology have we learned? *Int. J. Speleol* 42(3): 215-223. doi:10.5038/1827-806X.42.3.5
- Pizarro AP, Frigo FJG, Campello MS (2001) Updating the caves distribution of Arcos-Pains-Doresópolis Speleologic-Carbonatic Province. In: XL Congresso Brasileiro de Geologia, SBG. Anais... Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Podgaiski LR, Rodrigues GG (2017) Spider community responds to litter complexity: insights from a small-scale experiment in an exotic pine stand. *Iheringia. Série Zoologia* 107. doi:10.1590/1678-4766e2017007
- Prous X, Ferreira RL, Martins RP (2004) Ecotone delimitation: Epigeal–hypogean transition in cave ecosystems. *Austral Ecology* 29(4): 374-382. doi:10.1111/j.1442-9993.2004.01373.x
- Prous X, Ferreira RL, Jacobi CM (2015) The entrance as a complex ecotone in a Neotropical cave. *International Journal of Speleology* 44(2):177-189. doi:10.5038/1827-806X.44.2.7
- R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ranta E, Rita H, Lindstrom K (1993) Competition versus cooperation: success of individuals foraging alone and in groups. *Am Nat.* 142(1):42-58. doi:10.1086/285528
- Resende LPA, Bichuette ME (2016) Sharing the space: coexistence among terrestrial predators in Neotropical caves. *Journal of Natural History* 50(33-34): 2107-2128. doi:10.1080/00222933.2016.1193641
- Ricklefs RE (2010) A economia da Natureza. 6 ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 572 pp.

- Romero GQ, Vasconcellos-Neto J (2004) Foraging by the flower-dwelling spider, *Misumenops argenteus* (Thomisidae), at high prey density sites. *Journal of Natural History* 38(10): 1287-1296. doi:10.1080/0022293031000155188
- Ruch J, Heinrich L, Bilde T, Schneider JM (2011) Site selection and foraging in the Eresid spider *Stegodyphus tentoriicola*. *Journal of insect behaviour* 25(1):1-11. doi:10.1007/s10905-011-9273-9
- Rypstra AL (1985) Aggregations of *Nephila clavipes* (L.) (Araneae, Araneidae) in relation to prey availability. *Journal of Arachnology* 131: 71-78. doi: 10.2307/3705232
- Rypstra AL (1989) Foraging success of solitary and aggregated spiders: insights into flock formation. *Animal Behaviour* 37: 274–281. doi:10.1016/0003-3472(89)90116-4
- Santos AJ, Gonzaga MO (2003) On the spider genus *Oecobius* Lucas, 1846 in South America (Araneae, Oecobiidae). *Journal of Natural History* 37:239–252. doi:10.1080/713834668
- Southwood TRE, Henderson PA (2000) *Ecological Methods*. 3rd edn. 575 pp.
- Souza-Silva M, Cerqueira RFV, Pellegrini TG, Ferreira RL (2021) Habitat selection of cave-restricted fauna in a new hotspot of subterranean biodiversity in Neotropics. *Biodiversity and Conservation* 1-28.
- Scharf I, Ovadia O (2006) Factors influencing site abandonment and site selection in a sit and wait predator: A review of pit-building antlion larvae. *Journal of Insect Behavior* 19: 197-218. doi:10.1007/s10905-006-9017-4
- Shear WA, Benoit PLG (1974) New species and new records in the genus *Oecobius* Lucas from Africa and nearby islands. *Revue de Zoologie Africaine* 88: 706–720.
- Spearman C (1904) Measurement of association, Part II. Correction of “systematic deviations”. *Am J Psychol* 15: 88-101.
- Turnbull AL (1964) The search for prey by a web-building spider *Achaearanea tepidariorum* (CL Koch) (Araneae, Theridiidae). *The Canadian Entomologist* 96(3): 568-579. doi:10.4039/Ent96568-3

Tsafack N, Wang X, Xie Y, Fattorini S (2021) Niche overlap and species co-occurrence patterns in carabid communities of the northern Chinese steppes. *ZooKeys* 1044: 929-949. doi: 10.3897/zookeys.1044.62478

Uetz GW, Kane TC, Stratton GE (1982) Variation in the social grouping tendency of a communal web-building spider. *Science* 217(4559):547-549. doi:10.1126/science.217.4559.547

Uetz GW (1988) Group foraging in colonial web-building spiders. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 22: 265-270.

Uetz GW (1989) The “ricochet effect” and prey capture in colonial spiders. *Oecologia* 81: 154–159. doi:10.1007/BF00379799

Vargas-Fonseca OA, Yates P, Kirkman SP, Pistorius PA, Moore DM, Natoli A, Cockcroft V, Hoelzel AR (2021) Population structure associated with bioregion and seasonal prey distribution for Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in South Africa. *Molecular Ecology* 30(19): 4642-4659. doi:10.1111/mec.16086

Viera C, Gonzaga MO (2017) Behaviour and Ecology of Spiders. Contributions from the Neotropical Region. 437pp. doi:10.1007/978-3-319-65717-2

Voss SC, Main BY, Dadour IR (2007) Habitat preferences of the urban wall spider *Oecobius navus* (Araneae, Oecobiidae). *Australian Journal of Entomology* 46(4): 261-268. doi:10.1111/j.1440-6055.2007.00616.x

World Spider Catalog (2021) World Spider Catalog. Version 22.0. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, acessado em 15/07/2021. doi: 10.24436/2

Yancey ME, Mann N, Milne M, Zigler K (2018) Egg sacs of *Liocranoides* Keyserling, 1881 (Araneae: Zoropsidae) cave spiders. *Journal of Arachnology* 46 (3): 553-555. doi:10.1636/joa-s-17-074.1

FIGURAS

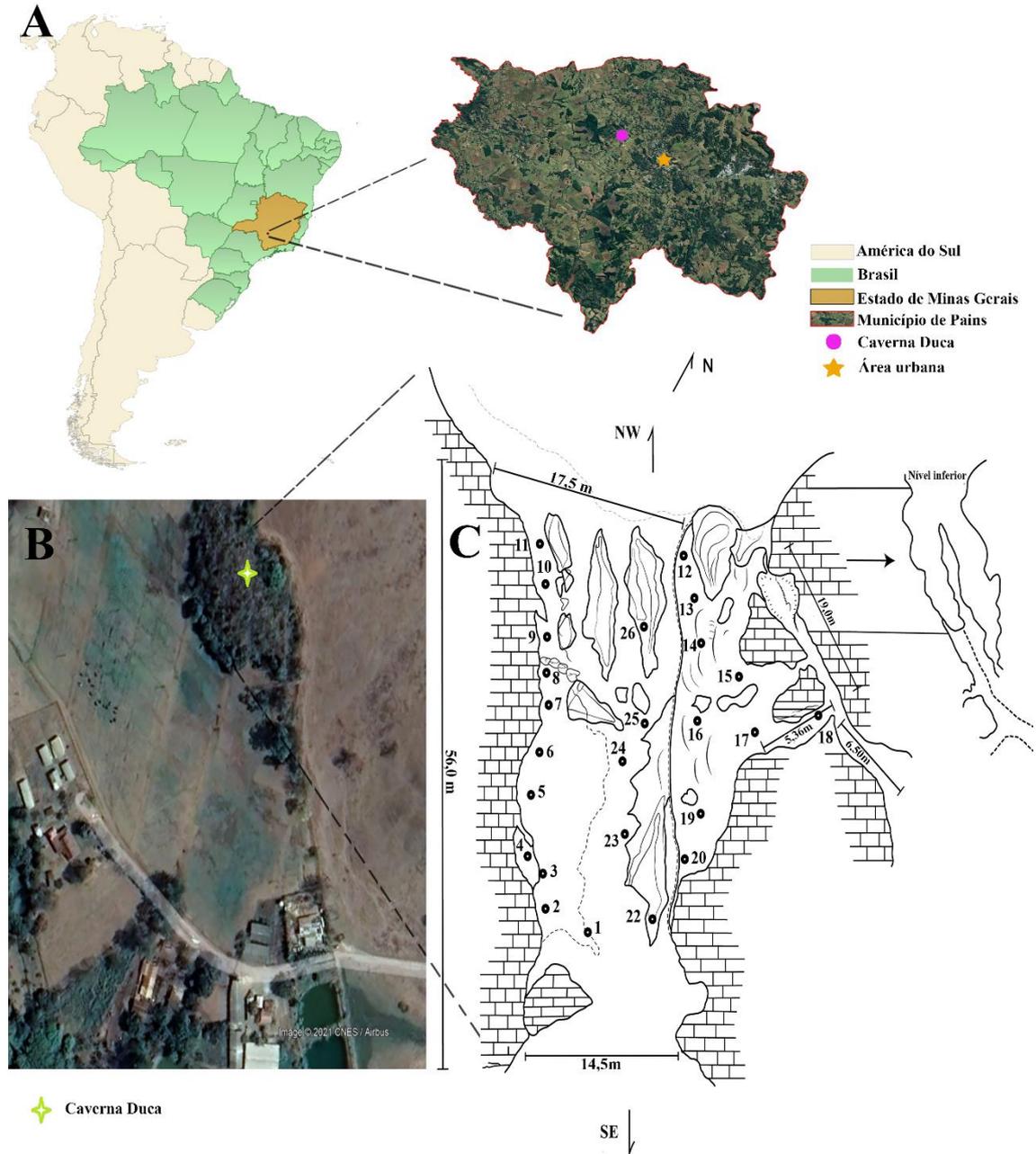


Figura 1. A. Localização da caverna Duca no Estado de Minas Gerais - Brasil. B. Vista aérea da localização da cavidade (indicada com a estrela verde claro) e de seu entorno (Google Earth 2021). C. Croqui esquemático da caverna Duca com as medidas de sua dimensão e as distribuições das unidades amostrais.

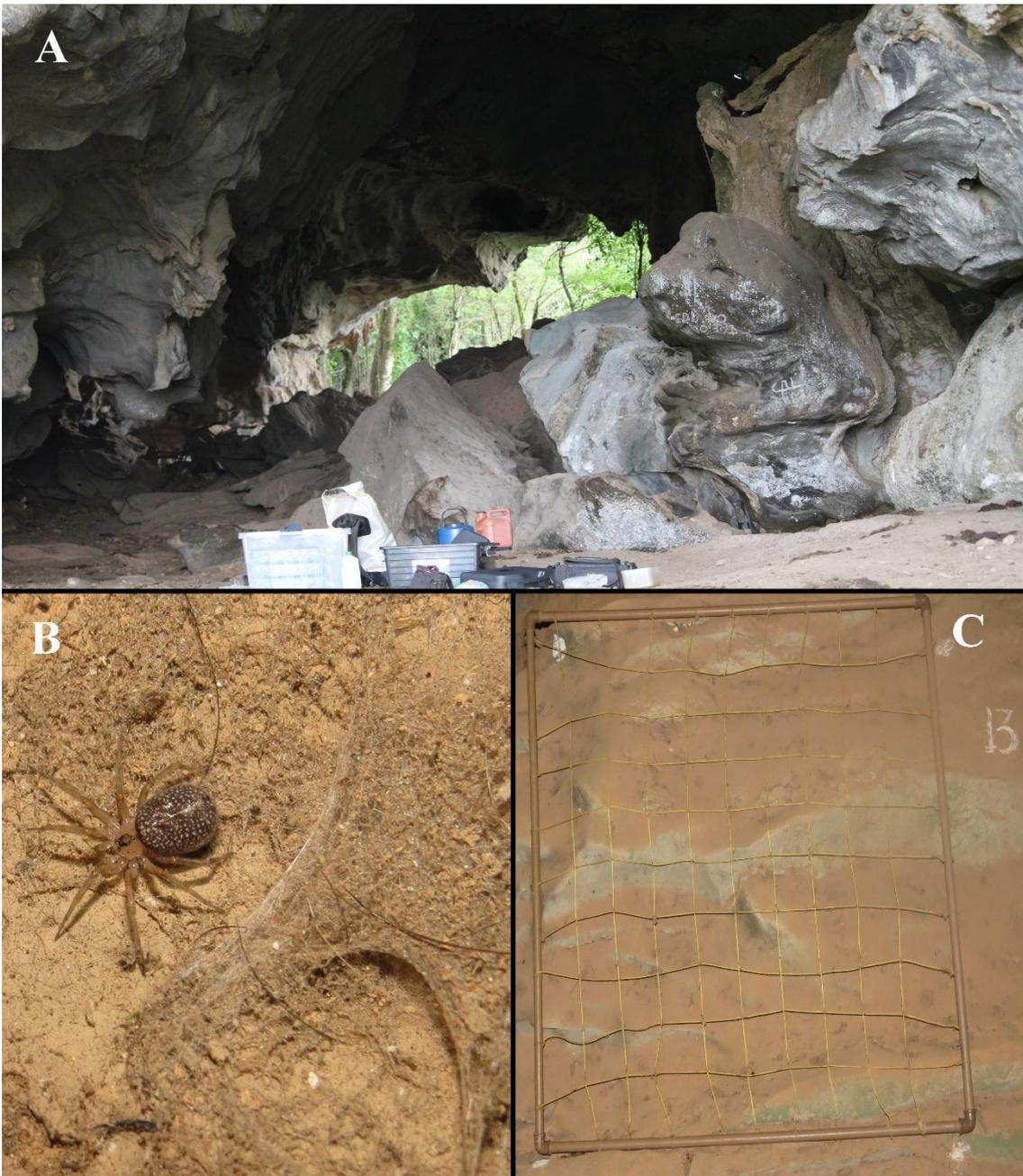


Figura 2. A. Entrada da caverna a sudeste (SE) com vista ao fundo para a entrada a Noroeste (NW). B. *Oecobius navus* ♀ ao lado da sua teia. C. Quadrante 1x1m utilizado como unidade amostral com os lados A e B representados, sendo dividido em 100 quadrículas de 10x10cm.

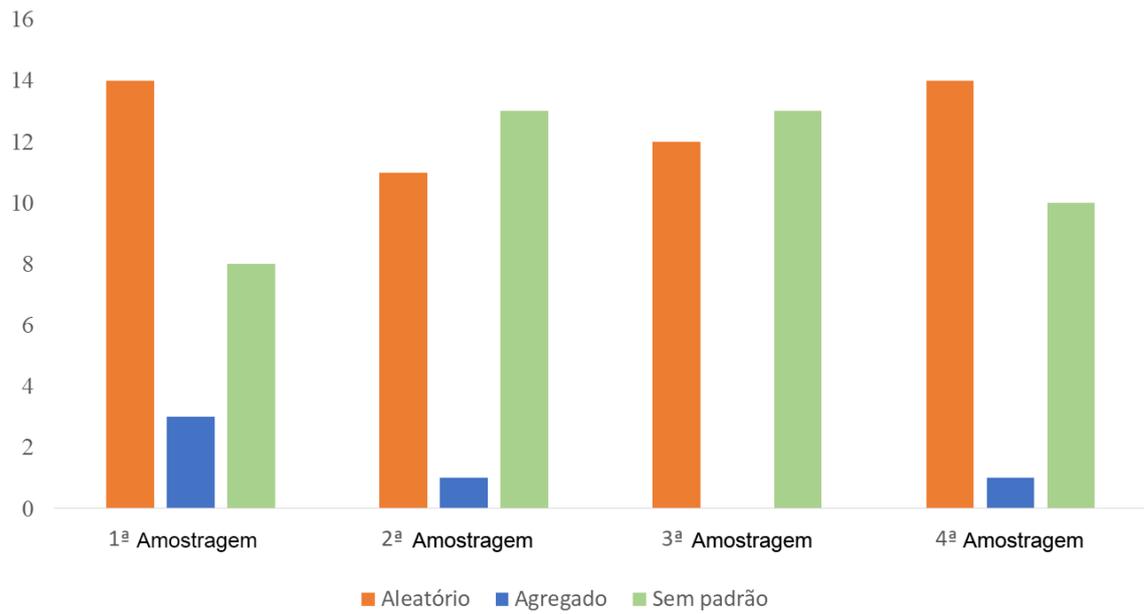


Figura 3. Quantidade de unidades amostrais (quadrantes) com padrão de distribuição da *Oecobius navus* (aleatório, agregado e sem padrão) por evento de amostragem.

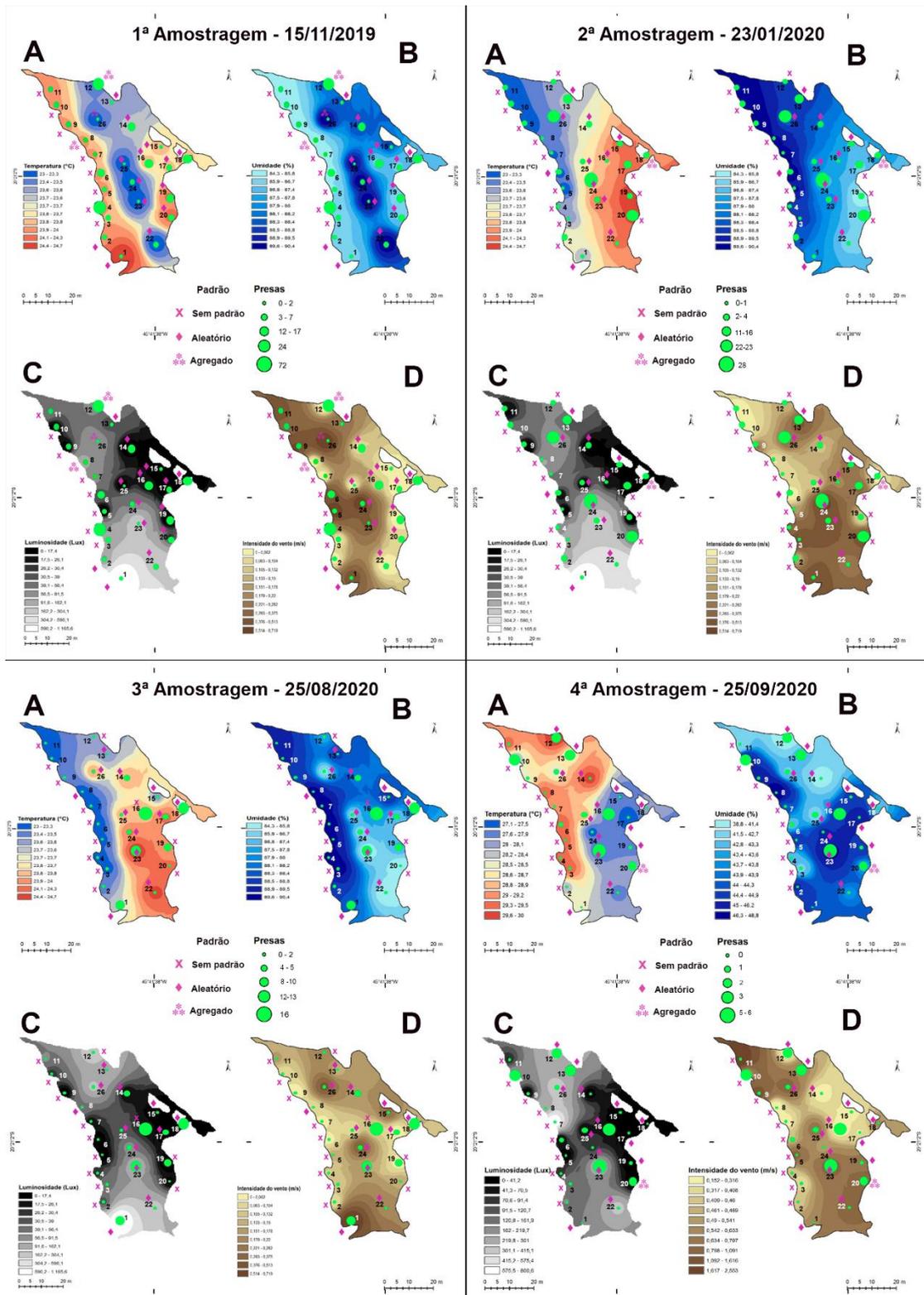


Figura 4. Interpolação dos dados de A- Temperatura, B- Umidade relativa, C- Luminosidade, D- Intensidade do vento nos quatro eventos de amostragens. A abundância de presas potenciais é representada pelos diferentes tamanhos dos círculos verdes e o padrão de distribuição da *Oecobius navus* é evidenciado pelos símbolos: ♦ aleatório; ✱ agregado e x sem padrão.

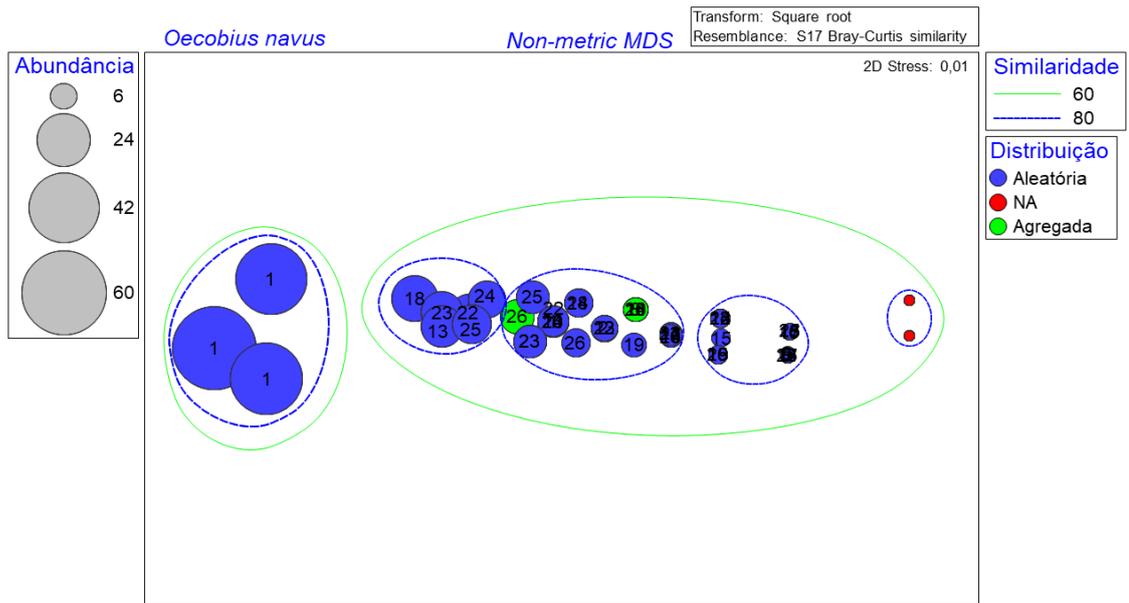


Figura 5. Escalonamento Multidimensional Não Métrico (n-MDS) indicando a similaridade geral da abundância (diâmetro do círculo) e padrão de distribuição espacial (aleatória, agregada e NA= sem padrão) da *Oecobius navus* nos quadrantes, no espaço e no tempo. Os números dentro dos círculos indicam as unidades amostrais.

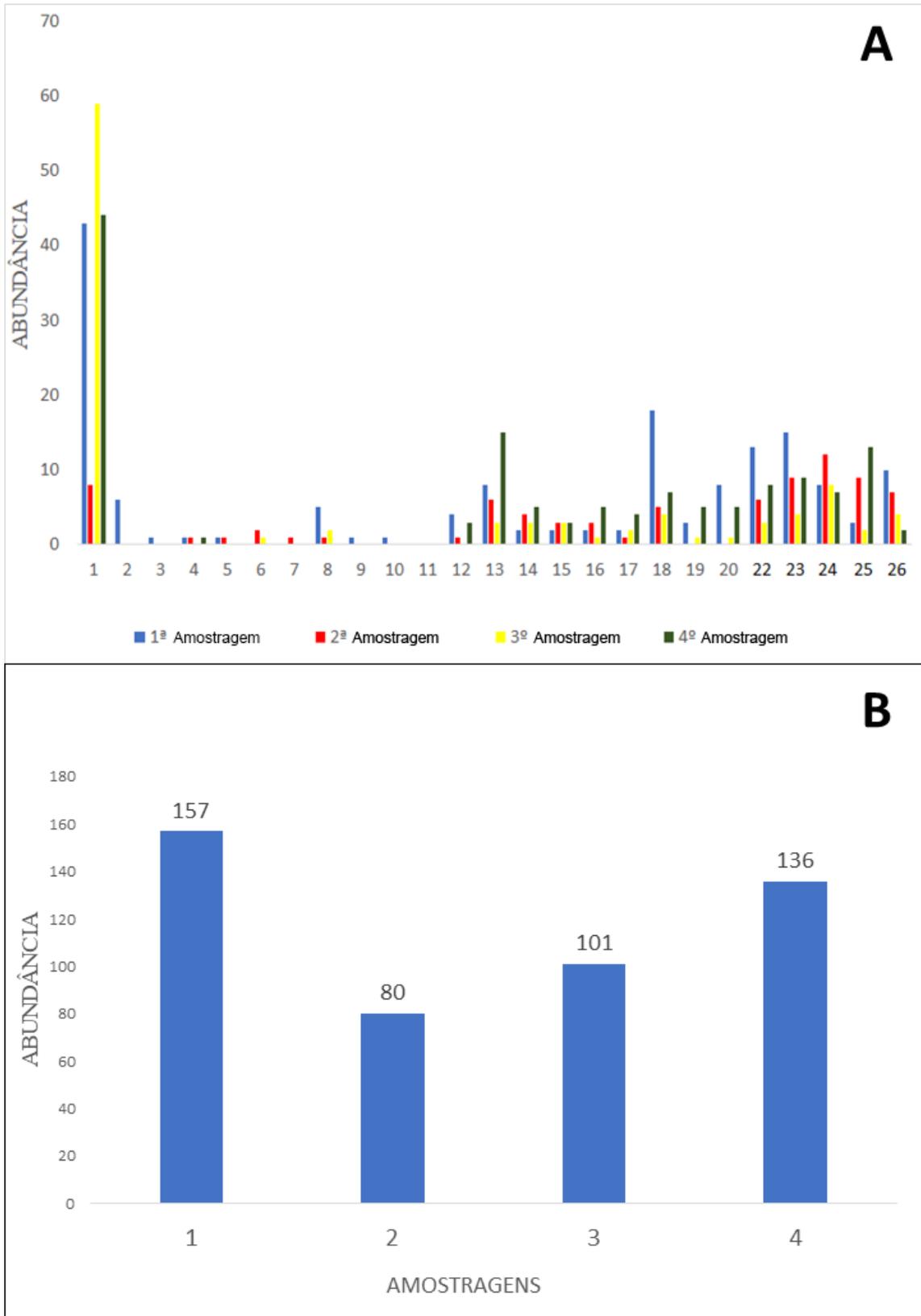


Figura 6. **A)** Abundância de *Oecobius navus* por unidade amostral (quadrante) nos eventos amostrais. **B)** Abundância total de *Oecobius navus* nos períodos amostrais.

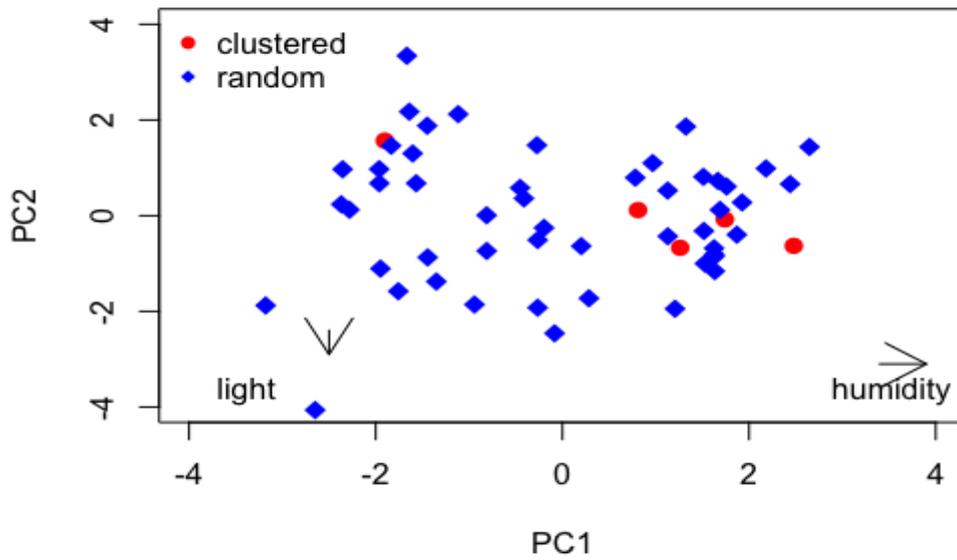


Figura 7. Análise de Componentes Principais (PCA) mostrando o padrão de distribuição espacial (Aleatório: pontos azuis; Agregado: pontos vermelhos) da *Oecobius navus* em relação as variáveis ambientais.

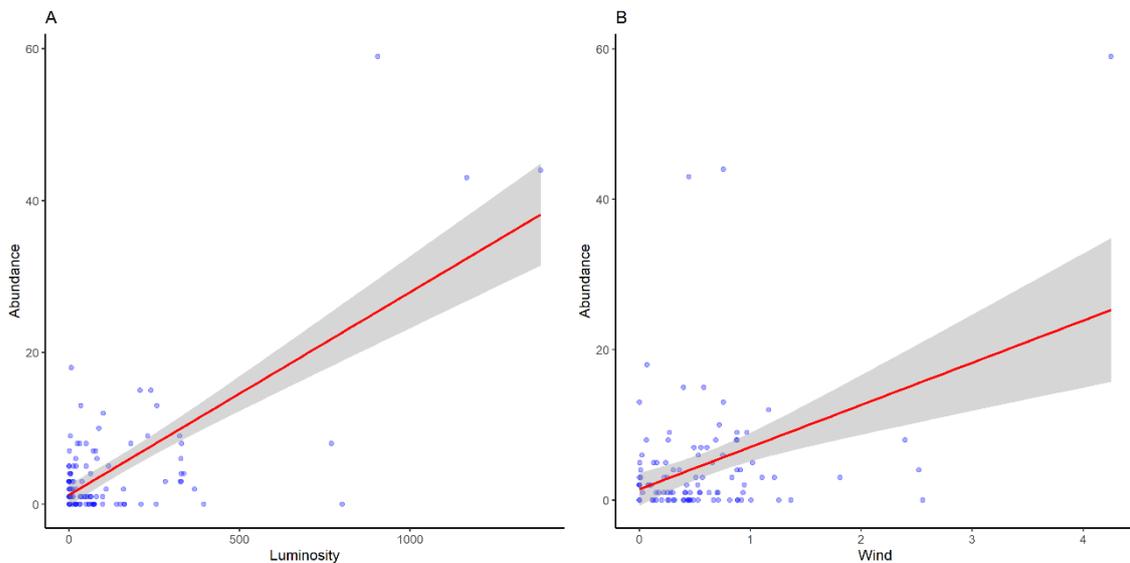


Figura 8. Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM) com binomial negativa indicando a relação entre abundância de *Oecobius navus* com **A)** intensidade da luz (lux) e **B)** intensidade de vento (m/s).

TABELAS

Tabela 1. Padrões de distribuição da *Oecobius Navus* em microescala durante as amostragens nos períodos de chuva (1ª e 2ª amostragens) e seca (3ª e 4ª amostragens). imor = Índice de Morisita; mclu = índice de aglomeração; muni = índice uniforme; imst = Índice de Morisita Padronizado.

Amostragens	Quadrante	imor	mclu	muni	imst	Padrão
1ª	1	1,107	1,701	0,390	0,077	Aleatório
1ª	2	0	6,884	-4,128	-0,098	Aleatório
1ª	3	-	-	-	-	-
1ª	4	-	-	-	-	-
1ª	5	-	-	-	-	-
1ª	6	-	-28,422	26,639	-	-
1ª	7	-	-28,422	26,639	-	-
1ª	8	10	8,355	-5,410	0,509	Agregado
1ª	9	-	-	-	-	-
1ª	10	-	-	-	-	-
1ª	11	-	-28,422	26,639	-	-
1ª	12	16,667	10,807	-7,546	0,533	Agregado
1ª	13	0	5,203	-2,663	-0,137	Aleatório
1ª	14	0	30,422	-24,639	-0,020	Aleatório
1ª	15	0	30,422	-24,639	-0,020	Aleatório
1ª	16	0	30,422	-24,639	-0,020	Aleatório
1ª	17	0	30,422	-24,639	-0,020	Aleatório
1ª	18	2,614	2,731	-0,508	0,466	Aleatório
1ª	19	0	15,711	-11,819	-0,039	Aleatório
1ª	20	0	5,203	-2,663	-0,137	Aleatório
1ª	22	1,282	3,452	-1,137	0,058	Aleatório
1ª	23	1,905	3,102	-0,831	0,215	Aleatório
1ª	24	0	5,203	-2,663	-0,137	Aleatório
1ª	25	0	15,711	-11,819	-0,039	Aleatório
1ª	26	4,444	4,269	-1,849	0,501	Agregado
2ª	1	0	4,678	-2,205	-0,156	Aleatório
2ª	2	-	-28,422	26,639	-	-
2ª	3	-	-28,422	26,639	-	-
2ª	4	-	-	-	-	-
2ª	5	-	-	-	-	-
2ª	6	0	30,422	-24,639	-0,020	Aleatório
2ª	7	-	-	-	-	-
2ª	8	-	-	-	-	-
2ª	9	-	-28,422	26,639	-	-
2ª	10	-	-28,422	26,639	-	-
2ª	11	-	-28,422	26,639	-	-
2ª	12	-	-	-	-	-
2ª	13	0	6,884	-4,128	-0,098	Aleatório
2ª	14	0	10,807	-7,546	-0,059	Aleatório
2ª	15	0	15,711	-11,819	-0,039	Aleatório
2ª	16	0	15,711	-11,819	-0,039	Aleatório

2ª	17	-	-	-	-	-
2ª	18	10	8,355	-5,410	0,509	Agregado
2ª	19	-	-28,422	26,639	-	-
2ª	20	-	-28,422	26,639	-	-
2ª	22	0	6,884	-4,128	-0,098	Aleatório
2ª	23	0	4,678	-2,205	-0,156	Aleatório
2ª	24	0	3,675	-1,331	-0,215	Aleatório
2ª	25	0	4,678	-2,205	-0,156	Aleatório
2ª	26	4,762	5,904	-3,273	0,384	Aleatório
3ª	1	0,760	1,507	0,558	-0,272	Aleatório
3ª	2	-	-28,422	26,639	-	-
3ª	3	-	-28,422	26,639	-	-
3ª	4	-	-28,422	26,639	-	-
3ª	5	-	-28,422	26,639	-	-
3ª	6	-	-	-	-	-
3ª	7	-	-28,422	26,639	-	-
3ª	8	0	30,422	-24,639	-0,0195	Aleatório
3ª	9	-	-28,422	26,639	-	-
3ª	10	-	-28,422	26,639	-	-
3ª	11	-	-28,422	26,639	-	-
3ª	12	-	-28,422	26,639	-	-
3ª	13	0	15,711	-11,819	-0,039	Aleatório
3ª	14	0	15,711	-11,819	-0,039	Aleatório
3ª	15	0	15,711	-11,819	-0,039	Aleatório
3ª	16	-	-	-	-	-
3ª	17	0	30,422	-24,639	-0,020	Aleatório
3ª	18	0	10,807	-7,546	-0,059	Aleatório
3ª	19	-	-	-	-	-
3ª	20	-	-	-	-	-
3ª	22	0	15,711	-11,819	-0,039	Aleatório
3ª	23	0	10,807	-7,546	-0,059	Aleatório
3ª	24	0	5,203	-2,663	-0,137	Aleatório
3ª	25	0	30,422	-24,639	-0,020	Aleatório
3ª	26	0	10,807	-7,546	-0,059	Aleatório
4ª	1	0,423	1,684	0,404	-0,484	Aleatório
4ª	2	-	-28,422	26,639	-	-
4ª	3	-	-28,422	26,639	-	-
4ª	4	-	-	-	-	-
4ª	5	-	-28,422	26,639	-	-
4ª	6	-	-28,422	26,639	-	-
4ª	7	-	-28,422	26,639	-	-
4ª	8	-	-28,422	26,639	-	-
4ª	9	-	-28,422	26,639	-	-
4ª	10	-	-28,422	26,639	-	-
4ª	11	-	-28,422	26,639	-	-
4ª	12	0	15,711	-11,819	-0,039	Aleatório
4ª	13	2,857	3,102	-0,831	0,442	Aleatório

4ª	14	0	8,355	-5,410	-0,078	Aleatório
4ª	15	0	15,711	-11,819	-0,039	Aleatório
4ª	16	0	8,355	-5,410	-0,078	Aleatório
4ª	17	0	10,807	-7,546	-0,059	Aleatório
4ª	18	0	5,904	-3,273	-0,117	Aleatório
4ª	19	0	8,355	-5,410	-0,078	Aleatório
4ª	20	10	8,355	-5,410	0,509	Agregado
4ª	22	0	5,203	-2,663	-0,137	Aleatório
4ª	23	0	4,678	-2,205	-0,156	Aleatório
4ª	24	0	5,904	-3,273	-0,117	Aleatório
4ª	25	1,282	3,452	-1,137	0,058	Aleatório
4ª	26	0	30,422	-24,639	-0,020	Aleatório

Tabela 2. Padrões de distribuição da *Oecobius Navus* em mesoescala durante as amostragens nos períodos de chuva (1ª e 2ª amostragens) e seca (3ª e 4ª amostragens). imor = Índice de Morisita; mclu = índice de aglomeração; muni = índice uniforme; imst = Índice de Morisita Padronizado.

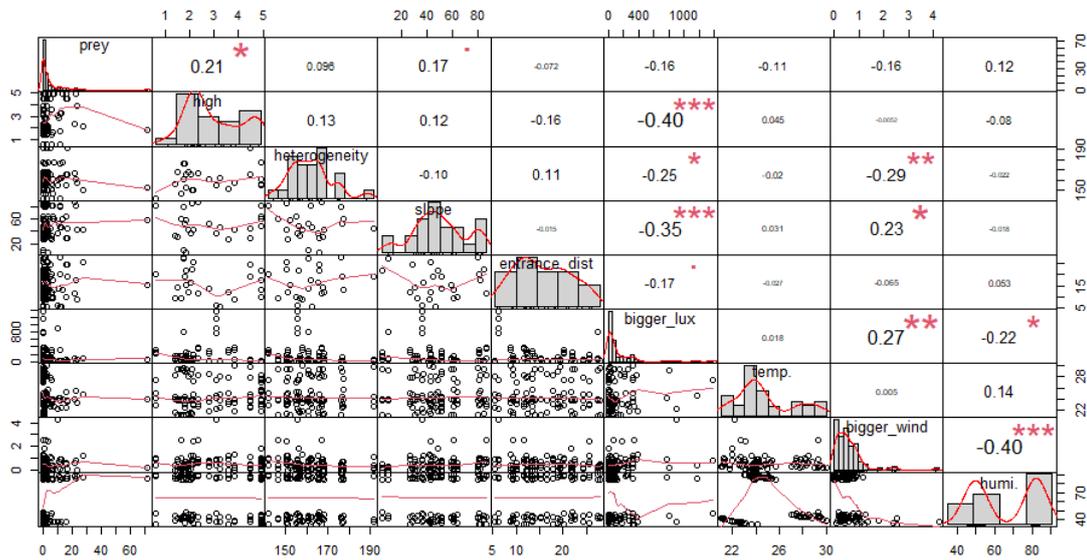
Amostragens	imor	mclu	muni	imst	pchisq	Padrão
1ª	4,287	1,900	0,123	0,500	4,60E-06	Agregado
2ª	1,543	2,755	-0,708	0,154	0,267	Aleatório
3ª	6,435	2,404	-0,366	0,500	2,97E-07	Agregado
4ª	2,450	2,040	-0,012	0,500	0,003	Agregado

Tabela 3. Valores de abundância total, abundância média e desvio padrão da *Oecobius navus* em cada unidade amostral ao longo dos quatro eventos de amostragens.

Quadrante	1ª Amostragem	2ª Amostragem	3ª Amostragem	4ª Amostragem
1	43	8	59	44
2	6	0	0	0
3	1	0	0	0
4	1	1	0	1
5	1	1	0	0
6	0	2	1	0
7	0	1	0	0
8	5	1	2	0
9	1	0	0	0
10	1	0	0	0
11	0	0	0	0
12	4	1	0	3
13	8	6	3	15
14	2	4	3	5

15	2	3	3	3
16	2	3	1	5
17	2	1	2	4
18	18	5	4	7
19	3	0	1	5
20	8	0	1	5
21	13	6	3	8
22	15	9	4	9
23	8	12	8	7
24	3	9	2	13
25	10	7	4	2
Média	6,28	3,2	4,04	5,44
Desvio				
Padrão	9,10	3,56	11,61	9,06

MATERIAL SUPLEMENTAR



Material suplementar I. Correlação de Spearman das variáveis explicativas: presas (prey), altura do chão (high), heterogeneidade espacial (heterogeneity), inclinação (slope), distância da entrada (entrance_dist), luminosidade (bigger_lux), temperatura (temp.), bigger_wind (intensidade do vento) e humi (umidade).