



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
Instituto de Ciências Naturais – ICN

Departamento de Ecologia e Conservação– DEC

Centro de Estudos em Biologia Subterrânea – CEBS

<http://www.biologiasubterranea.com.br/pt/>

Projeto de pesquisa

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA Nº 01/2021

Item IV da Cláusula Segunda do TCCE nº 01/2021

<https://maternatura.org.br/noticias/edital-de-chamada-publica-acungui/>

Influência de fatores ambientais em distintas escalas na composição e riqueza de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica

Marconi Souza Silva - marconisilva@ufla.br - 35 991118696
(professor/pesquisador na UFLA)

Rodrigo Lopes Ferreira - drops@ufla.br - 35 991118690
(professor/pesquisador na UFLA)

Leandro Mata da Rocha Melo – leandro.melo2@estudante.ufla.br - 37 998070126
(Aluno de Pós-graduação em Ecologia Aplicada na UFLA)

Lavras, Minas Gerais, Brasil

Abril 2022

Resumo: Esse projeto de pesquisa visa compreender a influência de elementos físicos, tróficos e microclimáticos sobre a composição e riqueza da fauna de invertebrados terrestres em cavernas na Mata Atlântica do estado do Paraná, Brasil. Além disto, objetiva-se utilizar a relevância biológica e as alterações antrópicas nas cavernas e seu entorno como ferramenta para elencar cavernas prioritárias para receber ações de conservação. Serão priorizadas coletas de campos em cavidades carbonáticas das faixas calcárias Capiru, Votuverava e Itaiacoca. No interior das cavernas serão avaliadas características do habitat e determinada a composição e riqueza da fauna de invertebrados no piso, utilizando em microescala setores (3x10m) e quadrantes (1x1m), onde ocorrerá a coleta ativa dos invertebrados e a caracterização dos microhabitats. Cavernas serão consideradas mesoescala e as faixas calcárias macroescalas. Para avaliar cavernas e áreas prioritárias para conservação, utilizaremos o “Cave Conservation Priority index (CCPi)” proposto por Souza-Silva et al. (2015). As informações geradas neste estudo auxiliarão na compreensão dos elementos responsáveis pela identidade faunística subterrânea, dando respaldo a ações de conservação do patrimônio espeleológico na região. A elucidação de tais elementos ambientais também poderão subsidiar abordagens teóricas e práticas a serem expandidas a outras regiões, inclusive permitindo o aperfeiçoamento das diretrizes previstas na legislação voltada ao patrimônio espeleológico brasileiro.

Palavras Chaves: Ecologia, Conservação, fauna de cavernas

1. Contextualização e Justificativa

Na ecologia de paisagens extensas áreas de terra apresentam-se como mosaicos relativamente estático de “manchas de elementos” divididas por distintas feições do relevo, clima e vegetação e circundadas por uma matriz de elementos naturais ou antrópicos (Lang & Blaschke 2009). Independentemente de como uma paisagem é particionada, diferentes componentes de uma paisagem normalmente variam em sua contribuição para a diversidade de espécies. Assim, a detecção do grau de contribuição dos elementos da paisagem na manutenção da biodiversidade depende da escala em análise. Alguns locais podem apresentar uma elevada riqueza de espécies ou possuir muitas espécies raras, enquanto outros locais podem ter baixos valores de riqueza ou ser habitada por espécies ubíquas. Deste modo, a detecção de variações na contribuição de distintos elementos da paisagem para a diversidade de espécies tem consequências nos esforços para compreender e conservar a biodiversidade (Fleishman et al 2003). O conhecimento de como distintos elementos da paisagem influencia a diversidade de espécies, permite prever como eventuais perturbações afetarão a diversidade do sistema como um todo.

Estudos desenvolvidos em cavernas ao longo do mundo vêm buscando avaliar as principais características físicas, tróficas e microclimáticas que atuam na manutenção da diversidade de invertebrados em diferentes escalas. Até o momento, destacam-se fatores relacionados à projeção linear da caverna, espeleogênese, presença de corpos de água (poças, lagos, riachos), microclimas favoráveis (temperatura e umidade), estrutura do substrato (espeleotemas, fragmentos de rochas de diferentes tamanhos e texturas) e disponibilidade de recursos orgânicos (guano, raízes, carcaças) (Tobin et al., 2013; Mammola et al., 2015; Bento et al., 2016; Lunghi et al., 2017; Kozel et al., 2019).

Em escalas mais amplas, fatores como a distância entre cavernas, o tipo de rocha, a estrutura da paisagem e os impactos antrópicos têm determinado identidades faunísticas únicas e distribuições limitadas de muitas espécies de invertebrados (Rabelo et al. 2021, Souza-Silva et al. 2020, Souza-Silva et al. 2021). Além disto, as preferências da fauna por microhabitats específicos dentro de cavernas são muitas vezes determinadas por questões comportamentais, fisiológicas e morfológicas inerentes às distintas categorias ecológico-evolutivas dos animais cavernícolas (trogloxenos, troglófilos, troglóbios) (Howarth, 1983, Souza-Silva et al. 2021).

Em função do grau de isolamento e estabilidade atmosférica dos ambientes de cavernas, a sua integridade ambiental pode ser facilmente alterada frente a impactos naturais ou antropogênicos, afetando diretamente microhabitats e sua fauna associada (Ferreira & Horta 2001, Souza-Silva et al 2015).

Tais alterações ambientais podem afetar os invertebrados por meio de impactos não somente nos seus microhabitats, mas nos recursos que utilizam ou nas espécies com as quais interagem. As respostas podem ser variadas para diferentes táxons, podendo ser positivas ou negativas. Mudanças na complexidade do habitat, por exemplo, podem afetar o comportamento de forrageamento de invertebrados predadores afetando populações de presas e predadores. Cada espécie de invertebrado explora recursos específicos e, se a oferta ou a natureza desses recursos for modificada pelas mudanças nos microhabitats, é esperado que as espécies de invertebrados também sejam afetadas (Hamilton-Smith 2004; Romero 2009; Faille et al. 2015, Pacheco et al 2020).

Dentre os organismos que utilizam as cavernas ao longo de seu ciclo de vida, os troglóbios são os mais especializados, compreendendo cavernícolas obrigatórios (Sket 2008). Além da especificidade de habitat, estes organismos podem ser altamente suscetíveis a perturbações, já que ocupam preferencialmente ambientes que apresentam variações estreitas, portanto pequenas modificações nas condições do habitat podem ter um efeito negativo na sua distribuição e abundância (Hamilton-Smith 2004, Mammola et al. 2020).

Estudos recentes têm demonstrado a importância dos ambientes de superfície para os padrões de distribuição de espécies subterrâneas, por esses serem responsáveis por grande parte do aporte de recursos orgânicos que chegam a essas cavidades (Souza-Silva et al., 2012; Pacioglu et al., 2019). Especialmente em cavernas onde há pouca ou nenhuma presença de guano, os recursos alóctones se tornam cruciais para a manutenção das comunidades subterrâneas (Souza-Silva et al., 2012). Portanto é cada vez mais evidente a importância da preservação de áreas de entorno de cavidades tanto para as características tróficas do ambiente, como pela heterogeneidade de microhabitats presentes nas cavernas. Considerando o anteriormente exposto, presente estudo, tem com objetivo geral compreender os padrões de composição e riqueza de espécies em comunidades de invertebrados de cavernas em escalas regional e local.

2. Objetivo principal

Avaliar os padrões de composição, riqueza e conservação de comunidades de invertebrados em cavernas na Mata Atlântica em escalas regional e local, avaliando quais características dos habitats determinam a estrutura da comunidade de invertebrados.

3. Objetivos específicos

A) Inventariar a fauna de invertebrados terrestres encontrados nos ambientes de cavernas;

b) Avaliar possíveis variações na estrutura de comunidades de invertebrados cavernícolas terrestres (composição, riqueza e diversidade β) influenciadas pela heterogeneidade de habitat em escala local e regional;

c) Definir áreas prioritárias para conservação nas cavernas calcárias estudadas, com base nos resultados encontrados.

4. Tabela Descritiva

OBJETIVO ESPECÍFICO: Avaliar possíveis influências da estrutura de habitat físico, trófico e microclimático sobre as comunidades de invertebrados cavernícolas terrestres (composição e riqueza) em algumas cavernas da Mata Atlântica do estado do Paraná.		
ATIVIDADES	RESULTADOS A SEREM ALCANÇADOS	PRODUTOS E SUBPRODUTOS
Análise dos componentes de substrato no solo entre cavernas	Caracterização da diversidade de microhabitats em diferentes locais das cavernas	Documento técnico de caracterização de distintos microhabitats presentes nas cavernas.
Análise da comunidade de invertebrados coletados nas cavernas	Identificar e descrever as variações na estrutura de comunidades de invertebrados nas cavernas.	Documento técnico com a caracterização da similaridade da fauna entre as cavernas.
Relações entre as características dos microhabitats e a comunidade de invertebrados	Identificar e descrever relações entre as características dos microhabitats e a comunidade de invertebrados terrestres	Artigos científicos relacionando os principais elementos de habitats associados a manutenção da biodiversidade da fauna no piso de cavernas
OBJETIVO ESPECÍFICO: Definir áreas prioritárias para conservação da fauna através da relevância biológica e grau de vulnerabilidade das cavernas.		
ATIVIDADES	RESULTADOS A SEREM ALCANÇADOS	PRODUTOS E SUBPRODUTOS
Definição de prioridades de conservação	Identificação das alterações antrópicas nas cavernas.	Documento contendo as alterações antrópicas nas cavernas e definição de áreas e cavernas relevantes para a conservação.

5. Metodologia

5.1 Local de Estudo

Este estudo será executado em cavernas inseridas nas faixas calcárias Capiru, Votuverava e Itaiacoca, localizadas na região metropolitana de Curitiba no estado do Paraná, abrangendo os municípios de Colombo, Senges, Castro, Campo Largo, Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Itaperuçu, Cerro Azul, Adrianópolis e Dr. Ulysses (Figura 1).

As faixas calcárias Itaiacoca, Votuverava e Capiru são constituídas pelas rochas metassedimentares do Grupo carbonático Açungui. Essa região se caracteriza pelo clima subtropical úmido, com invernos brandos e chuvas bem distribuídas durante o ano, estando inseridos em uma região do bioma Mata Atlântica, contendo floresta com Araucária (Floresta Ombrófila Mista) e a Floresta Atlântica propriamente dita (Floresta Ombrófila Densa) (Sessegolo 2006).

Pretende-se amostrar aproximadamente 22 cavernas, dentre elas a Gruta do Varzeão (2087m), Gruta Bonita (172m), Gruta Canavial (182m), Gruta da Resurgência Feital (327m), Gruta de Pocinho (625m), Gruta Dá a volta (2675m), Gruta Malfazido (631m), Gruta da Clarabela (120m), Gruta do Pinhalzinho (914m), Gruta Pinheiro Seco (650m), localizadas na faixa calcária Itaiacoca nos municípios de Dr. Ulysses, Senges e Castro. As cavidades na faixa Capiru, são a Gruta do Bacaetava (695m), Gruta de Campestrinho (630m), Gruta de Ermita (297m), Gruta de Itaperussu (570m), Gruta Jesuítas/Fadas (1565m), Gruta do Pimentas (145m), Gruta do Leão (334m) e Gruta Primeiro de Abril (315m). As demais cavidades estão localizadas na faixa calcária Votuverava, são elas Gruta Paiol do Capim (735m), Gruta do Pinheirinho (1580m), Gruta Terra Boa (1250m) e Gruta de Bromados (704m). Não há garantia de realizar coleta em todas as cavernas citadas acima em função de acessibilidade e tempo gasto na realização de coleta de fauna e caracterização ambiental das mesmas. Entretanto, será dada ênfase às cavidades das três faixas calcárias a fim de comparação da fauna subterrânea das regiões e determinação de áreas prioritárias para conservação.

Apesar de inventários de fauna já terem sido realizados em algumas dessas cavidades, estudos buscando compreender a resposta da fauna subterrânea à estrutura dos microhabitats no piso das cavernas, ainda não foram realizados (Sessegolo 2006). Desta forma, além da avaliação de atributos de paisagem em nível regional e de atributos de habitat em nível local, pretende-se compreender aspectos relacionados à composição faunística de cada uma das áreas a serem investigadas no intuito de identificar eventuais

padrões de “identidades” composicionais. Acreditamos que os resultados poderão ter um impacto significativo nas tomadas de decisões que visem o aperfeiçoamento dos planos de manejo a serem realizados nessas localidades, com informações sobre os processos ecológicos que moldam as comunidades de invertebrados nos ambientes subterrâneos, permitindo a sua preservação.

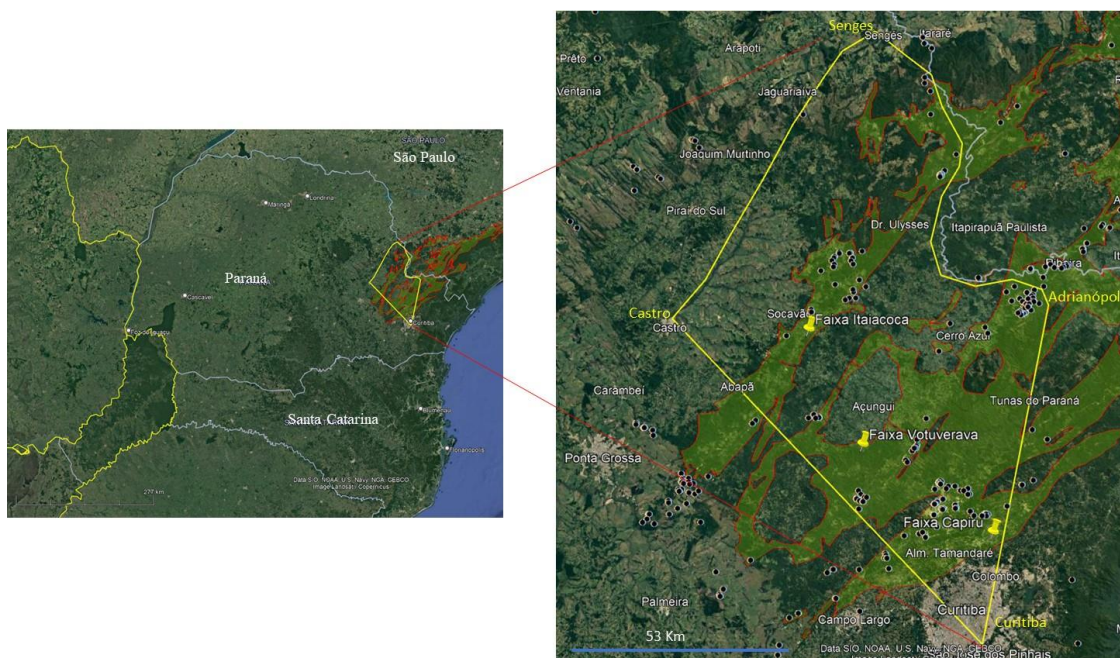


Figura 1: Limites da área de estudo representada pelas linhas amarelas. Pontos pretos representam cavernas na região. Alfinetes amarelos mostram as faixas calcárias.

5.2 Coleta dos invertebrados

A amostragem dos invertebrados será realizada em setores (3x 10m) e quadrantes (1x1m) separadamente através de busca intuitiva direta (direct intuitive search -DIS) (Wynne et al. 2019, Pacheco et al. 2020), e coleta ativa com o auxílio de pinças e pincéis umedecidos em álcool 70%. As coletas serão realizadas, em setores e quadrantes, por uma equipe de biólogos com experiência em fauna de cavernas. Todo o tempo dispendido em cada unidade amostral será anotado.

5.3 Mensuração da estrutura de habitat

A estrutura do habitat no piso das cavernas será feita através de inspeção visual e quantificação da área de superfície ocupada por distintos componentes orgânicos e inorgânicos dentro dos setores e quadrantes. Cada setor será caracterizado de acordo com o protocolo adaptado, proposto por Peck et al. (2006) e Hughes & Peck (2008) para

ambientes aquáticos e aplicado por Pacheco et al. (2020) em ambientes de cavernas. Para tal, o setor será dividido em sua maior extensão, em dez seções perpendiculares de um metro por três metros. Nas dez seções serão medidas as porcentagens de área ocupada por distintos elementos do substrato, orgânicos e inorgânicos. Posteriormente, para obtenção de um único valor para cada substrato será feita uma operação de soma das porcentagens de áreas ocupadas por cada tipo de substrato e divisão por 100.

Por outro lado, nos quadrantes, os componentes dos substratos serão avaliados por meio de fotografias. As fotografias digitais (4000 x 3000 pixels) serão registradas em campo em posição vertical (90°) usando uma câmera Canon powershot SX50, HS. As fotografias de cada quadrante serão analisadas em laboratório através do software IMAGEJ (Rasband 2014), no qual os substratos presentes serão mensurados de acordo com sua área de ocupação (Pacheco et al. 2020). Medidas de temperatura e umidade serão mensuradas em cada setor, com auxílio de um termohigrômetro digital disposto no piso desses por pelo menos quinze minutos.

5.4 Triagem e identificação dos invertebrados

Todos os espécimes de invertebrados presentes serão coletados e conservados em potes contendo álcool 70% para posterior identificação e separação em morfótipos (Oliver & Beattie 1996).

A determinação de espécies potencialmente troglóbias será realizada através da identificação de troglomorfismos, que são indicativos de isolamento e evolução no ambiente cavernícola. Os troglomorfismos frequentemente observados são redução ou ausência das estruturas oculares e da pigmentação, bem como o alongamento de apêndices sensoriais e locomotores (Culver & Pipan 2019). Testemunhos serão depositados na Coleção de Invertebrados Subterrâneos de Lavras (ISLA), vinculada ao Centro de Estudo em Biologia Subterrânea (CEBS) na Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil.

5.5 Análise de dados

5.5.1 Dados abióticos

Diferenças na quantidade (porcentagem) dos elementos do substrato, entre as unidades amostrais serão avaliadas com o uso de Kruskal-wallis (Sprent & Smeeton, 2012). Uma análise de regressão linear será usada para avaliar a influência da distância da entrada sobre a heterogeneidade de habitat no piso das cavernas (Sprent & Smeeton, 2012).

A análise de similaridade (ANOSIM) baseada em distância Euclidiana será utilizada para identificar diferenças na composição dos elementos do substrato usando faixas carbonáticas, cavernas, setores e quadrantes como unidades amostrais.

5.5.2 Dados bióticos

Para obter valores de abundância e riqueza dos invertebrados será realizada a contagem dos indivíduos e de morfótipos de cada unidade amostral (diversidade alfa).

A análise de similaridade (ANOSIM) baseada no índice de Bray-Curtis será utilizada para identificar diferenças na composição da fauna de invertebrados entre as faixas calcárias, cavernas quadrantes e setores (Anderson et al., 2015).

Para os avaliara a diversidade β , será usada a função beta do pacote BAT no software R (R Core team 2021). Está métrica será usada para determinar quais processos são responsáveis pela diferenciação na composição de espécies entre as áreas turísticas e não turísticas das cavernas. Ao considerar os dados de presença e ausência das espécies, a diversidade β pode ser dividida em substituição e diferença de riqueza. A primeira relacionada a substituição das espécies, enquanto a diferença de riqueza indica a perda de espécies entre regiões da caverna. Assim a área com menos espécies representa uma subamostra da área com mais espécies (Cardoso et al. 2015).

Utilizaremos as funções iNEXT e ggINEXT do pacote iNEXT do software R (Hsieh et al. 2016; R Core 2021), para determinar os Hill Numbers em curvas de acumulação de espécies baseados em indivíduos, explorando a diversidade de espécies com base na abundância e para avaliar a integridade da amostragem em toda a caverna (Chao & Jost 2012).

5.5.3 Relação entre as variáveis abióticas e a fauna das cavernas

A influência das características do substrato sobre a composição, abundância (similaridade de Bray-Curtis) e riqueza da fauna (distância Euclidiana) ao longo das cavernas, será avaliada através de modelo linear baseado em distância (DistLM), método *Forward step-wise* e o critério de seleção de modelo Akaike corrigido para pequenas amostras (AICc) (Anderson et al. 2015). A análise de redundância baseada em distância (dbRDA) será posteriormente usada para avaliar o percentual de ajuste dos dados ao modelo juntamente com a proporção de explicação da variação dos dados (Clarke & Gorley, 2006). Estas análises serão feitas de maneira independente para setor e quadrantes e para fauna não troglóbia e fauna troglóbia (Pacheco et al 2020a). As variáveis incluídas serão: elementos do substrato, temperatura, umidade e distância da entrada como variáveis preditoras.

Para identificar as variáveis abióticas que melhor explicam a variação da riqueza de troglóbios e não troglóbios (variável resposta), serão utilizados Modelos Lineares Generalizados (GLM) no software R. A presença de *outliers*, normalidade e colinearidade das variáveis será testada.

Serão utilizados em microescala setores (3x10m) cada qual contendo três quadrantes (1x1m), cavernas serão consideradas mesoescala e as faixas calcárias macroescalas.

5.5.4 Prioridades de conservação da fauna de invertebrados

Para avaliar cavernas e áreas prioritárias para conservação, utilizaremos o “Cave Conservation Priority index (CCPi)” proposto por Souza-Silva et al. (2015). O CCPi avalia a prioridade de conservação de cavernas através do grau de vulnerabilidade das mesmas. A vulnerabilidade para cada caverna é conseguida através da sobreposição da relevância biológica (BR) e grau de impacto humano (HI) (Souza-Silva et al. 2015).

6. Resultados esperados

As informações geradas neste estudo auxiliarão na compreensão dos mecanismos responsáveis pela identidade faunística subterrânea, dando respaldo a ações de conservação do patrimônio espeleológico nas regiões estudadas. A elucidação de tais mecanismos também poderá subsidiar abordagens teóricas e práticas a serem expandidas a outras regiões, inclusive permitindo o aperfeiçoamento das diretrizes previstas na legislação voltada ao patrimônio espeleológico brasileiro.

A respeito das possíveis implicações diretas, são esperados resultados promissores no que diz respeito às influências dos substratos no piso de cavernas na manutenção de espécies subterrâneas.

7. Produtos

- Uma tese de doutorado;
- Artigos científicos descrevendo a influência de diferentes componentes da paisagem em escala local e regional como direcionadores dos padrões de riqueza, dispersão e distribuição de invertebrados subterrâneos.

8. Cronograma de execução

1. ATIVIDADES	2. CRONOGRAMA (TRIMESTRAL)							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
1. Atividades de campo para avaliar possíveis variações na estrutura de habitat físico, trófico e microclimático e das comunidades de invertebrados cavernícolas (composição e riqueza);								
A1: Caracterização física do substrato		X		X				
A2: Coleta de invertebrados realizadas em setores e quadrantes por uma equipe de Biólogos		X		X				
A3: Triagem e tabulação dos dados					X	X	X	
2. Determinar principais variáveis ambientais relacionadas a manutenção da diversidade de comunidades de invertebrados de cavernas;								
A1: Análise dos dados de campo					X	X	X	
3. Definir áreas relevantes para conservação baseando em alterações antrópicas e elementos de habitat, importantes para a manutenção da diversidade da fauna;								
A1: Análise dos dados de campo						X	X	X

9 Planejamento Financeiro

Equipe do projeto	Justificativa de Uso	Quant.	Valor Unitário	Valor Total
Bolsas	Bolsa de formação acadêmica (Doutorado)	24	R\$ 2.200,00	R\$ 52.800,00
Seguro de Vida	Seguro de vida para todos os pesquisadores de campo.	96	R\$ 30,00	R\$ 2.880,00
Sub-Total			R\$ 2.230	R\$ 55.680,00
Despesas com viagens	Justificativa de Uso	Quant.	Valor Unitário	Valor Total
Diárias de Campo	Viagem para coleta de dados nas cavernas	130	R\$ 177,00	R\$ 23.010,00
Combustível	Combustível para viagens de campo	934	R\$ 9,00	R\$ 8.406,00
Pedágio	Viagem para coleta de dados	2	R\$ 137,60	R\$ 275,00
Sub-Total				R\$ 35.291,20
Serviços de terceiros	Justificativa de Uso	Quant.	Valor Unitário	Valor Total
Manutenção de taxas bancárias		24	R\$ 150,00	R\$ 3.600,00
Sub-Total				R\$ 3.600,00
Material de consumo	Justificativa de Uso	Quant.	Valor Unitário	Valor Total
Álcool	Conservar os invertebrados coletados	50	R\$ 7,00	R\$ 350,00
Pote	Armazenamento dos invertebrados coletados	500	R\$ 2,00	R\$ 1.000,00
Etiqueta	Identificação dos potes utilizados	300	R\$ 0,05	R\$ 15,00
Pinça	Coleta dos invertebrados	16	R\$ 15,00	R\$ 240,00
Pincel	Coleta dos invertebrados	16	R\$ 3,00	R\$ 48,00
Sub-Total			R\$ 27,05	R\$ 1.653,00
Total geral				R\$ 92.624,20

10 Cronograma físico-financeiro

RUBRICA	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	Total
Equipe do projeto	R\$ 6.600,00	R\$ 6.600,00	R\$ 6.600,00	R\$ 6.600,00	R\$ 6.600,00	R\$ 6.600,00	R\$ 6.600,00	R\$ 6.600,00	R\$ 55.680,00
Despesas com viagem	-	R\$ 17.645,60	-	R\$ 17.645,60	-	-	-	-	R\$ 35.291,20
Material de consumo	R\$ 1.653,00	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 1.653,00
Total									R\$ 92.624,20

11 Equipe principal de desenvolvimento de projeto

Nome	Função	Instituição Lattes	Formação Acadêmica	Lattes
Leandro Mata da Rocha Melo	Auxiliar técnico Biólogo e doutorando em Ecologia	Universidade Federal de Lavras	Biólogo/Mestre em Ciências da Saúde	http://lattes.cnpq.br/1835804356033843
Marconi Souza Silva	Coordenador Biólogo e doutor em ecologia de cavernas	Universidade Federal de Lavras	Biólogo/Doutor em Ecologia	http://lattes.cnpq.br/6691748910951477
Rodrigo Lopes Ferreira	Auxiliar técnico Biólogo e doutor em ecologia de cavernas	Universidade Federal de Lavras	Biólogo/Doutor em Ecologia	http://lattes.cnpq.br/3035017013212273
Guilherme Carvalho Prado	Auxiliar técnico Estudante de biologia	Universidade Federal de Lavras	Graduando em Ciências Biológicas	http://lattes.cnpq.br/5038380540115432

12. Referências bibliográficas

ANDERSON, MJ.; SANTANA-GARCON, J. Measures of precision for dissimilarity-based multivariate analysis of ecological communities. **Ecology letters**, v. 18, n. 1, p. 66-73, 2015.

BENTO, DDM.; FERREIRA RL.; PROUS, X.; SOUZA-SILVA, M.; BELLINI, B.C.; VASCONCELLOS, A. Seasonal variations in cave invertebrate communities in the semiarid Caatinga, Brazil. **Journal of Cave and Karst Studies**, v. 78, n. 2, p. 61-71, 2016.

Cardoso, P., Rigal, F. & Carvalho, J.C. BAT–Biodiversity Assessment Tools, an R package for the measurement and estimation of alpha and beta taxon, phylogenetic and functional diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 6, 232–236, 2015.

Chao, A. & Jost, L. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. **Ecology**, 93, 2533–2547, 2012.

CLARKE, KR et al. Exploring interactions by second-stage community analyses. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 338, n. 2, p. 179-192, 2006.

CULVER, DC.; PIPAN, T. **The biology of caves and other subterranean habitats**. Oxford University Press, 2019.

FAILLE, A.; BOURDEAU, C.; DEHARVENG, L. Weak impact of tourism activities on biodiversity in a subterranean hotspot of endemism and its implications for the conservation of cave fauna. **Insect Conservation and Diversity**, v. 8, n. 3, p. 205-215, 2015.

- FERREIRA, RL; HORTA, LCS. Natural and human impacts on invertebrate communities in Brazilian caves. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, p. 7-17, 2001.
- FLEISHMAN, E; BETRUS, CJ.; BLAIR, RB. Effects of spatial scale and taxonomic group on partitioning of butterfly and bird diversity in the Great Basin, USA. **Landscape Ecology**, v. 18, n. 7, p. 675-685, 2003.
- HAMILTON-SMITH E. Tourist caves. In: **Gunn J. (ed.)**, Encyclopedia of caves and karst science. Fitzroy Dearborn, New York, 726-729, 2004.
- HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, Anne. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 12, p. 1451-1456, 2016.
- HOWARTH, FG. Ecology of cave arthropods. **Annual review of entomology**, v. 28, n. 1, p. 365-389, 1983.
- KOZEL, P et al. Distributional dynamics of a specialized subterranean community oppose the classical understanding of the preferred subterranean habitats. **Invertebrate Biology**, v. 138, n. 3, p. e12254, 2019.
- HUGHES, RM.; PECK, DV. Acquiring data for large aquatic resource surveys: the art of compromise among science, logistics, and reality. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 27, n. 4, p. 837-859, 2008.
- LANG, S; BLASCHKE, T. **Análise de paisagem com SIG**. Tradução Hermann Kux. São Paulo: Oficina de textos, 2009.
- LUNGI, E; MANENTI, R; FICETOLA, GF. Cave features, seasonality and subterranean distribution of non-obligate cave dwellers. **PeerJ**, v. 5, p. e3169, 2017.
- MAMMOLA, S; ISAIA, M; ARNEDO, MA. Alpine endemic spiders shed light on the origin and evolution of subterranean species. **PeerJ**, v. 3, p. e1384, 2015.
- MAMMOLA, S et al. Fundamental research questions in subterranean biology. **Biological Reviews**, v. 95, n. 6, p. 1855-1872, 2020.
- OLIVER, I; BEATTIE, AJ. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. **Conservation biology**, v. 10, n. 1, p. 99-109, 1996.
- PACHECO, GSM et al. The role of microhabitats in structuring cave invertebrate communities in Guatemala. **International Journal of Speleology**, v. 49, n. 2, p. 8, 2020.
- PACIOGLU, O. *et al.* The multifaceted effects induced by floods on the macroinvertebrate communities inhabiting a sinking cave stream. **International Journal of Speleology**, [s. l.], v. 48, n. 2, p. 167-177, 2019.
- SOUZA-SILVA M, MARTINS RP, FERREIRA RL (2014). Cave conservation priority index to adopt a rapid protection strategy: a case study in Brazilian Atlantic rain forest. **Environmental management**, v. 55, n. 2, p. 279-295, 2015.

TOBIN, BW.; HUTCHINS, BT.; SCHWARTZ, BF. Spatial and temporal changes in invertebrate assemblage structure from the entrance to deep-cave zone of a temperate marble cave. **International Journal of Speleology**, v. 42, n. 3, p. 4, 2013.

R Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> (accessed 11 November 2021).

RABELO ML; SOUZA-SILVA, M; FERREIRA RL. Epigeal and hypogean drivers of Neotropical subterranean communities. **Journal of Biogeography**, v. 48, n. 3, p. 662-675, 2021.

RASBAND, W. S. ImageJ 1.43 u. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. 1997.

ROMERO, A. Cave biology: life in darkness. **Cambridge University Press**, 2009.

SESSEGOLO, GC. Conhecendo cavernas: região metropolitana de Curitiba. 2006.

SKET, B. Can we agree on an ecological classification of subterranean animals. **Journal of Natural History**, v. 42, n. 21-22, p. 1549-1563, 2008.

SOUZA-SILVA, M. *et al.* Transport and Consumption of Organic Detritus in a Neotropical Limestone Cave. **Acta Carstologica**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 139-150, 2012.

SOUZA-SILVA, M; MARTINS, RP; FERREIRA, RL. Cave conservation priority index to adopt a rapid protection strategy: a case study in Brazilian Atlantic rain forest. **Environmental management**, v. 55, n. 2, p. 279-295, 2015.

SOUZA-SILVA, M; INIESTA, LFM; FERREIRA, RL. Cave lithology effect on subterranean biodiversity: A case study in quartzite and granitoid caves. **Acta Oecologica**, v. 108, p. 103645, 2020.

SOUZA-SILVA, M et al. Habitat selection of cave-restricted fauna in a new hotspot of subterranean biodiversity in Neotropics. **Biodiversity and Conservation**, v. 30, n. 14, p. 4223-4250, 2021.

SPRENT, P. **Applied nonparametric statistical methods**. Springer Science & Business Media, 2012.

WYNNE, J. Judson et al. Fifty years of cave arthropod sampling: techniques and best practices. **International Journal of Speleology**, v. 48, n. 1, p. 4, 2019.