

BIODIVERSIDADE EM SEIS CAVERNAS NO PARQUE ESTADUAL DO SUMIDOURO (LAGOA SANTA, MG).

Luiz Felipe Moretti Iniesta

Universidade Federal de Lavras – UFLA, Laboratório de Ecologia Subterrânea, E-mail: luiz-moretti@hotmail.com.

Ludson Neves de Ázara

Universidade Federal de Lavras - UFLA, Laboratório de Ecologia Subterrânea, Departamento de Biologia, Setor de Zoologia. E-mail: ludsonazara@yahoo.com.br

Marconi Souza-Silva

Universidade Federal de Lavras - UFLA, Laboratório de Biodiversidade Subterrânea, Departamento de Biologia, Setor de Zoologia. E-mail: marconisilva@dbi.ufla.br

Rodrigo Lopes Ferreira

Universidade Federal de Lavras - UFLA, Laboratório de Ecologia Subterrânea, Departamento de Biologia, Setor de Zoologia. E-mail: drops@dbi.ufla.br

RESUMO

O presente trabalho apresenta dados referentes à composição, riqueza, abundância, diversidade, dominância e similaridade em seis cavernas localizadas no Parque Estadual do Sumidouro, município de Lagoa Santa – MG. Foram observados 9051 indivíduos distribuídos em 175 morfoespécies pertencentes a pelo menos 87 famílias. A Gruta Túneis/Macumba apresentou a maior riqueza (78 espécies), seguida de Lapinha (75 espécies). A ordem que apresentou a maior riqueza foi Araneae (34 espécies) seguida de Diptera (32 espécies), contrastando com a ordem Neuroptera, que apresentou apenas uma espécie. Foram encontradas 2 espécies com características troglomórficas: *Trichorhina* sp. (Isopoda: Plathyartridae) ocorrendo na Gruta de Lapinha, Pacas e Helictites, e o ácaro Labidostomatidae (Acariforme), que foi encontrado somente na gruta da Lapinha. Este último requer atenção especial, dada sua distribuição restrita e população extremamente reduzida no interior da caverna, que possui visitação turística.

Palavras chave: Cavernas, Lagoa Santa, invertebrados subterrâneos

Biodiversity in six caves in Parque Estadual do Sumidouro (Lagoa Santa, MG).

ABSTRACT

This work presents data on richness, abundance, diversity, dominance and similarity from six limestone caves located in the Parque Estadual do Sumidouro, Lagoa Santa municipality, Minas Gerais state, Brasil. A total of 9051 individuals from 175 morphospecies and 87 families were observed in those caves. Túneis/Macumba cave presented the highest richness (78 morphospecies), followed by Lapinha cave (75 species) and Macumba (46 morphospecies). The richest order was Araneae (34 morphospecies) followed by Diptera (32 morphospecies), contrasting with Neuroptera, with only one morphospecies. We found two morphospecies with troglomorphic traits: *Trichorhina* sp. (Isopoda: Plathyartridae) from Lapinha, Pacas and Helictites caves, and a Labidostomatidae mite (Acariforme), only found in Lapinha cave. The latter deserves special attention, due to its restricted distribution and low densities inside the cave, which is a show cave.

Keywords: Caves, Lagoa Santa, Invertebrates, management

1. INTRODUÇÃO

As cavernas são componentes de complexos afloramentos rochosos denominados Carste. Nesses afloramentos, a água compreende o principal agente modelador dos inúmeros tipos de feições. (GILBERT *et al.*, 1994). As cavernas podem

ser encontradas em vários tipos de rochas, sendo mais freqüentes naquelas carbonáticas, as mais suscetíveis à dissolução.

O ambiente subterrâneo é caracterizado pela elevada estabilidade ambiental e ausência de luz (zona afótica) (POULSON & WHITE, 1969; BARR & KUEHNE, 1971). A ausência permanente de luz no interior das cavernas impossibilita a ocorrência de organismos fotossintetizantes. Dessa forma, os recursos alimentares têm origem alóctone, sendo importados para as cavernas por meio de agentes físicos e biológicos, como rios, enxurradas, cursos d'água, fezes de animais voadores (guano) e carcaças de animais que transitam pela caverna (CULVER, 1982; SOUZA-SILVA, 2003; SOUZA-SILVA *et al.*, 2011a). A matéria orgânica dissolvida, por sua vez, penetra em águas de percolação (SIMON *et al.*, 2007). As temperaturas no interior das cavernas aproximam-se da média das temperaturas externas anuais. Em cavernas extensas, a temperatura quase não varia em locais muitos distantes da entrada (BARR & KUEHNE, 1971).

Em virtude da beleza cênica e cultural, as cavernas têm importante destaque na atividade econômica de diversas regiões. Muitas dessas, como a Gruta da Lapinha (Lagoa Santa - MG), Gruta de Maquiné (Cordisburgo - MG) e Gruta Rei do Mato (Sete Lagoas - MG) são abertas para o turismo em massa, promovendo assim empregos diretos ou indiretos em função da visitação. Tal prática também levou a algumas modificações estruturais das cavidades para melhor atender aos visitantes. No caso da gruta da Lapinha foram feitas instalações de redes elétricas, modificações no piso (degraus), instalação de escadas metálicas com corrimãos, portões em entradas, dentre outras. Modificações como estas podem influenciar a riqueza e a distribuição das espécies em cavernas, especialmente quando são estabelecidas sem um adequado planejamento e manejo (FERREIRA, 2004; BOGGIANI *et al.*, 2007)

Outras formas de turismo também podem ocorrer em cavidades naturais, como o caso do Espeleoturismo, uma prática puramente esportiva e recreativa realizada em cavernas. No parque Estadual de Sumidouro algumas grutas como Helictites, Pacas, Túneis/Macumba são utilizadas para esse propósito.

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar a fauna em seis cavernas situadas no P.E. do Sumidouro, com o propósito destes dados virem a contribuir para um planejamento mais adequado ao uso turístico das cavidades do parque. Para isto o trabalho qualificou a situação trófica de cada caverna e os possíveis impactos antrópicos que essas foram submetidas. A partir da caracterização da fauna subterrânea foram gerados dados sobre a composição, riqueza, diversidade, dominância, equitabilidade e similaridade das cavernas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi realizado em seis cavernas: Gruta da Lapinha (E 610205/N 7837816), Gruta Túneis/Macumba (E 609077/N 7836845), Gruta do Sumidouro (E 611085/N 7838880), Gruta Pacas (E 608417/N 7836856), Gruta Lagoa Seca (E 634658/N 5174060) e Gruta Helictites (E 609077/N 7836845), as coordenadas dadas em UTM entre parênteses se encontram dentro da zona 23K a partir do DATUM SAD 69. Cabe ressaltar que as grutas Túneis e Macumba foram estudadas como uma única cavidade. As cavernas estão situadas no município de Lagoa Santa, região central do estado de Minas Gerais, a 48 km da capital Belo Horizonte. A região possui vegetação predominantemente composta de Floresta Estacional Semidecidual (BERBERT-BORN

et al., 1998). As cavernas da região, junto de outras 400, estão inseridas na Área de Proteção Ambiental do Carste de Lagoa Santa e no Parque Estadual do Sumidouro.

A área de proteção ambiental corresponde a 356 km², abrangendo os municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo, Matozinhos, Vespasiano, Funilândia, Prudente de Morais e Confins.

Procedimentos de coleta

Foi realizada uma única coleta em cada cavidade, no período de 07/07 a 12/10 de 2011 (estação seca). Para este trabalho foi realizada coletas seguindo a metodologia proposta por Ferreira (2004), realizando buscas minuciosas por invertebrados em toda a extensão de cada cavidade, com atenção especial aos depósitos de matéria orgânica e micro-habitats (tais como guano, matéria orgânica, carcaças, solo). Alguns exemplares de cada espécie de invertebrado encontrado foram capturados com o auxílio de pinças e pincéis e armazenados em álcool 70%. Cada indivíduo observado teve sua posição registrada em um croqui da cavidade, de forma que, ao final de cada coleta, foram geradas informações sobre o número de espécies e abundância de cada espécie de cada população encontrada, conforme metodologia de Ferreira (2004).

Todos os indivíduos foram identificados até o menor nível taxonômico possível e separados em morfoespécies, para os cálculos de riqueza, diversidade, dominância, equitabilidade e similaridade de cada caverna.

Os valores de diversidade alfa (α) das comunidades de invertebrados associadas às cavernas foram calculados através do índice Shannon-Weaver (MAGURRAN, 2004). A diversidade beta (β ou turnover) foi calculada utilizando dados de presença e ausência de espécies, através do índice de Harrison (1992), modificado de Whittaker (1960), com a finalidade de comparar amostras de diferentes tamanhos $\beta_{\text{Harrison}} = \{[(S/\alpha)-1]/(N-1)\} * 100$. Onde S = número total de espécies, α = riqueza média e N= número de amostras. Esta medida varia de 0 (nenhum turnover) até 100 (cada amostra tem um único conjunto de espécies) (Magurran, 2004). Foi realizada uma análise de escalonamento multidimensional não métrico (n-MDS), utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis para verificar a similaridade entre as comunidades presentes em cada uma das cavernas amostradas. Utilizou-se o teste de Mantel para avaliar a relação entre a distância das cavidades com a composição dessas. A curva cumulativa de espécies, utilizando a rarefação, que ilustra a razão com que as espécies são adicionadas em função do número de cavernas amostradas, também foi calculada.

Os invertebrados coletados estão depositados no Laboratório de Ecologia Subterrânea, Setor de Zoologia, Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

3. RESULTADOS

Caracterização trófica das cavernas

Dentre as cavernas amostradas, todas apresentaram grande tendência a oligotrofia, excetuando Lapinha que apresentou depósitos de guano de Chiroptera (*Phyllostomus hastatus*, *Desmodus rotundus* e *Dyphylla ecaudata*). Entretanto sem nenhum veículo dispersor de matéria orgânica, no caso corpos d'água capazes de

transportar os recursos para outras áreas da cavidade. Na gruta da Lapinha, próxima de suas entradas foi encontrada outra fonte de recurso, no caso galhos e folhas caídas advindas da mata do contorno. Há a possibilidade também de restos de lixos, provavelmente deixados por turistas durante as visitas, servirem como uma fonte alternativa de matéria orgânica para a fauna, bem como também microorganismos encontrados nos condutos da caverna ou mesmo nos equipamentos instalados (cabos de energia, suportes, entre outros). Nas outras grutas foram encontrados poucos depósitos de guano, sendo que a principal fonte de recurso neste caso são os fragmentos de serrapilheira.

Com exceção de Sumidouro e Pacas, as cavernas apresentaram um ambiente bastante seco (sem água circulante), o que reflete na pouca distribuição (transporte) do material orgânico ao longo da cavidade. Em Pacas e Sumidouro foram encontrados corpos d'água, mas a quantidade de guano e de serrapilheira foi pequena. De maneira geral, a principal fonte de recurso advém do guano de colônias de morcegos, em outros casos a fonte vem de galhos e folhas próximas ao entorno das entradas.

Riqueza e diversidade

Foram encontrados nas sete cavernas 9051 indivíduos distribuídos em 175 morfoespécies, pertencentes à pelo menos 87 famílias (Tabela 1, Figura 1). A coleta feita em Túneis/Macumba foi a que apresentou a maior riqueza com 78 morfoespécies, precedida por Lapinha com 75 morfoespécies. A gruta Lagoa Seca apresentou a menor riqueza com apenas 18 morfoespécies.

As cavidades mostraram valores de riqueza de morfoespécies bastante variáveis. Além disso, a diversidade, equitabilidade e dominância também se mostraram variáveis entre estas cavernas. A diversidade beta, a qual determina a proporção de morfoespécies que variam dentre as cavernas amostradas, foi cerca de 40% (Tabela 2).

A ordem Araneae foi a que apresentou a maior riqueza nas cavernas, totalizando 34 morfoespécies distribuídas em 15 famílias, seguida por Diptera (32 morfoespécies distribuídas em 16 famílias). A ordem que apresentou menor riqueza foi Neuroptera com apenas uma morfoespécie da família Myrmeleontidae.

Deve-se ressaltar que algumas famílias encontradas estão distribuídas em toda a extensão das cavidades, no caso Sicariidae, Ctenidae, Pholcidae, Theridiidae, Phalangopsidae, Pseudonannolenidae e Noctuidae.

Nas cavernas amostradas foram encontradas duas morfoespécies com características troglomórficas (Fig. 2), *Trichorhina* sp. (Isopoda: Plathyarthyrydae) em Lapinha, Helictites e Pacas, e o ácaro da família Labidostomatidae apenas em Lapinha. Sobre suas distribuições e abundâncias, em Lapinha foram encontradas 25 indivíduos da morfoespécie *Trichorhina* sp., a qual está distribuída na primeira metade da cavidade, enquanto o ácaro (encontrado apenas 3 indivíduos) é exclusivo de uma pequena porção interdita da caverna. Em relação à Helictites a morfoespécie troglóbia de Isopoda foi encontrada na segunda metade da cavidade com 8 indivíduos, e em Pacas, a abundância foi de 36 e distribuição na porção final da cavidade.

A composição faunística apresentou correlação significativa com a distribuição geográfica das cavernas ($R = 0.4404$, $p < 0.001$), desta forma, cavernas mais próximas apresentam comunidades mais similares, como o caso da gruta Túneis/Macumba, que eram determinadas como duas cavidades próximas, mas distintas entre si. Sua similaridade faunística, quando comparadas como duas cavernas, apresentaram alta relação. É válido mencionar que recentes trabalhos de topografia constataram que estas

cavernas estão conectadas. Desta forma, as duas cavidades foram consideradas nas análises como uma única cavidade, pois de fato, compreendem um único sistema interconectado. Na figura 3 há a representação gráfica da análise n-MDS, verificando a similaridade das comunidades de invertebrados de cada caverna amostrada, sendo que a curva acumulativa de espécies mostrou um padrão crescente de espécies em função do número de cavernas amostradas (Figura 4).

Tabela 1 - Lista de grupos taxonômicos com seus respectivos números de morfoespécies de cada caverna. Foi estimado 100 indivíduos agregados para determinação como colônia (col.).

| | | Gruta da Lapinha | Gruta Túneis/Macumba | Gruta Helictites | Gruta Lagoa Seca | Gruta do Sumidouro | Grutas de Pacas |
|----------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|--------------------|-----------------|
| Acari | Argasidae sp1 | 6 | 1 | 1 | | | |
| | <i>Erythracarus nasutus</i> | 1 | 5 | | 2 | | |
| | <i>Gaeolaelaps</i> sp1 | 1 | | | | | |
| | Geogarypidae sp1 | 1 | 6 | | | | |
| | <i>Gigantolaelops</i> sp1 | 1 | | | | | |
| | Ixodidae sp1 | 1 | | | 1 | | 1 |
| | Labidostomatidae sp1 | 2 | | | | | |
| | Macronyssidae sp1 | | | | | 1 | |
| | Podoscinidae sp1 | 1 | | | | | |
| | <i>Stratiolaelaps</i> sp1 | 252 | | | | | |
| | Trombidiforme sp1 | | 3 | | | | |
| | Annelida | Annelida sp1 | | | | | |
| Araneae | Actinopodidae sp1 | 8 | | | | | |
| | <i>Ariadna</i> sp1 | 3 | | | | | |
| | Araneidae sp1 | | | | 1 | | |
| | <i>Ctenus</i> sp1 | 1 | | | | | |
| | <i>Ctenus</i> sp2 | | | | | 12 | |
| | Dipluridae sp1 | | 1 | | | | |
| | <i>Enoploctenus</i> sp1 | 52 | 54 | 19 | 2 | 1 | |
| | <i>Enoploctenus</i> sp2 | | 19 | | | | |
| | <i>Isoctenus</i> sp1 | | 3 | | | | |
| | Linyphidae sp1 | | 1 | | | | |
| | <i>Loxosceles</i> sp1 | 924 | 66 | 3 | 57 | 92 | |
| | <i>Mesabolivar</i> sp1 | 101 | 20 | 12 | 13 | 38 | |
| | Oonopidae sp1 | 8 | | | | | |
| | Oonopidae sp2 | 4 | | | | | |
| | Oonopidae sp3 | | 1 | | | | 3 |
| | Pholcidae sp1 | 21 | | | | | 1 |
| | Pholcidae sp2 | | 21 | 2 | | 30 | |
| | Salticidae sp1 | 1 | 2 | 1 | 4 | | |
| | Salticidae sp2 | | 1 | | 1 | | |
| Salticidae sp3 | | | 7 | | | | |
| Sicariidae sp1 | 1 | 3 | | | | | |
| Symphytognatidae sp1 | | 1 | | | | | |
| Theraphosidae sp1 | | | | | | 1 | |
| Theridiidae sp1 | 33 | | | | | | |

| | | | | | | | |
|------------|----------------------------|-----|-----|---|---|------|----|
| | Theridiidae sp2 | 1 | | | | | |
| | Theridiidae sp3 | | | | | | 1 |
| | Theridiidae sp4 | 1 | | | | | |
| | Theridiidae sp5 | | | | | 24 | 33 |
| | Theridiidae sp6 | | 6 | | | | |
| | <i>Theridion</i> sp1 | 332 | 3 | | | 68 | |
| | Uloboridae sp1 | 19 | | | | | |
| | Uloboridae sp2 | 2 | | | | | |
| | Uloboridae sp3 | | | | | | 1 |
| | Uloboridae sp4 | | | 1 | | | |
| Blattodea | Blattidae sp1 | 1 | | | | | |
| | Blattidae sp2 | | | | | 1 | 1 |
| Chilopoda | Geophilomorpha sp1 | 1 | | | | | |
| Coleoptera | Carabidae sp1 | | 2 | | | | |
| | Carabidae sp2 | | 3 | | | 1 | |
| | Chrysomelidae sp1 | | 4 | | | | |
| | Curculionidae sp1 | | 14 | | | | |
| | Dermestidae larva sp1 | 5 | | | | | |
| | Elateridae sp1 | | 1 | | | | |
| | Elateridae sp2 | | 2 | | | | |
| | Elateridae sp3 | | | | | 1 | |
| | Histeridae sp1 | 10 | | | | | |
| | Pselaphidae sp1 | | | 1 | | | 1 |
| | Ptylodactilidae sp1 | | | | 1 | | |
| | Ptylodactilidae sp2 | | 4 | | | | |
| | Scarabidae sp1 | | | | | 2 | |
| | Staphylinidae larva sp1 | 1 | | | | | |
| | Tenebrionidae larva sp1 | 43 | | 1 | | | |
| | Tenebrionidae larva sp2 | | | | 2 | | |
| | Tenebrionidae sp1 | | 1 | | | | |
| Collembola | <i>Acherontides</i> sp1 | | | | | | 2 |
| | <i>Arrhopalites</i> sp1 | | | | | | 2 |
| | Collembola sp1 | | 2 | 2 | | 1153 | 25 |
| | Collembola sp2 | | | | | 1 | |
| | Entomobryidae sp1 | 1 | 4 | | | | |
| | Entomobryidae sp2 | 50 | | | | | |
| Diplopoda | <i>Pseudonannolene</i> sp1 | 1 | 217 | 3 | | 32 | |
| Diplura | Diplatyidae sp1 | 1 | | | | | |
| | Diplatyidae sp2 | | 1 | | | | |
| Diptera | Cecidomyiidae sp1 | 2 | | | | | |
| | Ceratopogonidae sp1 | 1 | | | | | |
| | Chloropidae sp1 | | 4 | | | | |
| | <i>Conicera</i> sp1 | | 1 | | | | |
| | <i>Conicera</i> sp2 | 8 | | | | | |
| | Culicidae sp1 | 1 | | | 1 | | 4 |
| | Culicidae sp2 | | | 3 | | | |

| | | | | | | | |
|-------------|-----------------------|----|----|---|---|-----|----|
| | Culicidae sp3 | | 4 | | | | |
| | Culicidae sp4 | | 2 | | | | |
| | Diptera larva sp1 | | | | | | 3 |
| | Diptera larva sp2 | | | | | 1 | |
| | Diptera larva sp3 | | | | | 1 | |
| | Diptera sp1 | | 1 | | | | |
| | <i>Drosophila</i> sp1 | | | 2 | 1 | | |
| | <i>Drosophila</i> sp2 | | | | 1 | | |
| | <i>Drosophila</i> sp3 | | 1 | | | | |
| | <i>Lutzomya</i> sp1 | 34 | 20 | | | | 1 |
| | Milichiidae sp1 | 3 | 4 | 1 | | | |
| | Miridae sp1 | | | | | 1 | |
| | Muscidae sp1 | 1 | | | | | |
| | Otitidae sp1 | | 1 | | | | |
| | Phoridae sp1 | | 1 | | | | |
| | Phoridae sp2 | | 6 | | | 126 | |
| | Ploiaridae sp1 | 1 | 2 | | | | |
| | Ploiaridae sp2 | | | | | 3 | |
| | Psychodidae sp1 | | 3 | | | | |
| | Sciaridae sp1 | 2 | | | | | |
| | Simulidae sp1 | 1 | | | | | |
| | Simulidae sp2 | | 4 | | | | |
| | Streblidae sp1 | 1 | | | | | |
| | Trichoceridae sp1 | | | 1 | | | |
| | Trixoscelididae sp1 | | 2 | | | | |
| Gastropoda | Gastropoda sp 1 | | | | | | 1 |
| | Gastropoda sp2 | | | | | | 3 |
| | Pulmonata sp1 | | 1 | 3 | | | |
| | Pulmonata sp2 | | 1 | | | | |
| | <i>Thaumatus</i> sp1 | | 6 | | | | |
| Hemiptera | Cicadellidae sp1 | 1 | | | | | |
| | Cicadellidae sp2 | | 1 | | | | |
| | Cixiidae sp1 | | 37 | 3 | | | |
| | Hemiptera ninfa sp1 | 1 | | | | | |
| | Lygaeidae sp1 | 6 | | | | | |
| | Ortheziidae sp1 | | 1 | | | | |
| | Ortheziidae sp2 | | 4 | | | | |
| | Reduviidae sp1 | | | | | | 7 |
| | <i>Zelurus</i> sp1 | 62 | 25 | 4 | 2 | | |
| Hymenoptera | Braconidae sp1 | | 1 | | | | |
| | Eulophidae sp1 | | | | | 1 | |
| | Formicidae sp1 | 1 | | | 2 | | |
| | Formicidae sp2 | 2 | 2 | 4 | | 145 | 30 |
| | Formicidae sp3 | | | 3 | | | 1 |
| | Formicidae sp4 | | | | | | 3 |
| | Formicidae sp5 | | | 1 | | | |

| | | | | | | | |
|------------------|-------------------------|------|-----|----|-----|----|-----|
| | Hymenoptera sp1 | 1 | | | | | |
| | Ichneumonidae sp1 | | 1 | | | | |
| Isopoda | Plathyarthridae sp1 | 1 | | | | | |
| | Plathyarthridae sp2 | | | | | | 1 |
| | Plathyarthridae sp3 | | 11 | | | 1 | |
| | <i>Trichorhina</i> sp1 | 25 | | 8 | | | 36 |
| Isoptera | Nasutitermatinae sp1 | 100 | | | | | 100 |
| | Nasutitermatinae sp2 | | | | 100 | | |
| | Rhinothermitidae sp1 | | | | | | 100 |
| Lepidoptera | Hesperiidae sp1 | | 5 | | | | |
| | <i>Ipoena</i> sp1 | 2045 | 302 | 8 | | 1 | |
| | <i>Ipoena</i> sp2 | | 119 | | | | |
| | <i>Latebraria</i> sp1 | 1 | 3 | | | | |
| | Noctuidae sp1 | 86 | 111 | | | | |
| | Noctuidae sp2 | 5 | 1 | 5 | | | |
| | Tineidae larva | 10 | | 1 | | 3 | 3 |
| | Tineidae sp1 | 2 | | | | | |
| | Tineidae sp2 | 19 | | 1 | | | |
| | Tineidae sp3 | | 17 | | | 1 | |
| | Tineidae sp4 | | 7 | | | | |
| Nematoide | Nematoide sp1 | | 1 | | | | |
| Neuroptera | Myrmeleontidae sp1 | 4 | 2 | 4 | | 10 | |
| Opiliones | Tricommatine sp1 | | 1 | | | | |
| Orthoptera | <i>Endecous</i> sp1 | 394 | 63 | | | 23 | 114 |
| | <i>Endecous</i> sp2 | | | 16 | | | |
| | Gryllidae sp1 | | | | | | 1 |
| Palpigradi | <i>Eukoenia</i> sp1 | 9 | | | | 5 | |
| Pseudoscorpiones | Pseudoscorpiones sp1 | | | | 2 | | |
| | Pseudoscorpiones sp2 | 16 | 15 | | | 1 | 4 |
| | Pseudoscorpiones sp3 | | | 3 | | | |
| | Pseudoscorpiones sp4 | | | 2 | | | |
| | Cheiridiidae sp1 | 1 | | | | | |
| Psocoptera | Elipsocidae sp1 | | 7 | | | | |
| | Lepidopsocidae sp1 | 7 | 1 | | | 2 | 1 |
| | Liposcelidae sp1 | | 2 | | | | |
| | Liposcelidae sp2 | | 1 | | | 7 | |
| | Psocidae sp1 | | | 1 | | | |
| | Psyllipsocidae sp1 | | | 9 | 7 | | 15 |
| | Psyllipsocidae sp2 | | 22 | | | | |
| | Psyllipsocidae sp3 | | 3 | | | | |
| | Psyllipsocidae sp4 | | | | | 52 | |
| | <i>Psyllipsocus</i> sp1 | 308 | | | | | |
| | Ptiloneuridae sp1 | 2 | 1 | | | 1 | |
| | Ptiloneuridae sp2 | 1 | | | | | |
| Scorpiones | <i>Tityus</i> sp1 | 1 | | | | | |
| | <i>Tityus</i> sp2 | 1 | | | | | |

| | | | | | | | |
|----------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| Symphyla | Symphyla sp1 | | | | | | 10 |
| | | 5766 | 1358 | 140 | 206 | 1940 | 551 |

Tabela 2: Índices ecológicos das cavidades no P.E. do Sumidouro em coletas realizadas no período de seca. Abrv.: α – riqueza, D – Dominância, H' – Diversidade e J – Equitabilidade, β – diversidade beta.

| | Lagoa Seca | Helictites | Túneis/Macumba | Lapinha | Sumidouro | Pacas |
|----------------------------|------------|------------|----------------|---------|-----------|--------|
| α | 17 | 31 | 78 | 75 | 34 | 31 |
| D | 0,3345 | 0,06391 | 0,1067 | 0,215 | 0,4088 | 0,1431 |
| H' | 1,563 | 3,074 | 2,893 | 2,164 | 1,573 | 2,331 |
| J | 0,5308 | 0,8791 | 0,6621 | 0,5013 | 0,4461 | 0,6668 |
| β | 41,71% | | | | | |

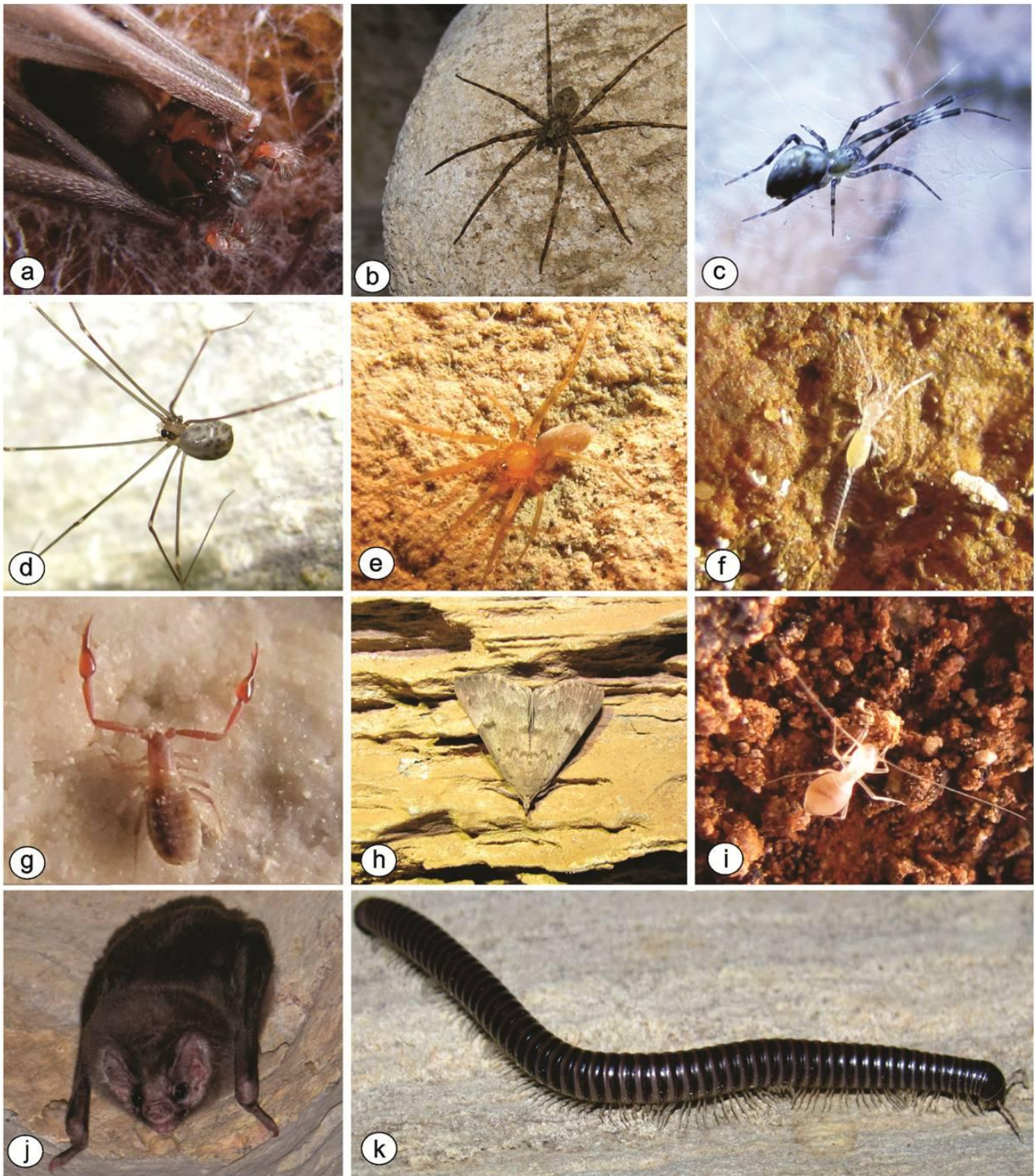


FIGURA 1 – Exemplos de morfoespécies encontrados: a) *Loxosceles* sp; b) *Enoploctenus* sp; c) Uloboridae sp1; d) Pholcidae sp; e) Theridiidae sp; f) *Eukoenia* sp.; g) Pseudoscorpiones sp.; h) *Hypoena* sp.; i) *Psyllipsocus* sp.; j) *Diphylla ecaudata*; k) *Pseudonannolene* sp.

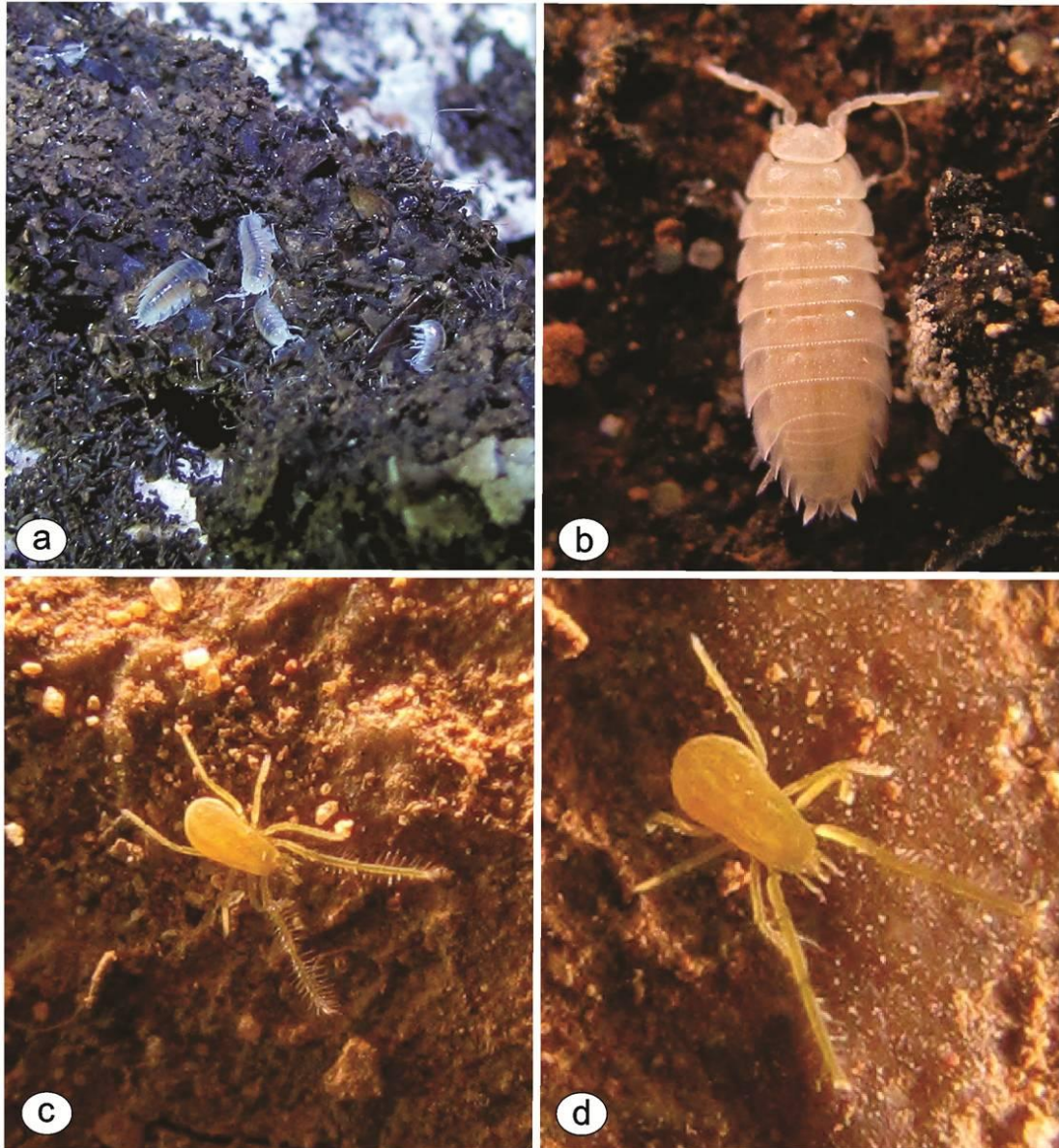


FIGURA 2 – Morfoespécies Troglóbias encontradas: a,b) *Trichorhina sp*; c,d) Labidostomatidae.

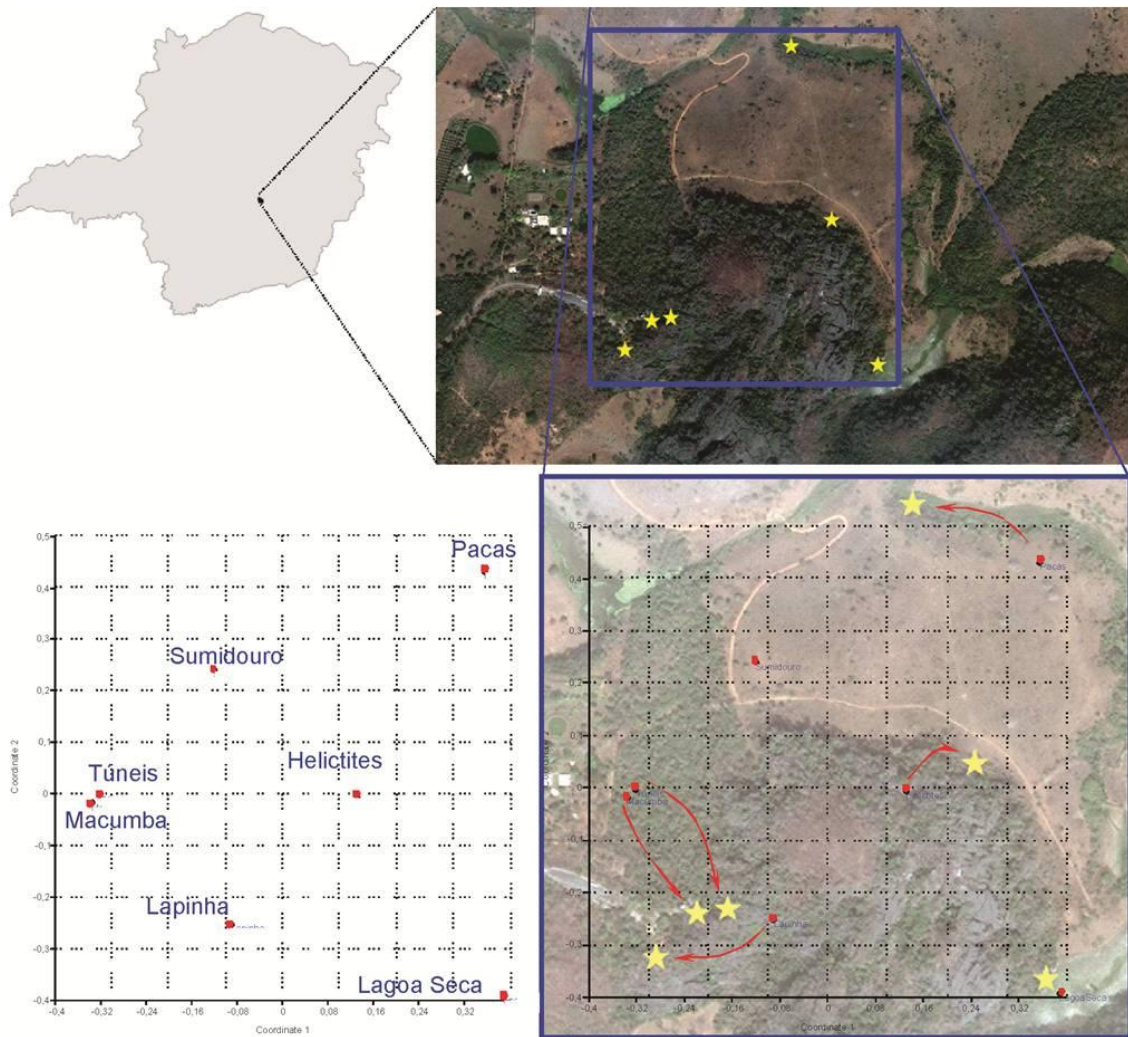


FIGURA 3 – Escalonamento multidimensional não métrico n-MDS apresentando a similaridade das comunidades das cavidades em virtude da distância entre elas. Os pontos em vermelho correspondem a posição das cavernas a partir do n-MDS e as estrelas a real localização dessas. Pontos referentes a Túneis e Macumba estão separados, entretanto representam o mesmo sistema.

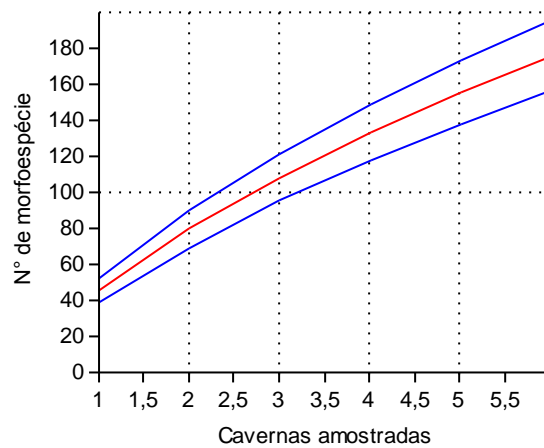


FIGURA 4 - Curva cumulativa de espécies em função do número de cavernas amostradas no Parque Estadual do Sumidouro. A linha vermelha corresponde à curva cumulativa observada e as linhas azuis o desvio padrão.

Impactos sobre as cavernas

Com exceção de Lagoa Seca, todas as cavidades apresentam modificações antrópicas de diferentes graus. A gruta da Lapinha compreende o caso mais extremo, possuindo alterações no piso (nivelamento), escadas e rede elétrica (fios) distribuídas nos contornos dos condutos (Fig. 5). Além dessas foram encontradas pichações e rabiscos nas paredes das cavidades feitas por visitantes. Na gruta Túnies/macumba foi encontrado restos de velas em diferentes pontos, foi também encontrada uma “porta” separando dois condutos e alguns altares para santos nas paredes. Na gruta do Sumidouro foram encontrados também alguns rabiscos e desenhos pintados na parede. Por fim, a gruta de Pacas foi a que exibiu menores modificações, pois foram observadas apenas modificações no piso para facilitar a passagem por condutos estreitos. Um fato que merece atenção é a grande quantidade de lixo encontrado na gruta do Sumidouro (efluentes). Isso ocorre devido à deposição desses no entorno ou mesmo no corpo d’ água (Sumidouro) que transporta o lixo para o interior da cavidade.

O entorno das cavernas mostrou-se pouco preservado. No caso da gruta da Lapinha, estão estabelecidas algumas barracas de comerciantes, além de alterações, tais como corredores de pedras, estacionamento, construções de centro de visitantes, restaurantes e postos de informação. As outras cavidades não apresentaram tantas modificações estruturais, entretanto, há pouca mata original preservada, sendo que grande parte é composta de pastagem com a presença de gado.

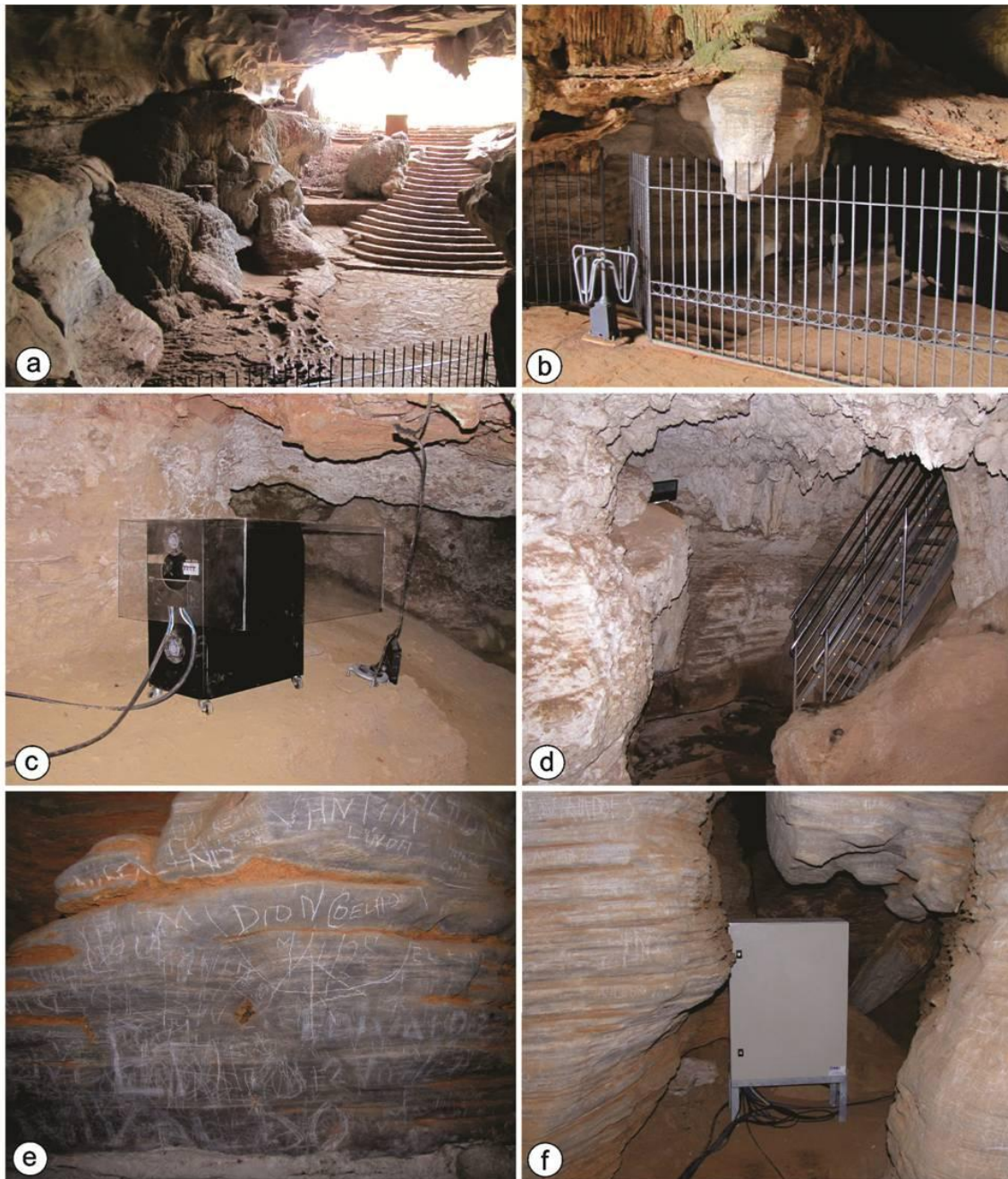


FIGURA 5 – Impactos antrópicos encontrados na Gruta da Lapinha: a) Modificações no piso da entrada, b) Instalação de catraca e portão na entrada da gruta, c) Equipamento de iluminação junto de cabos, d) Escadas instaladas no conduto, e) Pichações de visitantes, f) Equipamento elétrico.

4. DISCUSSÃO

Caracterização trófica das cavernas

De fato, a situação trófica da cavidade pode influenciar na composição faunística encontrada. Souza-Silva (2011b) em trabalho feito na Lapa do Córrego dos Porcos (Damianópolis/GO) avaliou a fauna em função da condição trófica da cavidade. Tal autor encontrou uma relação entre a disponibilidade de recursos e a riqueza e abundância das morfoespécies. Assim, no caso das grutas Helictites e Lagoa Seca, a

baixa riqueza pode decorrer da pouca matéria orgânica disponível. Embora a quantidade de matéria orgânica não tenha sido quantificada neste trabalho, nenhum depósito orgânico foi evidenciado nestas cavidades. Por outro lado, na gruta da Lapinha, foram encontrados muitos depósitos de guano, em especial de morcegos hematófagos e insetívoros, além de restos de folhas e galhos presentes nas regiões de entradas da gruta. Portanto, a maior quantidade de recursos disponíveis é um fator determinante na riqueza e abundância da fauna destas cavidades (SOUZA-SILVA, 2003; SOUZA-SILVA *et al.*, 2007; SOUZA-SILVA *et al.*, 2011a).

Muito em virtude da visitação em massa na Lapinha, os restos de lixo deixado pelos turistas e os próprios equipamentos instalados, juntamente com os microorganismos associados a estes, servem também como uma fonte alternativa de recursos para a fauna. No caso encontrado na Gruta de Maquiné, em função de diversas modificações na entrada da cavidade e no entorno, esses “restos” do turismo acabam sendo uma importante fonte de recurso, inclusive influenciando na distribuição das morfoespécies (FERREIRA, 2004; SOUZA, 2012).

A Gruta Sumidouro e Gruta Pacas são as únicas que apresentam corpos de água. Tal fato pode ter sido determinante na presença de certos grupos, como Annelida, larvas de Diptera e da Isopoda Plathyarthridae. Nas grutas de Lapinha e Helictites, não há presença de corpos de água no interior das cavidades, entretanto, apresentam elevada umidade. Assim, as morfoespécies de Ceratopogonidae, Cecidomyidae, Simuliidae, Plathyarthridae, Staphylinidae e Pulmonata, podem ter ocorrido nessas cavidades em virtude dessa condição de umidade.

Padrões gerais de riqueza e diversidade

As variações nos parâmetros biológicos observadas nas cavernas do parque do Sumidouro são esperadas, e decorrem das diferentes condições físicas, tróficas e dinâmicas de cada um dos sistemas estudados. Por mais parecidas que as cavidades possam ser, dificilmente possuirão atributos biológicos semelhantes, em função da complexidade (e dinamismo) das interações que estruturam cada comunidade.

Em um estudo feito na região cárstica de Arcos, Pains e Doresópolis, Zampaulo (2010) inventariou 296 cavernas calcárias. A média de riqueza encontrada para a região correspondeu a 35 morfoespécies. Tal resultado foi menor do que o encontrado nas cavernas de Lagoa Santa, na qual foi encontrada uma riqueza média de 41,8 morfoespécies por caverna. Muito dessa diferença se deve aos diferentes estados de conservação de cada uma destas regiões, e a diferença entre o número de cavernas amostradas, sendo que a região de Pains está bem mais alterada que a região do presente estudo (em especial em função de atividades minerárias). Outro fator que eventualmente influencia a diferença observada se deve ao tamanho das cavidades, já que as cavernas amostradas no presente estudo são consideravelmente maiores que as coletadas por Zampaulo (2010). Ferreira (2004) e Souza-Silva e colaboradores (2011a) demonstraram que a riqueza das comunidades subterrâneas mostra relação positiva e significativa com o tamanho das cavernas.

Gomes e colaboradores (2000) realizaram um levantamento faunístico em uma caverna presente no município de Matozinhos (gruta da Ciminás) por meio de quatro coletas (em duas estações). Tais autores encontraram um total de 66 morfoespécies, das quais 10 foram exclusivamente encontradas em serrapilheira e 12 exclusivamente encontradas em guano. Os grupos encontrados por estes autores foram similares aos encontrados neste estudo (15 famílias são comuns a ambos os trabalhos). A diferença

mais marcante corresponde a uma morfoespécie de *Charinus* (Amblypygi: Charinidae) observada na gruta da Ciminás e que não foi registrada nas cavernas do parque do Sumidouro.

Já na Gruta da Lavoura, também no município de Matozinhos, Ferreira e colaboradores (2000) realizaram um estudo referente a comunidades de invertebrados associadas a depósitos de guano. Para tal, além da realização de coletas manuais, utilizaram extratores de Berlese-Tullgren. Foram encontradas 51 morfoespécies pertencentes a 41 famílias, das quais duas morfoespécies eram troglomórficas. Uma delas compreende um Isopoda Platyarthridae, mesma família que ocorre em Lapinha, Pacas e Helictites. Os referidos autores coletaram 30 morfoespécies por meio de buscas visuais, sendo que 21 morfoespécies foram coletadas somente por meio de extratores de Berlese-Tullgren. Tal fato evidencia a importância do uso de métodos adicionais de coleta em inventários de substratos orgânicos em cavernas (como guano). Como o presente trabalho foi realizado somente por meio de buscas visuais, acredita-se que o emprego de outros métodos de coleta (em inventários futuros) possa revelar muitas novas morfoespécies (em especial de grupos de reduzido tamanho, como ácaros).

O valor máximo de diversidade dentre as sete cavidades foi de Helictites ($H = 3,074$) o qual foi menor do que a diversidade máxima encontrada em cavernas da Mata atlântica ($H = 3,15$) por Souza-Silva (2011b). Em relação a diversidade média das cavidades ($H = 2,266$) essa foi também menor do que a média encontrada em cavernas de Arcos/Pains/Doresópolis ($H = 2,46$) por Zampaulo (2010) e do que a média nas quinze cavidades de Cordisburgo – MG ($H = 2,52$) inventariadas por Souza (2012). Os menores valores de diversidade nas grutas podem ter sido acarretados por inúmeros fatores, como por exemplo, o estado de conservação da cavidade ou do entorno.

Impactos sobre as cavernas

Segundo Ruschmann (2004), os efeitos negativos que a prática do turismo pode acarretar nas cavernas compreendem quaisquer modificações de natureza humana, independente do grau ou intensidade. Apesar de cavidades onde ocorre turismo em massa possuírem guias e orientadores, a presença e a circulação de pessoas podem afetar direta e indiretamente o ambiente subterrâneo.

Outros aspectos, além do turismo nas cavidades, devem ser levados em consideração, como o grau de modificação das áreas de entorno das entradas das cavernas. Muitas vezes estas áreas são utilizadas para comércio e recreação, suplementando a visita turística da própria cavidade. Marra (2001) salientou a necessidade de um cuidado maior com o entorno das cavidades, afirmando que estes espaços são de suma importância para o equilíbrio da caverna.

Várias cavidades já sofreram danos irreversíveis pelo turismo no Brasil. Pode-se citar a gruta de Maquiné (Cordisburgo/MG), Caverna do Diabo (Eldorado/SP) e gruta Rei do Mato (Sete Lagoas/MG), que tiveram instalações de iluminação e modificações nos pisos (nivelamento e degraus) (FERREIRA, 2004; BOGGIANI *et al.*, 2007; BERNARDI *et al.*, 2011).

Nesse mesmo âmbito, Souza-Silva (2009) em trabalho referente à caracterização ecológica de grutas no Parque Nacional de Ubajara (Ceará) citaram a dificuldade de se analisar os efeitos do turismo sobre a fauna, muito em função da escassez de dados anteriores à instalação destas atividades nas cavernas. Assim, a maioria das análises já realizadas nestas cavernas não prediz o efeito real do turismo, mas sim a grau de conservação da cavidade.

Relatos de efeitos antrópicos em cavidades são relativamente comuns em todo o país. Zampaulo (2010) citou a ação de mineradoras nos municípios de Arcos, Doloresópolis e Pains. Ferreira (2004), Souza-Silva (2011a) e Souza (2012) apresentaram alguns usos de cavidades para turismo, como Maquiné. Ferreira (2004) citou várias cavernas que sofrem forte influência de visitação, incluindo o uso para criação de animais domésticos.

Souza (2012) encontrou um total de 70 morfoespécies, distribuídas em 55 famílias na Gruta de Maquiné, situada em Cordisburgo (MG). Esta caverna, também é aberta à visitação pública, possuindo infra-estrutura de adequação ao turismo de massa, como ocorre na gruta da Lapinha. No entanto, a gruta de Maquiné possui uma maior riqueza de morfoespécies troglóbias (12 morfoespécies) sendo que estas morfoespécies distribuem-se em rotas comuns ao turismo. Esta riqueza certamente decorre de fatores históricos de isolamento de populações. Salienta-se que embora impactante, a atividade turística na gruta de Maquiné ainda manteve populações de diferentes morfoespécies troglóbias, embora seja prematuro afirmar que estas populações encontrem-se fora de risco. Entretanto, destaca-se que a baixa riqueza de morfoespécies troglóbias observada na gruta da Lapinha pode eventualmente corresponder à realidade da caverna, e não ao impacto gerado pelo turismo, embora esta afirmação também seja especulativa.

Outro ponto que deve ser ressaltado nas cavidades estudadas foi o estado de degradação da região de entorno das entradas. A gruta da Lapinha (caso mais extremo) possui completa modificação nos arredores a fim de facilitar a circulação dos visitantes. As outras cavidades não possuem alterações antrópicas tão acentuadas, mas foram comumente observadas pastagens próximas. Estas alterações são potencialmente danosas à fauna subterrânea, visto que as matas de entornos são fundamentais para o aporte de recursos e facilitação na colonização de novas espécies. Em relação a este tipo de impacto, Ferreira (2004) amostrando 113 cavernas de diferentes regiões cársticas observou pastagens em cerca de 60% das cavernas e desmatamento em 55% das cavidades estudadas.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Considerando a intensa visitação que ocorre na gruta da Lapinha e no Parque Estadual do Sumidouro, é essencial um constante controle, para que não haja o comprometimento da estrutura física e biológica da região. Sobre as cavernas amostradas, somente a gruta Túneis/Macumba possuem um potencial para uma futura implantação de turismo espeleológico, visto que esta apresenta uma considerável beleza cênica, entrada e condutos de fácil acesso. Já as grutas de Pacas, Lagoa Seca, Sumidouro e Helictites são impróprias para a visitação, já que apresentam entradas de difícil acesso, morfoespécies troglóbias ou depósitos de lixos. A gruta da Lapinha, como já mencionado, apresenta inúmeras modificações, entre elas as rotas de caminhamento para os turistas, selecionando assim somente determinadas partes da cavidade para a visitação, deixando os demais locais vetados, tornando estes importantes refúgios para a fauna.

Estudos acerca da fauna de cavernas utilizadas para o turismo são extremamente importantes, pois compreendem o primeiro passo para se tentar manter uma comunidade minimamente alterada e promover a sua manutenção ao longo do tempo. É fundamental conhecer como as espécies distribuem-se no ambiente e quais são suas interações. Cavidades turísticas trazem muitos benefícios para uma região, como geração de empregos, crescimento socioeconômico, e talvez o mais importante, a educação

ambiental. Esta última atua diretamente na conscientização dos turistas em relação à preservação desses ambientes sobre o ponto de vista biológico, geomorfológico, cultural e científico. Tal ação promove a formação de uma população consciente sobre a extrema importância das cavernas e a necessidade de seu uso sustentável e preservação, permitindo assim que as futuras gerações também possam partilhar de tamanha beleza encontrada nesses ambientes.

6. AGRADECIMENTOS

Ao IEF pelo apoio logístico e estrutural. Á todos os membros do Laboratório de Ecologia Subterrânea pelo grande auxílio nas coletas e identificação dos invertebrados. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa (processo N°. 115499/2011-3). Rodrigo Ferreira agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (processo No. 301061/2011-4) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG CRA PPM 00433/11) pelo apoio financeiro.

7. REFERÊNCIAS

BARR, T. C.; KUEHNE, R. A. Ecological studies in the Mammoth Cave ecosystems of Kentucky. II. The ecosystem. *Annales de Spéléologie*, 26: 47-96. 1971.

BERNADI, L. F. O.; SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R. L. Efeitos do uso turístico sobre cavidades subterrâneas artificiais: subsídios para o uso antrópico de sistemas subterrâneos. *Tourism and Karst Areas*. v. 4, n. 2, p. 71-88, 2011.

BERBERT-BORN, M. Carste de Lagoa Santa - berço da paleontologia e da espeleologia brasileira. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. V. 1, 430 pp. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio015/sitio015>. Acesso em 17 junho. 2013-06-17.

BOGGIANI, P.C.; SILVA, O.J. DA; GESICKI, A.L.D.; GALLATI, E.A.B.; SALES L. de O.; LIMA, M.M.E.R. Definição de capacidade de carga turística das cavernas do Monumento Natural Gruta do Lago Azul (Bonito, MS). *Geociências*, v. 26, n. 4, p. 333-348, 2007.

CULVER, D. C. *Cave Life: Evolution and Ecology*. Massachusetts and London: Harvard University Press. Cambridge. 189pp. 1982.

FERREIRA, R. L.; MARTINS R. P.; YANEGA, D. Ecology of bat guano arthropod communities in a brazilian dry cave. *Ecotropica*. v. 6, n. 2, p. 105-116, 2000.

FERREIRA, R. L. *A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos*. 2004. 81f. Tese de doutorado, UFMG, Belo Horizonte, 2004.

- GILBERT, J.; DANIELPOL, D. L., & STANFORD, J. A. *Groundwater Ecology*. V. 1. Academic Press Limited, San Diego, California, 571 pp. 1994.
- GOMES, F. T. M. C.; FERREIRA, R. L.; JACOBI, C. M. Comunidade de artrópodes de uma caverna calcária em área de mineração: composição e estrutura. *Rev. bras. de Zoociências*, V. 2 N° 2. p. 77-96. 2000.
- HARRISON, S.; ROSS, S. J.; LAWTON, J. H. Beta Diversity on Geographic Gradients in Britain. *The Journal of Animal Ecology*, V. 61, N° 1. p. 151-158. 1992.
- MAGURRAN, A. E. Measuring biological diversity. *Blackwell Science*, Ltd, 256 pp. 2004.
- MARRA, R. J. C. *Espeleoturismo: planejamento e manejo de cavernas*. Brasília: WD Ambiental, 2001.
- POULSON, T. L.; WHITE, W. B. The cave environment. *Science*, v.165, p.971 – 981. 1969.
- RUSCHMANN D. V. M.. *Turismo e planejamento sustentável: a proteção do meio ambiente*. 11.ed. Papirus, Campinas. 175 pp. 2004.
- SIMON, K.S.; T. PIPAN; & D.C. CULVER . A conceptual model of the flow and distribution of organic carbon in caves. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 69, no. 2, p. 279–284. 2007.
- SOUZA-SILVA, M. *Dinâmica de disponibilidade de recursos alimentares em uma caverna calcária*. 2003. 38f. Dissertação de mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, 2003.
- SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA. R. L. Caracterização ecológica de algumas cavernas do Parque Nacional de Ubajara (Ceará) com considerações sobre o turismo nestas cavidades. *Revista de biologia e ciências da terra*. v. 9. n. 1. 59-71. 2009.
- SOUZA-SILVA, M; MARTINS R. P.; FERREIRA R. L. Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest. *Biodiversity and Conservation*. 2011a. DOI 10.1007/s10531-011-0057-5
- SOUZA-SILVA, M.; MARTINS R. P.; FERREIRA R. L. Trophic Dynamics in a Neotropical Limestone Cave. *Subterranean Biology*. v.9, 127-138. 2011b.
- SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA R L.; BERNARDI, L. F. O.; MARTINS, R. P. Importação e processamento de detritos orgânicos em uma caverna calcária. *Espeleo-Tema*. 31-41(19). 2007
- SOUZA, M.F.V.R.. *Diversidade de invertebrados subterrâneos da região de Cordisburgo, Minas Gerais: Subsídios para definição de cavernas prioritárias para*

conservação e para o manejo biológico de cavidades turísticas. 2012. 52f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

ZAMPAULO, R. A. *Diversidade de invertebrados cavernícolas na Província Espeleológica de Arcos, Pains e Doresópolis (MG): subsídios para a determinação de áreas prioritárias para conservação*. 2010. 95f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

WHITTAKER, R.M. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*. v. 30. p. 279-338. 1960.