



Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos – IBES
CNPJ 06.170.533/0001-06
ibesubterraneos@gmail.com

RELATÓRIO FINAL

Diversidade de Arthropoda em cavidades da Floresta Nacional de Carajás e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos - o habitat subterrâneo, a conectividade entre suas populações e a influência do entorno

Edital de Chamada Pública no 001-18 “Plano de pesquisa de geossistemas ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás”, TCCE Nº 01/2018 – ICMBio.

Jéssica Scaglione Gallo
Presidente do Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos

Jonas Eduardo Gallão
Coordenador do Projeto

ABRIL 2024

INTRODUÇÃO

O ambiente subterrâneo

O desenvolvimento de ambientes subterrâneos (ou meio hipógeo) ocorre principalmente em terrenos cársticos. Os terrenos cársticos, que ocupam de 12 a 15% da superfície da terra (Ford & Williams, 2013) são formados principalmente por rochas carbonáticas, por exemplo os calcários e dolomitos. Conseqüentemente, a maioria dos ambientes subterrâneos está presente neste tipo de rocha, entretanto sistemas subterrâneos podem ser formados em outras rochas sedimentares (arenito e folhelho por exemplo), rochas metamórficas (quartzito, mármore e formações ferruginosas), rochas magmáticas (granito e basalto - esta última pode ser formadora das cavidades de tubos em lava) (Palmer, 2007). O carste, mais comumente formado de rochas carbonáticas, pode apresentar intemperismo químico, devido intensa dissolução do carbonato de cálcio (principal componente deste tipo de rocha) (Palmer, 2007). A paisagem cárstica típica de um terreno carbonático pode ser dividida em vários horizontes/perfis: exocarste – formações cársticas de superfície (como dolinas, sumidouros, ressurgências e lapiás); epicarste - formações cársticas na zona de contato solo-rocha (entre o exocarste e endocarste), apresentando sistemas heterogêneos de fendas, nos quais a água escorre por gravidade e pode ser retida por períodos variáveis de tempo, desde alguns anos a milhares; e o endocarste – que representam as feições cársticas da sub-superfície (aqui estão as cavidades propriamente ditas, bem como as estalactites e estalagmites).

Como visto, o principal meio de desenvolvimento de ambientes e sistemas subterrâneos é o intemperismo químico de rochas solúveis (carbonáticas). Entretanto há outros meios de formação destes peculiares ambientes, principalmente se considerarmos as rochas não solúveis. Desta forma, abatimento de blocos, captura de rios (estes principalmente em arenitos e quartzitos), processos erosivos mecânicos, junção de conglomerados de blocos (principalmente em rocha granítica) e resfriamento de lava (este principalmente em basalto) contribuem para o desenvolvimento de sistemas hipógeos (Juberthie, 2000). Estes sistemas podem ser preenchidos por água ou ar, apresentando diferentes graus de conexão entre si, dependendo da rocha na qual se originaram (Culver & Pipan, 2019b).

Apesar de conhecidas, as cavidades (mais comumente denominadas cavernas) não representam o único ambiente subterrâneo, entretanto, estas são

objetivo da maioria dos estudos com foco em ambientes subterrâneos, visto que apresentam os maiores espaços hipógeos penetráveis pelo homem. O epicarste também representa um ambiente subterrâneo, o qual pode conter fauna especializada e exclusiva, acessada de forma indireta ou mesmo por condutos que formam as cavidades. Estudos de fauna epicárstica neotropicais têm revelado grande diversidade de espécies incluindo rotíferos, copépodes e insetos (Simões et al., 2013); ainda o único vertebrado que ocorre neste tipo de horizonte foi descrito para o Brasil, o bagrinho *Ituglanis epikarsticus* Bichuette & Trajano, 2004, proveniente de aquíferos superiores formados por água de percolação em caverna do nordeste de Goiás (Bichuette & Gallão, 2021). Outro meio subterrâneo tão relevante, quanto os anteriormente descritos, consiste no Meio Subterrâneo Superficial (MSS - milieu souterrain superficiel) (Juberthie et al., 1980). Este habitat é formado por fendas e espaços de tamanhos medianos originados pela desagregação e acúmulo tanto de rochas solúveis ou insolúveis. Recentemente foi descrito um novo ambiente subterrâneo - Meio Subterrâneo Superficial Aluvial (Alluvial MSS), que consiste em um MSS em drenagens secas (Ortuño et al., 2013). O MSS pode abrigar fauna exclusiva e especializada como isópodes, coleópteros, grilos, pseudoescorpiões, opiliões, aranhas etc. (Juberthie, 2000; Ortuño et al., 2013). Por fim, há o habitat hipotelminorréico (ou hiporréico), exclusivamente aquático, representando um conjunto de sedimentos saturados nas calhas de rios, coberto por argila impermeável e formado principalmente em áreas não cársticas (Culver & Pipan, 2019b). A composição de fauna desse ambiente é representada principalmente por anfípodes e isópodes aquáticos (Culver & Pipan, 2019b), e representa uma via de colonização para peixes subterrâneos (Bichuette et al., 2015).

Em habitats subterrâneos suficientemente grandes, principalmente referindo-se às cavidades, há a distinção de três zonas ambientais delimitadas de acordo com a influência do meio externo (Howarth, 1983). A zona de entrada representa a interface entre o meio epígeo e o hipógeo, com incidência direta de luminosidade e apresentando mais características dos ambientes superficiais; a zona de penumbra na qual a luminosidade diminui progressivamente conforme a distância da entrada e não há incidência direta de luz e, por fim, a zona afótica (ou profunda) em que há ausência total e permanente de luminosidade, o ambiente torna-se relativamente estável e praticamente não há influência do meio externo (Culver & Pipan, 2019b; Poulson & White, 1969). A característica mais peculiar e

marcante dos ambientes subterrâneos é a ausência total e permanente de luminosidade natural (Poulson & White, 1969). Por conseguinte, não há nestes ambientes produtores primários fotossintetizantes, o que acarreta modificações nas teias alimentares, uma tendência à escassez alimentar e dependência de principalmente de recursos alóctones (Langecker, 2000). Entretanto, a tendência à escassez alimentar vem sendo revista, principalmente em cavidades da região Neotropical que podem possuir uma abundância de recursos (Resende & Bichuette, 2016). Deste modo, há uma tendência de que a efetiva colonização de ambientes subterrâneos não seja efetuada por todos os organismos de superfície, mas por populações capazes de se orientar em completa escuridão e sobreviver em alta umidade relativa do ar (Bichuette & Trajano, 2003). Ainda, as comunidades subterrâneas são compostas por populações em diferentes condições de especializações e/ou adaptações (Gibert & Deharveng, 2002). Os habitantes do meio subterrâneo, uma vez que tenham sucesso na colonização, foram objetivo de vários estudos a fim de categorizá-los em relação ao modo de vida e à dependência destes ambientes (Racovitza, 1907; Schiner, 1854; Trajano & Cobolli, 2012) entre outros; veja (Trajano & de Carvalho, 2017) para um detalhado e preciso histórico de categorização da fauna hipógea). Apesar dessas várias tentativas posteriores, o modelo mais aceito para a categorização ecológico-evolutiva da fauna hipógea ainda consiste nos trabalhos de Schiner-Racovitza. Deste modo, populações troglófilas são capazes de completar o ciclo de vida tanto no meio epígeo quanto no hipógeo, mantendo fluxo gênico e indivíduos podendo se mover entre os dois ambientes; populações troglógenas habitam o meio hipógeo, entretanto devem deslocar-se à superfície devido a necessidades encontradas somente em meio epígeo (principalmente relacionadas à alimentação e reprodução); por fim, as populações troglóbias são exclusivas e totalmente dependentes de ambientes subterrâneos, destarte, não são mais capazes de sobreviverem em superfície. Recentemente, ocorreu a incorporação de conceitos de metapopulações (fonte-sumidouro) à categorização ecológico-evolutiva de Schiner-Racovitza (Trajano, 2012). Desta forma, troglófilos estabelecem populações-fonte tanto em meio epígeo quanto hipógeo; troglógenos estabelecem populações-fonte epígeas que utilizam periodicamente os recursos do meio hipógeo - em troglógenos obrigatórios há a total dependência de recursos dos dois ambientes - e troglóbios são populações-fonte exclusivamente subterrâneas (Trajano, 2012). Aqui, faz-se importante salientar que

as três categorias ecológico-evolutivas são igualmente subterrâneas, adaptadas ao modo de vida hipógeo, cada um a seu modo particular (Trajano & de Carvalho Marcelo, 2017). Os troglóbios, restritos ao meio subterrâneo, podem apresentar autapomorfias relacionadas ao modo de vida em total escuridão e alta umidade relativa do ar, denominados troglomorfismos (termo cunhado por (Christiansen, 1962). Os troglomorfismos mais evidentes e comuns são a redução ou perda total de estruturas visuais e/ou pigmentação do corpo (Christiansen, 1962). Atualmente sabemos que há mais caracteres troglomórficos como aumento de estruturas e apêndices sensoriais, redução na espessura cuticular, mesmo que não morfológicos como, maior longevidade, redução de ritmos circadianos, maior capacidade de longos períodos sem alimento, estratégias reprodutivas tipo K, baixa taxa metabólica, crescimento lento, maturidade retardada, menor número de prole (Trajano & Bichuette, 2006). Desta forma, os troglomorfismos frequentemente são a causa da incompatibilidade de populações troglóbias colonizarem o meio epígeo, porém não as definem (Trajano & de Carvalho Marcelo, 2017).

Cabe ressaltar que muitos pesquisadores inferem troglóbios à presença de troglomorfismos. Todavia, troglóbios são definidos pela restrição e obrigatoriedade ao meio subterrâneo (Trajano & de Carvalho Marcelo, 2017). Além disso, troglomorfismos não são exclusivos de populações troglóbias, visto que fauna endógea, ou mesmo de profundidades marinhas e calhas de grandes rios podem apresentar redução de estruturas visuais e/ou pigmentação do corpo. Ainda, os troglomorfismos morfológicos mais conspícuos, como redução de estruturas oculares e pigmentação são denominadas equivocadamente de “evolução regressiva” (Trajano & Bichuette, 2006), representando uma visão simplista da evolução de fauna troglóbia. Os estados de caracteres derivados podem ser aditivos ou regressivos, os quais podem representar incremento ou diminuição em tamanho, intensidade e/ou complexidade de estruturas, comportamentos ou processos fisiológicos (Trajano & Cobolli, 2012). Os processos evolutivos podem ocorrer por seleção, direta ou indiretamente, ou pelo relaxamento de pressões seletivas (Jeffery, 2005; Wilkens, 2010). Os processos de seleção implicam em adaptações das populações troglóbias ao meio subterrâneo, ou seja, estão diretamente relacionados ao fitness da espécie. Dentre a seleção direta temos comportamentos que aumentam a eficiência alimentar com o aumento espacial na procura de alimento ou até mesmo o incremento na comunicação química (Parzefall & Trajano, 2010). A

seleção indireta está relacionada aos efeitos de pleiotropia. Em estudo com o desenvolvimento embrionário do peixe *Astyanax fasciatus* Cuvier, 1819, Jeffery et al., (2003) demonstrou que o aumento do número de botões gustativos estava relacionado à redução da complexidade das estruturas oculares representando uma compensação sensorial e ambos os caracteres estavam condicionados aos mesmos genes alelos. A teoria neutralista, baseia-se no fato de que o acúmulo de mutações neutras provoca efeitos deletérios de estruturas e funções e devido ao relaxamento das pressões seletivas, tais fenótipos perduram nas populações (Wilkens, 2010). Há ainda outra teoria para o surgimento de estados derivados em troglóbios denominada teoria da economia de energia, entretanto este modelo está em descrédito já que além do pouco suporte empírico, nem todo troglóbio troglomórfico ocorre em ambiente pobre em energia (Trajano, 2012). Em relação à colonização, há alguns modelos que tentam explicar a conquista de um ambiente totalmente escuro: o modelo de colonização ativa (Juberthie, 1983), o modelo de regressão (Botosaneanu & Holsinger, 1991) e o de colonização passiva (Howarth, 1993). O modelo de colonização ativa prega que este processo corresponde a dispersão natural das espécies, a ocupação de um nicho (no caso os ambientes subterrâneos) que antes não estava ocupado (Barr, 1968; Juberthie, 1983; Poulson & White, 1969). Este modelo de colonização ativa está relacionado à presença de caracteres que conferem vantagem neste novo regime seletivo. Tais caracteres foram previamente e independentemente selecionados em outro ambiente - exaptação (*sensu* Arnold, 1994) e devido a coincidência de requisitos ecológicos, estas populações podem naturalmente estender a distribuição aos ambientes subterrâneos (Trajano & Cobolli, 2012). Dentre estes caracteres estão atividade noturna, não dependência de orientação visual, alimentação oportunista e generalista. Em contraste, no modelo de regressão, a colonização de ambientes subterrâneos deu-se pelas flutuações climáticas do Quaternário, em que havia drástica alternância entre períodos úmidos e secos, este último intolerável para muitas populações. Assim, houve uma colonização “forçada” em que as cavidades se apresentaram como únicos refúgios perante as intempéries superficiais. Entretanto, Trajano (1995), discute a imensa quantidade de populações troglófilas num mesmo grupo de animais e que estes colonizam os ambientes subterrâneos como ampliação natural de habitats. Em vista disso, este modelo está mais relacionado à origem de populações troglóbias, principalmente em zonas temperadas - Teoria do Efeito do Pleistoceno (Barr, 1968;

Culver & Pipan, 2019a; Holsinger & Culver, 1988). O qual também pode ser estendido às zonas tropicais devido à retração de vegetação nestes períodos glaciais e consequente isolamento de populações anteriormente troglófilas em ambientes subterrâneos (Gnaspini & Trajano, 1994; Trajano, 1995). Entretanto, esta colonização “forçada” devido a condições epígeas desfavoráveis e consequentemente especiação resultante em populações troglóbias é muito questionável (Trajano & Cobolli, 2012). Por fim, há o modelo de colonização passiva, no qual há uma captura de populações para o meio subterrâneo. Como exemplo temos os peixes mexicanos do gênero *Astyanax* (Família Characidae), em que houve captura de rios e as populações desta espécie ficaram isoladas em ambiente subterrâneo (Trajano & Cobolli, 2012).

Arachnida

Os aracnídeos estão atrás apenas dos insetos, em número e diversidade de espécies. Das 11 ordens viventes, nove possuem representantes troglóbios (Reddell, 2012). Representantes da Ordem Solifugae são acidentais no ambiente subterrâneo e a Ordem Thelyphonida tem raros representantes subterrâneos (Reddell, 2012). As demais ordens possuem algum representante troglóbios (Reddell, 2012), bem como com especializações à vida subterrânea, os conhecidos troglomorfismos (Christiansen, 1962).

Os aracnídeos são na sua maioria terrestres, com exceção de alguns ácaros. Geralmente, os troglóbios são proximamente relacionados aos representantes epígeos. Contudo, há espécies isoladas no ambiente subterrâneo que são relictos geográficos e filogenéticos (Reddell, 2012). Esses organismos possuem diferentes hábitos alimentares, e podem ser desde predadores de topo no meio subterrâneo, à detritívoros. Com frequência, os troglóbios possuem distribuição limitada, alguns ocorrendo apenas em uma única caverna, e há representantes com distribuições mais amplas, que podem não estar isolados há tempo suficiente para ocorrer diferenciação, mas que análises populacionais revelam a existência de espécies crípticas (Reddell, 2012).

No Brasil, destaca-se no meio subterrâneo as aranhas com maior diversidade com alguns representantes subterrâneos ocorrendo na Floresta Nacional de CARAJÁS como a Mygalomorphae *Harmonicon cerberus* Pedroso & Baptista, 2014 e as Araneomorphae *Misionella carajas* Brescovit, Magalhães &

Cizauskas, 2016, *Carajas paraua* Brescovit & Sánchez-Ruiz 2016 e *Paracymbiomma carajas* Rodrigues, Cizauskas & Rheims, 2018.

A ordem Opiliones também apresenta elevado número de espécies no meio subterrâneo, com representantes nas três categorias ecológico-evolutivas. São organismos geralmente detritívoros, importantes na ciclagem de nutrientes e funcionamento desses ambientes, assim como podem ser recurso para predadores de topo.

Outra Ordem diversa, com muitos representantes subterrâneos, é a dos Pseudoscorpiones, com ocorrência de 13 famílias nesse ambiente e cerca de 22 gêneros (Schimonsky & Bichuette, 2019). Há representantes troglóbios e troglófilos, e grande potencial para descoberta de novas espécies. Amblypygi possui espécies com ocorrência no ambiente subterrâneo, troglófilas e troglóbias. Um representante dessa Ordem para a região de carajás é o troglóbio *Charinus ferreus* Giupponi & Miranda, 2016. Há ainda ocorrência de Palpigradi, Schizomida e Ricinulei em ambientes subterrâneos, e com potencial de novas espécies, especialmente em uma litologia distinta com formações em minério de ferro.

Diplopoda (Myriapoda)

Diplópodes são frequentemente encontrados sob rochas, troncos em decomposição, serapilheira, e muitas espécies colonizam cavernas. Seus hábitos noturnos, detritívoros e higrófilos contribuem para que sejam frequentemente encontrados nesses ambientes (Golovatch & Kime, 2009). São conhecidas 16 ordens de diplópodes e nas cavidades brasileiras são encontradas frequentemente as ordens Polydesmida e os Spirostreptida do gênero *Pseudonannolene* (Enghoff et al., 2015; Trajano et al., 2000). Somente 15 espécies de diplópodes troglóbios são conhecidas para o Brasil, 10 da ordem Polydesmida: *Cayenniola albaserrata* Bouzan & Iniesta, 2024, *Dobrodesmus mirabilis* Shear, Ferreira & Iniesta, 2016; *Leodesmus yporangae* (Schubart, 1946); *Onciurosoma troglobium* Golovatch & Gallo, 2022, *Phaneromerium cavernicolum* Golovatch & Wytwer, 2004; *Phaneromerium troglopterygotum* Golovatch & Gallo, 2022, *Peridontosmella alba* Schubart, 1957; *Pseudoporatia kananciuie* Iniesta, Bouzan, Souza & Brescovit, 2023, *Strongylosomides troglobius* Golovatch, Bouzan & Gallo, 2022 e *Yporangiella stygius* Schubart, 1946; quatro da ordem Spirostreptida: (*Pseudonannolene ambuatinga* Iniesta & Ferreira, 2013; *P. lundii* Iniesta & Ferreira, 2015; *P. spelaea* Iniesta &

Ferreira, 2013; *P. canastra* Gallo & Bichuette, 2020; e uma para a ordem Glomeridesmida *Glomeridesmus spelaeus* Iniesta & Wesener, 2012. As espécies *G. spelaeus* e *P. spelaea* foram descritas para a região de Carajás, municípios de Curionópolis e Parauapebas respectivamente, no estado do Pará. As cavidades em que foram encontradas estão em áreas impactadas por mineração e desmatamento para pecuária. Assim ambas as espécies estão na lista de espécies ameaçadas de extinção na categoria Criticamente em Perigo (Chagas & Bichuette, 2018) e até o presente momento não foram registradas nas cavidades das Unidades de Conservação da Floresta Nacional de Carajás e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos.

A densidade populacional dos diplópodes é sempre baixa no ambiente epígeo, e quando se apresenta alta, está relacionada a desequilíbrios ecológicos (Fontanetti, com. pess). Diversos aspectos podem estar associados a densidade populacional, como predação, tipo de solo, recursos alimentares, sazonalidade, parasitas e patógenos (David, 2015). Apesar de serem amplamente encontrados no meio subterrâneo, apenas dois estudos populacionais foram realizados em cavidades brasileiras com as espécies *L. yporangae* (Thompson & Moracchioli, 1996) e *Pseudonannolene* sp. "Altinópolis" (Gallo, 2017). Portanto, pouco se sabe sobre os aspectos populacionais, associando a ocorrência desses invertebrados à zonação de cavernas, substratos, recursos disponíveis no habitat, temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e, conseqüentemente, sazonalidade e ocupação de espaço nas cavidades.

Estudos Populacionais

Estudos sobre dinâmica populacional geralmente levantam dados relacionados às flutuações no número de indivíduos de determinada espécie. Os estudos de ecologia populacional mais comuns são sobre as oscilações no número de indivíduos, além de características intrínsecas às espécies como taxas de fecundidade, nascimento, recrutamento e mortalidade. Trabalhos com foco principal em ecologia populacional, ou mesmo trabalhos mais direcionados aos parâmetros populacionais (como tamanhos e densidades populacionais) são fundamentais para o estabelecimento de eficientes estratégias de conservação de espécies,

principalmente tratando-se das populações obrigatoriamente subterrâneas (Trajano & Bichuette, 2007).

Populações subterrâneas apresentam algumas respostas às variações ambientais (sazonais ou não), dentre as quais podemos destacar abundâncias e taxas de recrutamento oscilantes além de diferenças em comportamentos, ocupação e distribuição espacial no meio subterrâneo (Mammola & Isaia, 2014; Trajano, 1996). Entretanto, devido a tendência à estabilidade ambiental do meio subterrâneo comparado ao meio superficial, as respostas populacionais podem ser atenuadas ou mesmo ausentes (Bichuette & Trajano, 2003; Trajano & Bichuette, 2007) Através da marcação, não somente podemos estimar tamanhos populacionais (número de indivíduos) e densidades populacionais (número de indivíduos por unidade de área ou volume) como também podemos verificar o padrão de dispersão das espécies, ou seja, como os indivíduos de determinada população estão distribuídos no espaço em um determinado momento. Tal fator é determinante para verificarmos se há conectividade entre as cavidades amostradas.

OBJETIVO

Inventário de fauna de artrópodes em habitats subterrâneos nas cavidades das Unidades de Conservação Federal da Floresta Nacional de Carajás e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, verificando a diversidade filogenética, a conectividade entre populações e parâmetros que denotam sua vulnerabilidade, além dos atributos biológicos relacionados ao grau de relevância máxima.

OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Inventário da fauna de habitats subterrâneos (cavidades) e seu entorno, focando os artrópodes, com o objetivo de determinar a Diversidade Filogenética e categorias ecológico-evolutivas;
- Verificar se a área de influência (AI) de 250 m mantém a qualidade de habitat e influencia qualitativamente e quantitativamente a distribuição destes táxons, com o intuito de determinar se há dependência e co-ocorrência destes nas cavidades e entorno;
- Verificar a ocorrência dos diplópodes ameaçados de extinção *Glomeridesmus spelaeus* e *Pseudonannolene spelaea* descritos para outras regiões de Carajás;

- Verificar, através do método de captura-marcação-recaptura, a ocupação de habitat (espaço), distribuição e deslocamento no habitat subterrâneo e entre este e o meio epígeo para alguns grupos chave como opiliões, aranhas e polidesmídeos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo (Figuras 1 e 2)

O estudo será conduzido nas Unidades de Conservação Federal da Floresta Nacional de Carajás (aproximadamente 350 mil ha) e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (aproximadamente 79 mil ha) e suas respectivas zonas de amortecimento, localizadas no sudeste do estado do Pará na bacia hidrográfica do Tocantins. A vegetação das Unidades de Conservação (UC's) é composta por florestas tropicais densas e abertas, floresta decidual e vegetação aberta xerófila (canga) cobrindo o topo dos afloramentos rochosos (Martins et al., 2012). O entorno das UC's está impactado pelo desmatamento da vegetação nativa para o uso na pecuária (Martins et al., 2012). O período chuvoso é compreendido entre os meses de novembro a abril e o período seco entre os meses de junho a setembro (Gumier-Costa & Sperber, 2009). A região de Carajás é uma das Províncias Espeleológicas mais importantes do país – Província Mineral de Carajás, localizada nos domínios da Unidade Geomorfológica Homônima, com mais de 1500 cavidades subterrâneas cadastradas (CANIE, 2020). Dentro da FLONA Carajás é permitido o manejo dos recursos naturais com exploração mineral e atualmente encontra-se a maior mina de minério de ferro do mundo, tendo também a mineração de manganês, ouro e granito (ICMBio, 2020).

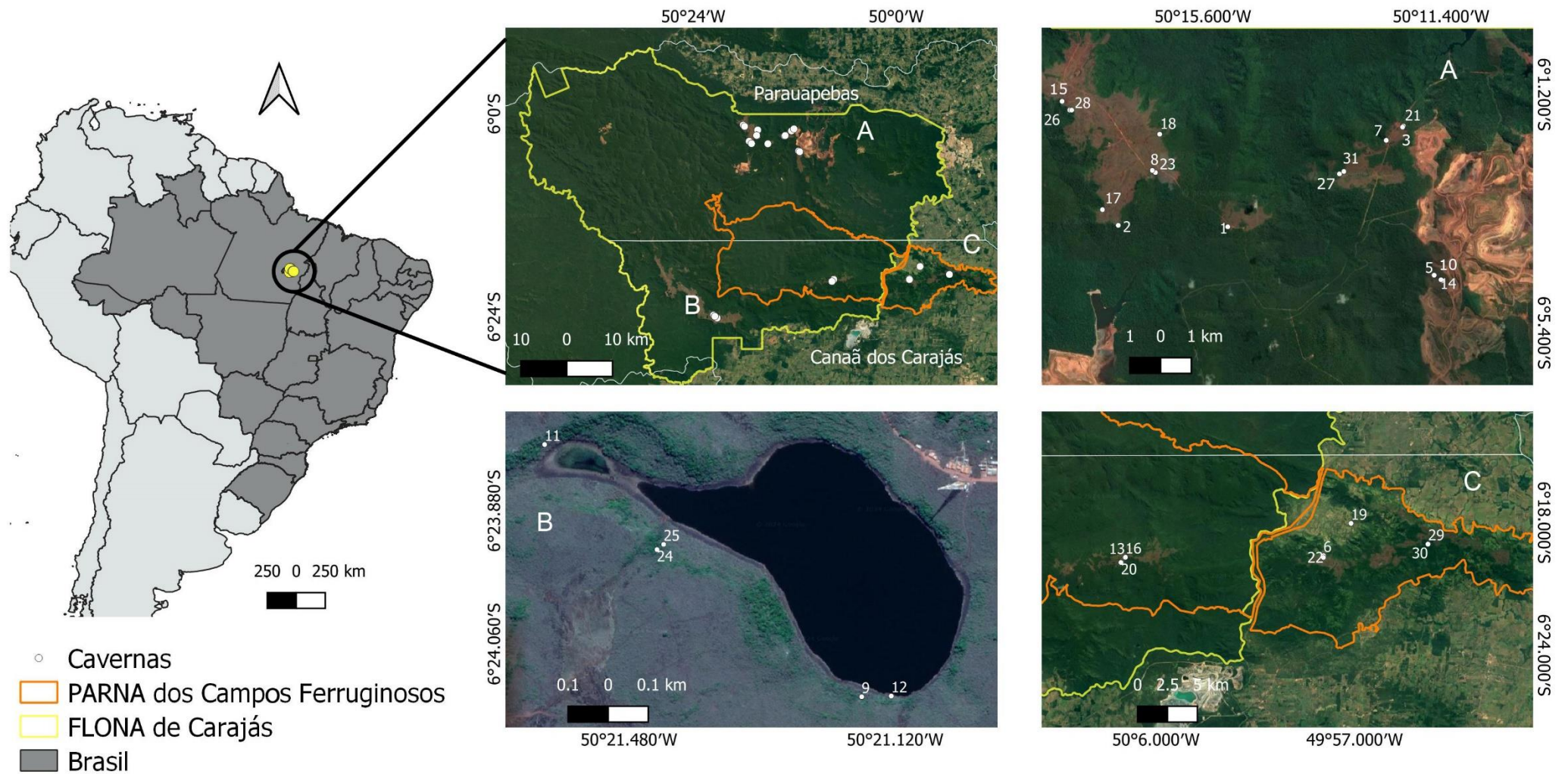


Figura 1. Área de Estudo – Floresta Nacional (FLONA) de Carajás e Parque Nacional no estado do Pará.

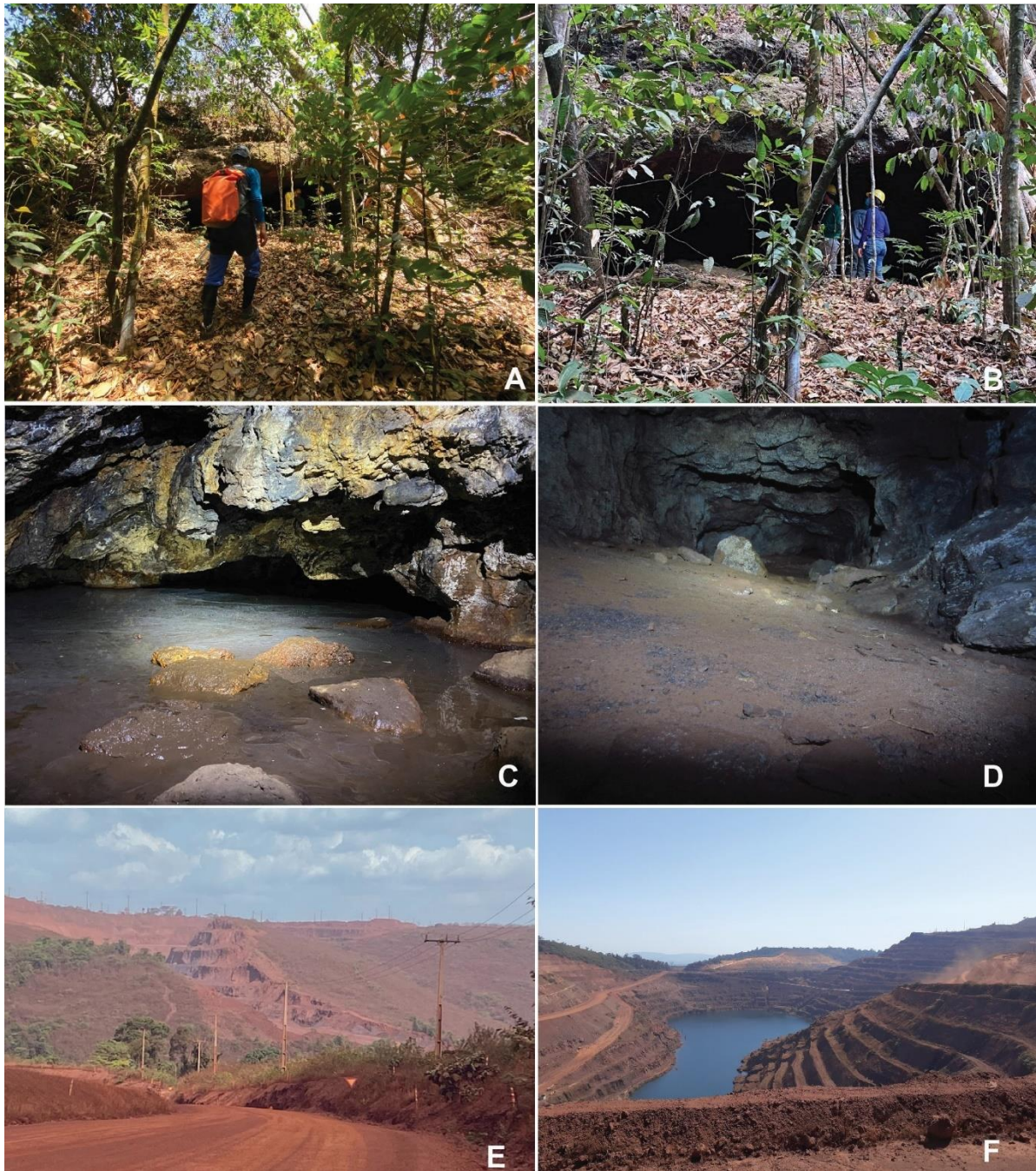


Figura 2. Área de Estudo: A e B- Entrada e entorno das cavernas; C – Caverna com drenagem intermitente; D- Salão na zona de penumbra; E e F – mineração.

Amostragens (Figura 3)

Foram realizadas duas amostragens na estação seca e duas amostragens na estação chuvosa durante o período de dois anos. Durante esse processo, foram anotadas as seguintes informações: zona da caverna (entrada, penumbra e afótica), tipo de substrato (solo, solo úmido, sob rocha, parede e teto, serapilheira, guano



Figura 3. Amostragem de fauna subterrânea. A- Mancha de guano de morcego hematófago; B, C e D – coleta em substrato inconsolidado com blocos de rocha; E- Substrato rochoso parietal; F- Instalação do termohigrômetro para registrar a temperatura e umidade relativa do ar.

fresco, guano antigo, entocado, rocha), além das variáveis ambientais: temperatura e umidade relativa do ar para o componente terrestre e temperatura e pH para o componente aquático.

Diversidade da fauna subterrânea

Os índices de diversidade tradicionais (eg. Shannon e Simpson), tem previsões limitadas sobre o funcionamento dos ecossistemas, pois considera tanto uma espécie rara quanto uma comum da mesma forma na quantificação da diversidade (Cianciaruso et al., 2009). Dessa forma, alguns estudos têm mostrado que a diversidade filogenética, é mais sensível à detecção de respostas das comunidades às mudanças ambientais, pois leva em consideração a relação filogenética entre as espécies (Cianciaruso et al., 2009). Segundo Faith (1992), a ênfase na conservação diz respeito a preservar o máximo possível dessa variação hierárquica, não importando qual seja a identidade taxonômica envolvida (Bichuette et al., 2019). Nesse sentido, índices de diversidade filogenética tem se mostrado mais eficiente para propostas de estratégias de conservação do que índices tradicionais (Cianciaruso et al., 2009). Esta abordagem foi utilizada para fins de conservação comparando o índice de distinção taxonômicas com os índices de diversidade α (alfa) para cavidades da Chapada Diamantina no estado da Bahia (Gallão & Bichuette, 2015). A Distinção Taxonômica também foi aplicada para cavernas do estado de Goiás (Bichuette et al., 2019) e no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu (Monte & Bichuette, 2020).

Foram amostrados substratos terrestres principalmente por busca ativa em todos os microhabitats potenciais, incluindo serapilheira, troncos, depósitos de guano, sob rochas, além de habitat aquático como poças, entre outros, onde os espécimes possam ocorrer. A amostragem foi feita, por busca ativa com o auxílio de pinças e pincéis e os espécimes serão eutanasiados e preservados em etanol 70%. Também foi utilizado o extrator *Winkler* para coletar a fauna associada à serapilheira. Ainda, durante as amostragens, serão observados comportamentos (por exemplo predação) que possam ocorrer no momento da coleta.

Estudos Populacionais

Espécies estudadas (Figura 4)

- *Pseudoporatia kananciue* (Polydesmida, Pyrgodesmidae, Figura 4A): espécie amplamente distribuída nas cavernas da região de Carajás ocorrendo em São Félix do Xingu, São Geraldo do Araguaia, Serra Leste, Serra Norte, Serra Sul, Serra Tarzan e Serra da Bocaina. Espécie considerada troglóbia com registros apenas em habitats subterrâneos (Iniesta et al., 2023).
- Os Escadabiidae (Figura 4B) representam uma pequena família de opiliões neotropicais com atualmente nove espécies conhecidas distribuídas em seis gêneros. Apresentam hábitos crípticos e noturnos. São opiliões de pequeno tamanho, com escudo dorsal atingindo no máximo 3,5 milímetros e pernas curtas. São encontrados em folhiço, matéria orgânica em decomposição, sob rochas e em cavernas. Os representantes troglóbios dessa família são *Spaeleoleptes spaeleus* Soares, 1966 e *Spaeleoleptes gimli* Pereira, Gallão, Bichuette & Pérez-González, 2024.
- A aranha utilizada nos estudos de marcação e recaptura é a caranguejeira *Guyruita metallophila* Fonseca-Ferreira, Zampaulo & Guadanucci, 2017 (Figura 4C). Esta aranha foi descrita para algumas cavernas da Serra Leste e Serra Norte e de acordo com os descritores, elas são comuns nessas cavernas ocorrendo em substrato fino ou sob rochas (Fonseca-Ferreira et al., 2017). Na caverna N1-0174, que representa uma nova localidade, a população dessa aranha era interessante, o que possibilitou estudos de marcação.



Figura 4. Espécies estudadas nas análises populacionais: captura, marcação e recaptura e densidade populacional. A- diplópode Polydesmida *Pseudoporattia kananciu*; B- opilião Escadabiidae sp. e C- aranha caranguejeira *Guyruita metallophila*

- *Captura-Marcação-Recaptura* (Figura 5) e *Densidade Populacional*

Os espécimes foram marcados em campo com tinta automotiva (modelo laca-nitrocelulose). A viabilidade da tinta foi previamente testada em laboratório, tanto em termos de durabilidade da marca quanto à toxicidade em invertebrados. Além disso, esta tinta foi utilizada em outros trabalhos de marcação e recaptura de artrópodes, opiliões (Gnaspini, 1996) e aranhas (Franco, 2004). Utilizando a variação de cores e o cefalotórax das aranhas, os exemplares foram marcados de modo que cada indivíduo apresente uma marcação única (Figura 5).

Para o censo visual, todos os indivíduos avistados em uma determinada área da caverna foram contados e a estimativa de densidade populacional consistiu no número de espécimes dividido pela área amostrada. Durante esse processo, foram observados e anotados em qual zona da caverna e tipo de substrato (solo, solo úmido, sob rocha, parede e teto, serapilheira, guano fresco, guano antigo, entocado, rocha) os indivíduos foram capturados.

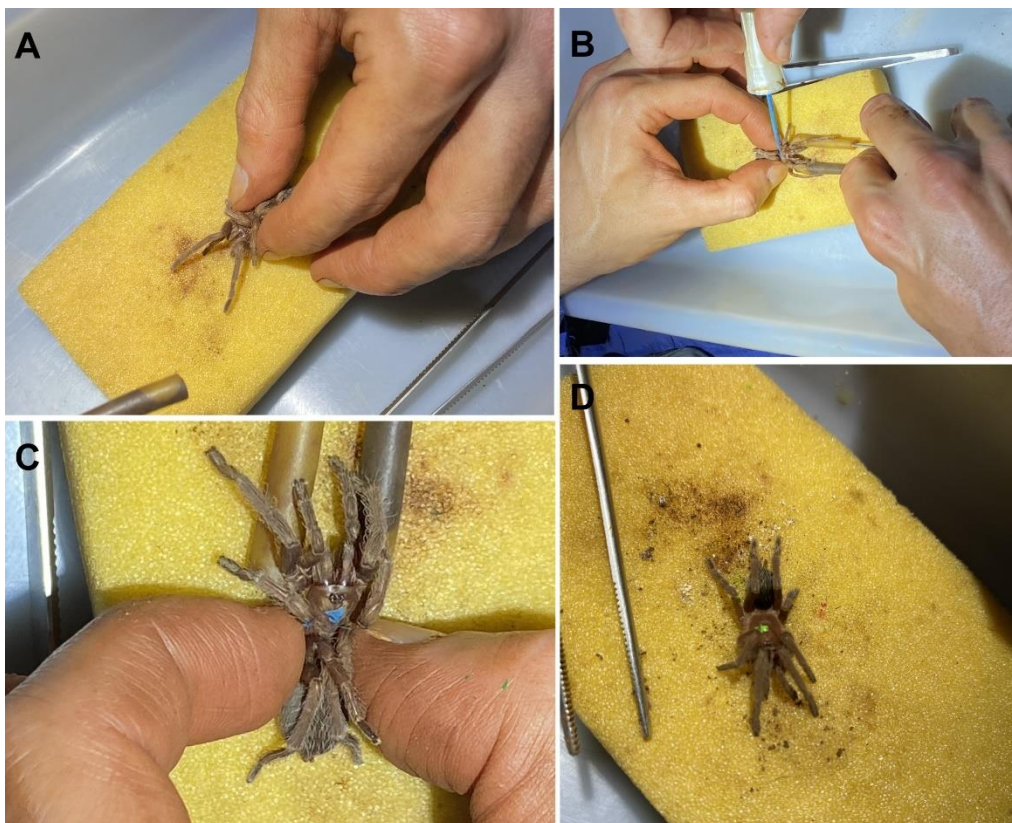


Figura 5. Marcação da caranguejeira troglófila *Guyruita metallophila*. A – contenção e posicionamento do espécime na esponja; B, C e D – marcação do espécime.

Análise dos dados

Distinção taxonômica: a distinção taxonômica de cada caverna foi determinada pelo índice de diversidade filogenética conhecido como Distinção Taxonômica (TD, Δ^*) (Clarke & Warwick, 1998; Warwick & Clarke, 1995), usando o pacote Vegan (Oksanen et al., 2020) no software R (Core T. R., 2021). Este índice compara a relação filogenética em uma comunidade considerando cada localidade (neste caso, as cavidades). Assim, cavidades com espécies próximas filogenéticas apresentam menor TD em relação às cavidades com espécies filogeneticamente mais distantes. Valores mais altos de TD mostram a singularidade de um ambiente. O índice de TD é calculado como o número de nós estimados para conectar duas espécies diferentes em uma comunidade, enquanto a randomização estima o intervalo de confiança. Este índice não depende do número de amostras ou mesmo da abundância. Em seguida, realizamos uma regressão linear simples correlacionando os valores de TD de cada caverna e as distâncias a ameaça mais próxima da caverna (Tabela 2), como estradas e as cavas de mina mais próximas, a fim de verificar se a distância de 250 metros é interessante para a proteção da fauna subterrânea associada.

Censo visual: As informações de área e desenvolvimento das cavernas foram obtidas nos mapas topográficos. Diagramas de box-plot foram feitos para mostrar a variação nas densidades populacionais entre as estações. O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi aplicado para verificar se há diferença significativa ($p < 0,05$) na densidade populacional em cada estação amostrada e a Análise de Componentes Principais (PCA) para descobrir qual variável ambiental melhor explica a variação das densidades populacionais. Para tal, será utilizada temperatura e a umidade relativa do ar (variável contínua); zoneamento (entrada, penumbra e afótica), tipo de substrato e estação do ano (variáveis categóricas). As variáveis categóricas serão classificadas da seguinte forma: zonação (0- afótica; 1- penumbra; 2- entrada); tipo de substrato (1- inconsolidado; 2- argila + blocos de rocha; 3- sob rocha; 4- parietal); estação (1-início da estação seca; 2- estação seca; 3- início da estação chuvosa; 4- estação chuvosa). Para as análises estatísticas foi utilizado o software PAST (Hammer et al., 2001).

Captura marcação e recaptura: Há três modelos para análise de estimativas populacionais: modelos para populações fechadas, os quais pressupõe-se ausência de migrações, nascimentos ou mortes, melhor utilizado para amostragens com intervalos curtos entre as capturas; modelos para populações abertas, os quais admitem ocorrência de migrações, nascimentos ou mortes, podendo estender-se por longos períodos de tempo (Buckland & Begon, 1980) e modelos híbridos que podem utilizar parâmetros de ambos os modelos anteriores, utilizando a robustez de cada um (Pollock, 1982).

Para as análises dos modelos populacionais, utilizamos o método de Jolly-Seber (JS) (Jolly, 1965; Seber, 1965), com a formulação POPAN (population analysis) (Schwarz & Arnason, 1996). O método de Jolly-Seber foi escolhido já que consideramos esta população de aranha como aberta e, desta forma, sujeita a nascimentos, mortes e migrações (Jolly, 1965; Seber, 1965). Para utilizar este estimador algumas premissas devem ser respeitadas:

- a) cada indivíduo apresenta a mesma probabilidade de ser detectado, independente de já estar marcado ou não;
- b) cada indivíduo marcado apresenta a mesma probabilidade de sobrevivência;
- c) as marcações não são perdidas, além de não serem negligenciadas e lidas corretamente pelo observador;
- d) o tempo de amostragem (capturas) é ínfimo e muito menor em relação ao tempo entre as amostragens e a liberação dos indivíduos deve ser imediata. Além disso, é requerido pelo menos três eventos de marcação e recaptura.

Para a construção dos modelos populacionais, o estimador JS utiliza dois parâmetros, sobrevivência (Φ) e probabilidade de captura (p). A formulação POPAN adiciona mais dois parâmetros aos modelos, probabilidade de entrada de um indivíduo (a ou b) e o tamanho da superpopulação (N). Deste modo temos que (Figura 6):

- Φ (denomina-se Phi) = representa a probabilidade de sobrevivência entre as sucessivas amostragens (probabilidade de sobrevivência da ocasião i para $i+1$); denominada como sobrevivência aparente, já que não há certeza se a não detecção de um indivíduo foi causado por migração ou por morte.
- p = representa a probabilidade de recaptura nas amostragens seguintes (p_i representa a probabilidade de recaptura na amostragem i).

- b = representa a probabilidade de um animal da superpopulação hipotética entrar na população entre a ocasião i e $i+1$. A entrada de indivíduos pode ser por nascimentos ou migração.
- N = estima o número de animais, de todo o sistema, que não foram capturados durante a ocasião de estudo i .

Assim, os parâmetros ficaram da seguinte maneira:

- Φ (~1), p (~1) e b (~1) = Sobrevivência aparente, probabilidade de captura e probabilidade de entrada de novos indivíduos constantes;
- Φ (~time), p (~time) e b (~time) = Sobrevivência aparente, probabilidade de captura e probabilidade de entrada de novos indivíduos variando com o tempo;

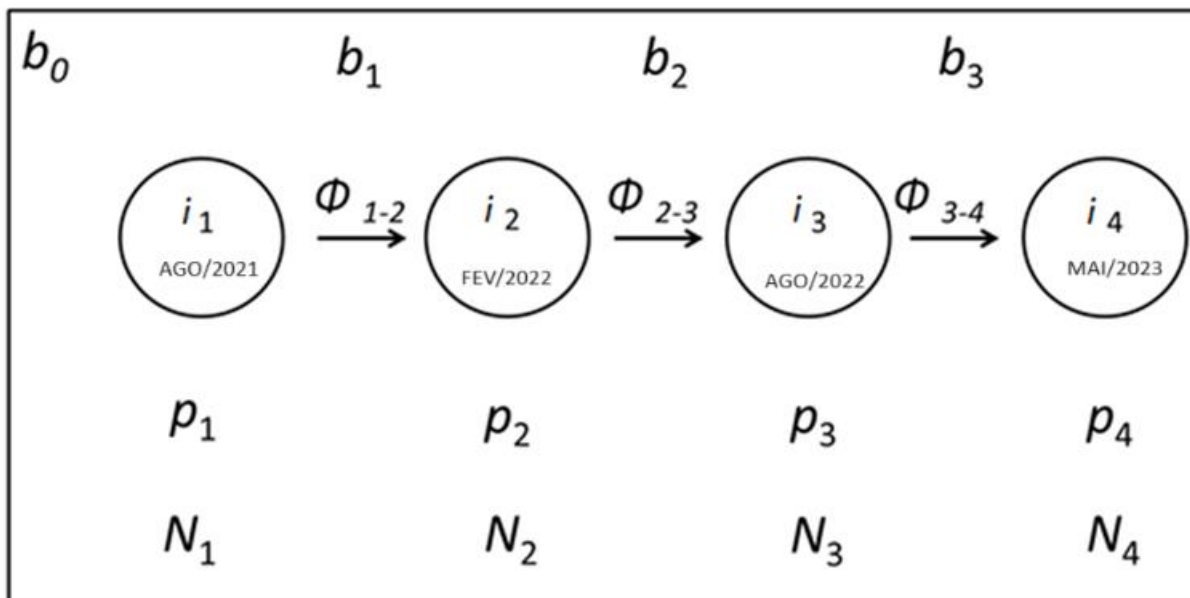


Figura 6. Parâmetros populacionais para o estimador Jolly-Seber e formulação POPAN. p representa a probabilidade de captura de um indivíduo na ocasião, Φ representa a probabilidade de sobrevivência de um indivíduo no período entre duas amostragens, N o tamanho estimado da superpopulação e b a probabilidade de entrada de um indivíduo da superpopulação (modificado de Schwarz & Arnason, 1996).

Tais análises foram realizadas com o ambiente R (Core T. R., 2021) utilizando o pacote RMark. Este pacote é uma interface alternativa e baseada no programa MARK. A seleção do modelo que melhor se ajusta aos dados

populacionais das duas espécies de escorpiões troglóbios foi realizada através do critério de informação de Akaike (Akaike, 1973), o qual otimiza os modelos com base em análise de verossimilhança

- **Estudo comportamental**

Espécie estudada: *Naderiore carajas* Pinto-da-Rocha, Andrade & Moreno-Gozáles, 2016, ocorre em diversas cavernas de minério de ferro e canga desde a entrada até a zona afótica, no solo, em áreas com alta umidade, sob pedras, entre raízes, serapilheira, e em alguns casos perto de guano de morcego. Não apresenta as características troglomórficas típicas de Schizomida por exemplo, pedipalpos alongados e redução na pigmentação do tegumento (Pinto-da-Rocha et al., 2016).

Experimento: as observações dos espécimes foram realizadas em uma sala escura, climatizada a 25°C durante o período noturno (a partir das 19h). Os indivíduos eram mantidos em terrários individualizados, montados em frascos atóxicos com substrato da caverna de origem. As observações foram realizadas neste terrário com o auxílio de uma luz vermelha, já que esta cor não afeta o comportamento de aracnídeos (Hoenen & Gnaspini, 1999). Três indivíduos de Schizomida, capturados nas cavernas N1_0173, N1_0174 e SB_0049, foram estudados. Cada indivíduo foi observado por 135 minutos e a duração dos comportamentos realizados anotados conforme as categorias abaixo (Tabela 1):

Tabela 1. Categorias comportamentais para o Schizomida *Naderiore carajas*

Categoria Comportamental	
Explorar o ambiente	Andar
	Movimento Perna 1
	Movimento Perna 3
	Movimento Pedipalpo
	Tatear o substrato
	Movimento Abdômen
Limpeza	Limpar perna 1
	Limpar perna 2
	Limpar perna 3
	Limpar perna 4
	Limpar perna pedipalpos
	Limpar abdômen
"Evitação"	Andar para trás
	Movimentos rápidos para frente
Imobilidade	Parado (imóvel)
	Parado com pedipalpo estendido
	Enterrado

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- **Diversidade da Fauna Subterrânea**

Foi feita uma lista faunística referente as amostragens realizadas nas cavernas da FLONA de Carajás e PARNA dos Campos Ferruginosos (Anexo I). A abundância geral foi de 3.283 indivíduos e riqueza de 332 morfotipos/espécies (Figuras 7, 8 e 9). A riqueza por caverna e resultados da análise de Distinção Taxonômica (TD) estão apresentados na Tabela 2 e Figura 10.

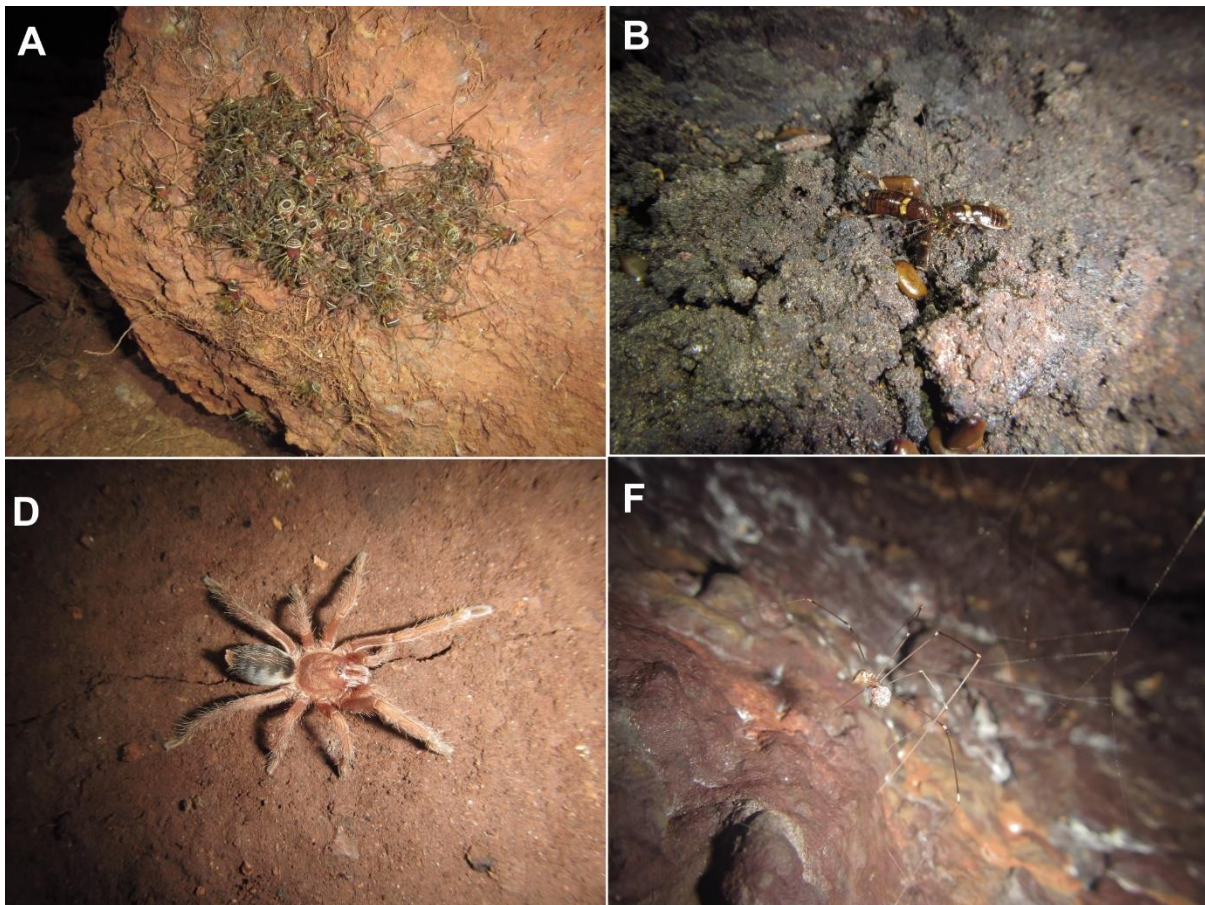


Figura 7. Fauna subterrânea. A – Aglomeração de opiliões da Família Stygnidae; B – Baratas em guano de morcego frugívoro; C – aranha caranguejeira *Guyruita metallophila*; D – fêmea de aranha Pholcidae *Mesabolivar* sp. com saco de ovos.



Figura 8. Fauna subterrânea. A – Schizomida cf. *Nareidore carajás*; B – grilo da Família Phalangopsidae; C – ninfa de Hemiptera Cixiidae; D – opilião da Família Stygnidae; E – Diplopoda Spirostreptida; F – ninfa de Hemiptera; G – Isopoda *Circoniscus mendesi*.

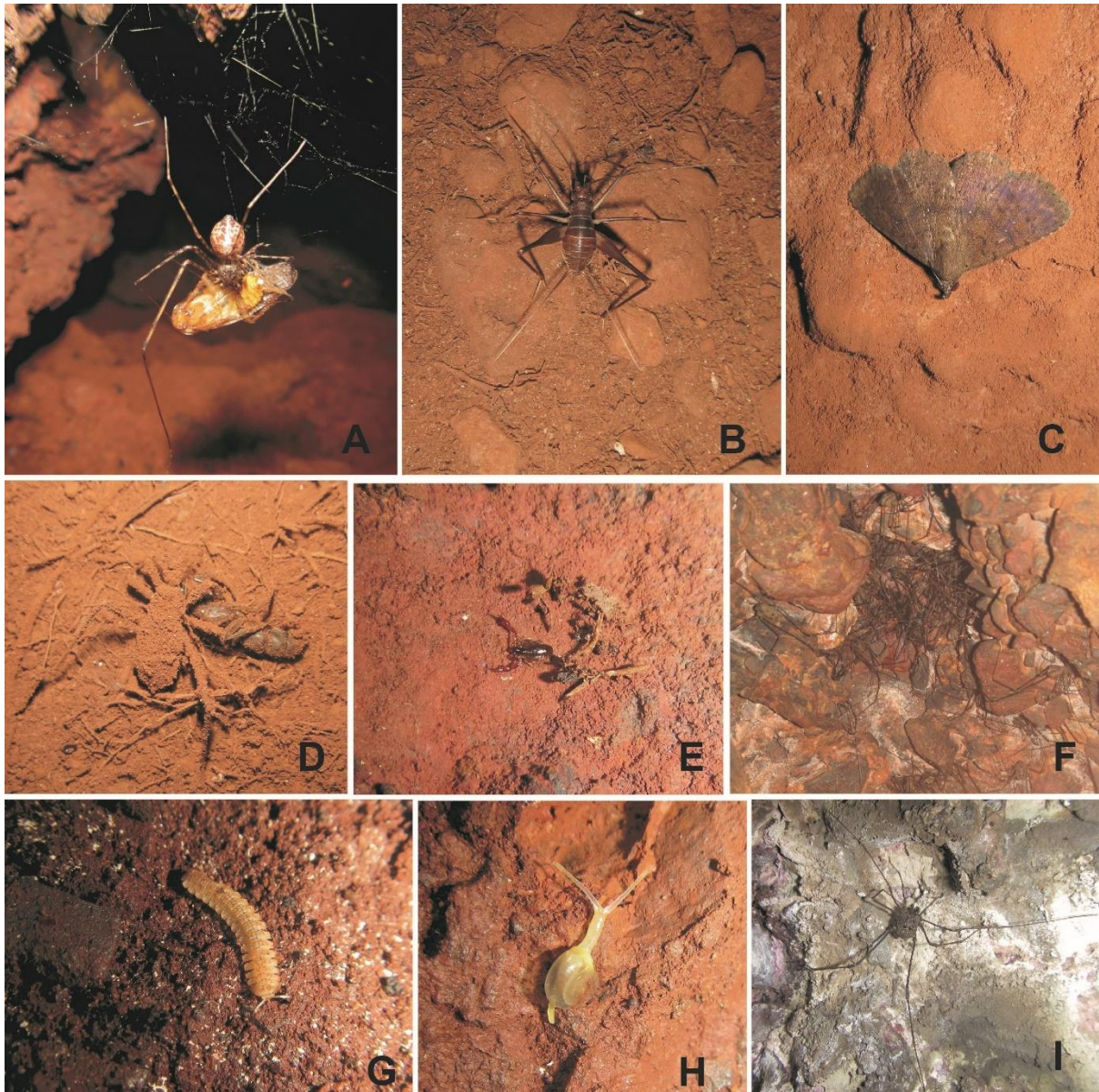


Figura 9. Fauna Subterrânea. A – Aranha Scytodidae predando barata; B – ninfa de macho de grilo da Família Phalangopsidae; C – Lepidoptera em repouso da Família cf. Noctuidae; D – ninfa de Hemiptera Reduviidae com substrato; E – Pseudoscorpiones da Família Syarinidae; F – aglomeração de opiliões da Família Cosmetidae; G – Diplopoda *Pseudoporatia kananciu*; H – Gastropoda; I – opilião *Roquettea* sp.

Tabela 2. Resultado da análise de Diversidade Taxonômica (TD – Delta+) para as cavernas da Floresta Nacional de Carajás e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, bem como número de espécies e o número correspondente de cada caverna.

Cavidade	Riqueza	Delta+	Número correspondente	Ameaça mais próxima
N1_0024 (GEM 1220)	29	66.908	18	Estrada a 1000 metros e barragem a 4500 metros
N1_0149 (GEM 1349)	10	72.023	4	Estrada a 70 metros e barragem a 3500 metros
N1_0171 (GEM 1371)	27	66.799	15	Estrada a 540 metros e barragem a 6000 metros
N1_0172 (GEM 1372)	18	66.932	8	Estrada a 50 metros e barragem a 3400 metros
N1_0173 (GEM 1373)	55	66.018	26	Estrada a 680 metros e barragem a 5700 metros
N1_0174 (GEM 1374)	78	72.224	28	Estrada a 680 metros e barragem a 5700 metros
N1_0200 (GEM 1401)	45	65.374	23	Estrada a 100 metros e barragem a 3300 metros
N1_0206 (GEM 1407)	9	70.276	2	Estrada a 2000 metros e barragem a 1800 metros
N1_0208 (GEM 1409)	28	66.900	17	Estrada a 1900 metros e barragem a 2300 metros
N2_0023 (GEM 2008)	5	60.800	1	Estrada a 70 metros e barragem a 3300 metros
N3_0003 (GEM 1873)	40	70.921	21	Mina a 1900 metros

Cavidade	Riqueza	Delta+	Número correspondente	Ameaça mais próxima
N3_0005 (GEM 1874)	10	71.665	3	Mina a 1900 metros
N3_0023 (GEM 1911)	60	69.414	27	Estrada a 1200 metros e mina a 2700 metros
N3_0026 (GEM 1914)	111	70.210	31	Estrada a 920 metros e mina a 2600 metros
N3_0045 (GEM1985)	18	67.141	7	Estrada a 100 metros e mina a 2200 metros
N4WS_0067 (GEM 1846)	14	65.713	5	Mina a menos de 300 metros
N4WS_0072 (GEM 1851)	22	67.985	10	Mina a 250 metros
N4WS_0075 (GEM 1859)	26	67.009	14	Mina a 250 metros
S11D_0001 (GEM 0650)	53	70.391	25	Estrada a 700 metros e mina a 1500 metros
S11D_0007 (GEM 0649)	22	66.538	12	Estrada a 360 metros e mina a 900 metros
S11D_0010 (GEM 0651)	51	70.074	24	Estrada a 700 metros e mina a 1500 metros
S11D_0012 (GEM 0653)	22	67.905	11	Estrada a 450 metros e mina a 1900 metros
S11D_0013 (GEM 0654)	21	69.592	9	Estrada a 400 metros e mina a 950 metros
SB_0021 (GEM 1441)	17	68.033	6	Linha férrea a 3500 metros
SB_0022 (GEM 1442)	40	73.067	22	Linha férrea a 3500 metros
SB_0049 (GEM 1465)	92	73.584	30	Estrada e povoado a 3500 metros

Cavidade	Riqueza	Delta+	Número correspondente	Ameaça mais próxima
SB_0051 (GEM 1467)	84	69.891	29	Estrada e povoado a 3500 metros
SB_0094 (GEM 1510)	31	72.689	19	Linha férrea a 3400 metros
ST_0016	32	66.972	20	Estrada a 100 metros
ST_0019 (GEM 1601)	27	66.626	16	Estrada a 70 metros
ST_0020	23	64.929	13	Estrada 90 metros

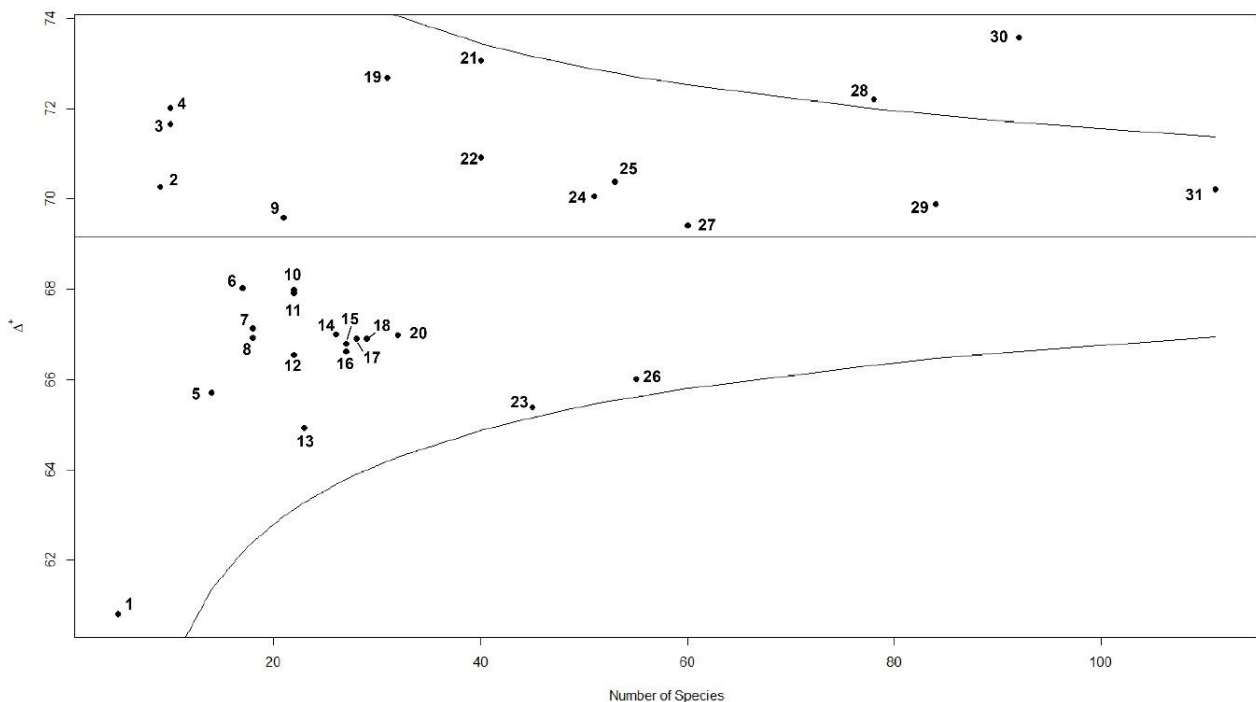


Figura10. Distinção taxonômica pelo número de espécies entre as cavernas ferruginosas da Floresta Nacional de Carajás e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos. Os números são correspondentes as cavernas de acordo com a Figura 1 e Tabela 2. O “funil” representa intervalo de confiança de 95%. O índice de TD esperada (69.16) é representado pela linha reta.

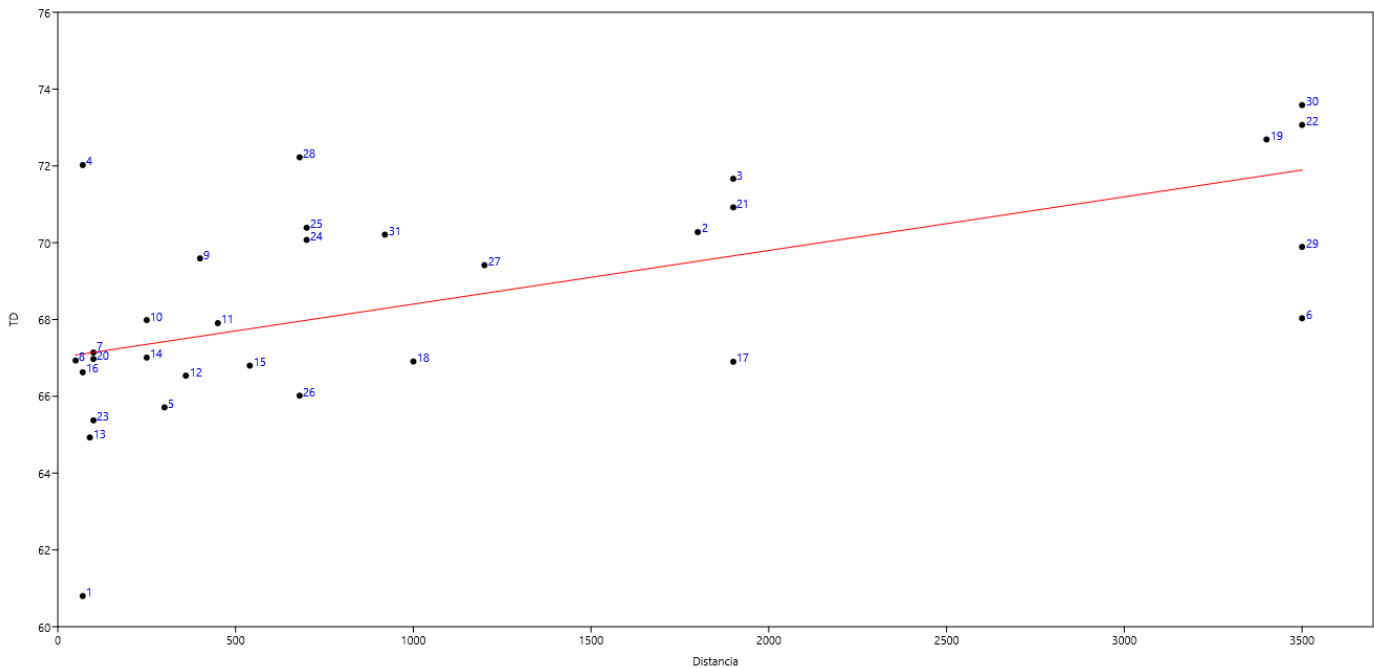


Figura 11. Relação entre o índice de TD e a ameaça mais próxima de cada uma das cavernas estudadas. Para verificar qual a ameaça mais próxima, vide Tabela 2

A distinção taxonômica (TD – Delta+) é um índice de diversidade filogenética que mede o quão diverso biologicamente são os sítios que estão sendo comparados, no caso deste estudo, as cavernas. Quanto maior a TD, mais biologicamente diverso é o local e quanto menor a TD, menos diverso biologicamente é o local. De acordo com os autores, locais que apresentam menores índices de TD são os que sofreram com poluição, degradação ou perda de habitat, o que acarretou perda de espécies, diminuindo a diversidade filogenética consequentemente diminuindo a TD (Clarke & Warwick, 1998; Warwick & Clarke, 1995, 1998). Assim, baixo índice de TD pode indicar perda de habitat, qualidade ruim do habitat entre outros em que as espécies são redundantes (ao contrário de serem complementares), ocupando praticamente o mesmo nicho, diminuindo a diversidade e consequentemente a TD (Fernandes et al., 2016; Gallão & Bichuette, 2015). Para elevados índices de TD, podemos destacar além de boa qualidade de habitat, a presença de espécies raras, sem parentes filogeneticamente próximos, o que aumenta a diversidade biológica e consequentemente a TD.

Para as cavernas de Carajás as cavernas N1_0174 (ponto 28) e SB_0049 (ponto 30) apresentaram elevado índice de TD e estão acima do intervalo de confiança (Figura 10). Estas duas cavernas apresentam boa qualidade de habitat bem como diversos nichos distintos, ocupados pelas mais diversas espécies, além de apresentarem elevada riqueza e (Tabela 2). Interessante notar que não há ameaça próxima a estas cavernas. Para a caverna N1_174, localizada na FLONA de Carajás, a ameaça mais próxima está a mais de 600 metros (Tabela 2, Figura 10). Para a caverna SB_0049, localizada no PARNA dos Campos Ferruginosos a ameaça está a mais de 3000 metros (Tabela 2, Figura 11).

Todas as outras cavidades estão dentro do intervalo de confiança de 95% (Figura 10), entretanto podemos destacar as cavernas N2_0023 (ponto 1), ST_0020 (ponto 13), N1_0200 (ponto 26) e N1_0173 (ponto 26) que estão bem abaixo da TD esperada (Figura 10). Destaca-se que somente a caverna N1_0173 apresenta ameaça a mais de 250 metros (Figura 11). Para as outras três cavernas, há algum tipo de ameaça a menos de 250 metros (Tabela 2, Figura 11).

Vale ressaltar que todas as cavernas, exceto a N1_0149 (ponto 4), que apresentam ameaça a menos de 300 metros, como estradas ou cava de mina, também apresentam baixos índices de TD (Tabela 2, Figuras 11 e 12). A perda de qualidade de habitat é causada por vários tipos de poluição (como sonora, por material particulado) e podem explicar os baixos índices de TD nessas cavernas com ameaças a menos de 300 metros (Figura 12). Além de perda de qualidade de habitat, a degradação do ambiente também pode afugentar espécies mais sensíveis, diminuindo a diversidade biológica, uma vez que somente as resilientes permanecem e ocupam o mesmo nicho, acarretando baixa TD.

Além disso, os maiores índices de TD, ou seja, cavernas com maior diversidade biológica são as cavernas que apresentam ameaças a mais de 500 metros (Tabela 2, Figura 11). Desta forma, distância de 250 metros não é eficaz nem robusta para conservação de fauna subterrânea.



Figura 12. Localização da caverna N4WS_0075 e a distância aproximada para a mina. Figura modificada do Google Earth.

- **Estudos Populacionais**

Censo visual: A densidade populacional absoluta de *P. kananiciue* variou de 4 a 24.7 ind.m⁻² por ponto de amostragem (Tabela 3). A densidade média em relação a área da caverna (Tabela 5) variou entre 1.297,6 ind.m⁻² na estação chuvosa (fevereiro de 2022) e 7.229,7 ind.m⁻² no final da estação chuvosa (maio de 2023) na caverna na caverna SB_0049. Para SB_0051 variou entre 3.957,4 ind.m⁻² na estação seca (agosto de 2022) e 6.399,2 ind.m⁻² no final da chuvosa (maio de 2023) (Figura 13A). De acordo com o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, tais diferenças densidade populacional relacionadas a sazonalidade não foram significativas ($H^2= 2.4$, $p =0.3012$). As variáveis ambientais relacionadas com a densidade populacional encontrada são: substrato (PC 1= 59.6%) e umidade

relativa do ar (PC2= 36.7%), uma vez que os espécimes foram majoritariamente encontrados em substrato rochoso parietal (Figura 13C).

A densidade populacional absoluta do opilião *Escadabiidae* sp. variou de 5 a 18 ind.m⁻² por ponto de amostragem (Tabela 4). A densidade média em relação a área da caverna (Tabela 5) variou entre 2.363,8 ind.m⁻² na estação chuvosa (fevereiro de 2022) e 6.379,2 no final da estação chuvosa (maio de 2023) na caverna na caverna SB_0049 (Figura 13B). De acordo com o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, tais diferenças densidade populacional relacionadas a sazonalidade não foram significativas (H²= 1,8; p =0. 4066). As variáveis ambientais relacionadas com a densidade populacional encontrada são: substrato (PC 1= 97,8%) e umidade relativa do ar (PC2= 2,1%), uma vez que os espécimes foram majoritariamente amostrados em substrato sob rocha com raízes (Figura 13 D).

Tabela 3. Dados de zonação, área e substrato onde os espécimes *P. kananiciue* amostrados. ZP: Zona de Penumbra, ZA: Zona Afótica, N: número de indivíduos, SI: Substrato Inconsolidado, ROC: Substrato Rochoso, ARG: Argila, T°C: temperatura, UR: Umidade Relativa do ar.

Viagem	Caverna	Área (m ²)	Zona	Substrato	N	Densidade absoluta (ind.m ⁻²)	Área da caverna (m ²)	T°C	UR %
2	SB_0051	2	ZP	SI	20	10	421	26,7	82,5
		1,5	ZP	ROC	7	4,7	421		
		3	ZP	ROC	7	2,3	421		
		1	ZP	ROC	9	9	421		
		0,06	ZP	ROC	3	50	421		
	SB_0049	1,5	ZA	ROC	6	4	354.4	26.1	88.4
3	SB_0051	1.8	ZP	ROC	17	9,4	421	27.1	72.4
	SB_0049	2,25	ZA	ARG +Seixos +Blocos	13	5,8	354,4	26.3	93.1

Viagem	Caverna	Área (m ²)	Zona	Substrato	N	Densidade absoluta (ind.m ⁻²)	Área da caverna (m ²)	T°C	UR %
4	SB_0051	2,25	ZA	Parietal	49	21,8	354,4		
	SB_0051	2	ZA	SI	30	15	354,4	-	
	SB_0051	0.81	ZA	sob rocha	20	24,7	354,4		

Tabela 4. Dados de zonação, área e substrato onde os espécimes de Escadabiidae amostrados. ZP: Zona de Penumbra, ZA: Zona Afótica, N: número de indivíduos, SI: Substrato Inconsolidado, ROC: Substrato Rochoso, ARG: Argila, T°C: temperatura, UR: Umidade Relativa do ar.

Viagem	Caverna	Área (m ²)	Zona	Substrato	N	Densidade absoluta (ind.m ⁻²)	Area da cave m ²	T°C	UR (%)
2	SB_0049	2,25	ZA	sob rocha com raízes	15	6,67	354,4	26,1	88,4
3	SB_0049	1,5	ZA	sob rocha com raízes	27	18	354,4	26,3	93,1
4	SB_0049	1,5	ZA	sob rocha com raízes	15	10	354,4		-
		1	ZA	parietal	5	5	354,4		

Tabela 5. Dados populacionais do diplópode *P. kananiciue* e do opilião Escadabiidae sp. das cavernas caverna SB_0051 (área 421 m²), e SB_0049 (área 354.4 m²). * densidade média (ind.m⁻²) x área da caverna.

	Viagem	Polydesmida			Opiliones		
		N	Média ± DP	Densidade média*	N	Média ± DP	Densidade média*
SB_0051	2	46	15,2 ± 19,7	6.399,2	-	-	-
	3	17	94,4	3.957,4	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-
SB_0049	2	6	4	1.297,6	15	6,67	2.363,8
	3	13	5,78	2.048,2	27	18	6.379,2
	4	99	20,5 ± 4,9	7.229,7	20	7,5	2.658

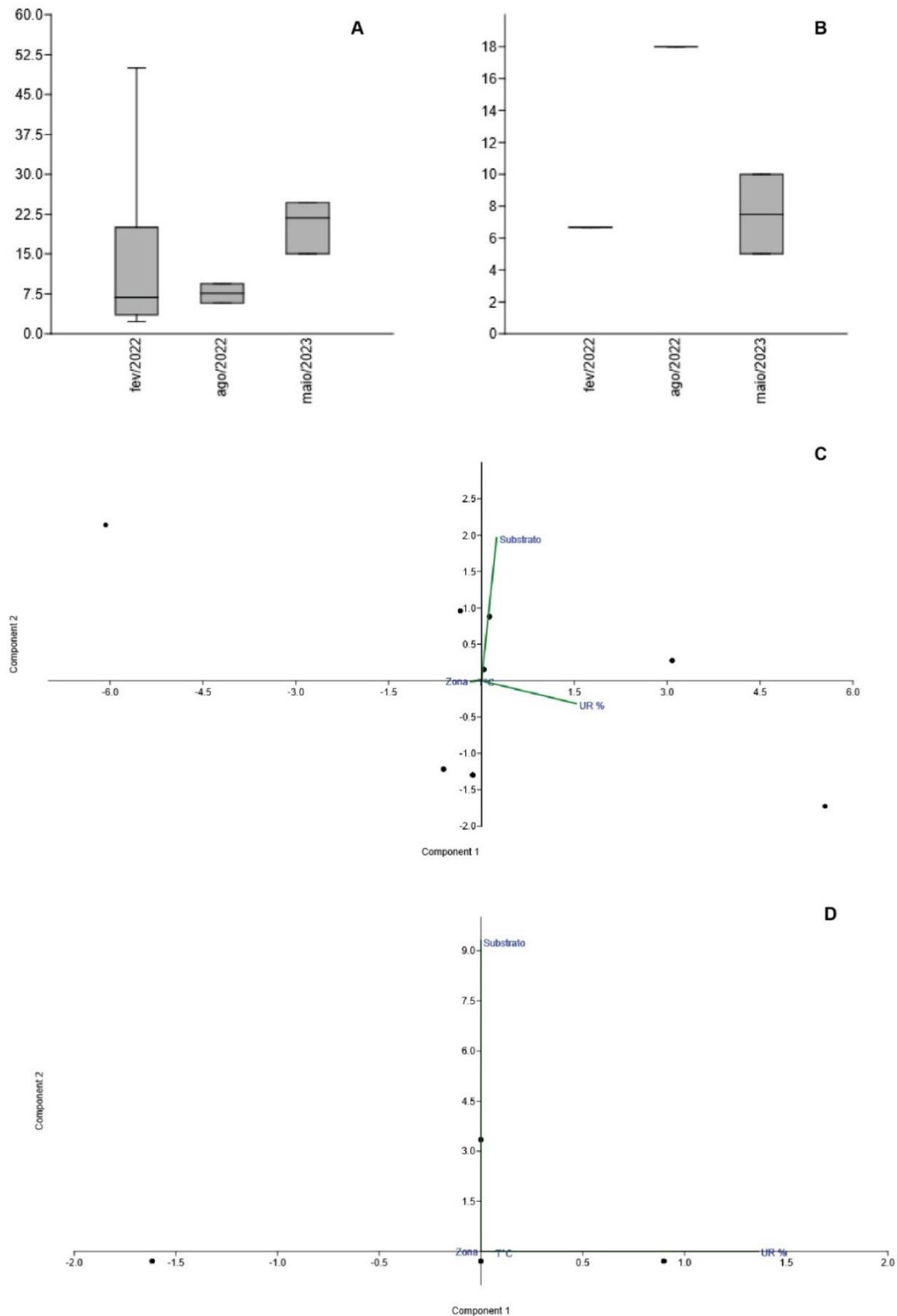


Figura 13. Resultados do censo visual de *Pseudoporatia kananciue* e o opilião *Escadabiidae* sp. A e B- Gráficos *box plot* mostrando a variação na densidade populacional em cada evento de amostragem de *P. kananciue* e *Escadabiidae* sp. respectivamente; C e D- representação gráfica dos resultados da Análise de Componentes Principais (PCA) para os componentes 1 e 2 (PC1 e PC2).

Os resultados encontrados mostram uma alta densidade populacional para *P. kananiciue*, quando comparado com outros diplópodes. Por exemplo os diplópodes troglófilos *Pseudonannolene* sp. “Altinópolis” de cavernas areníticas do estado de São Paulo, os quais apresentaram baixas densidades populacionais variando entre 0,07 ind.m⁻² (9 indivíduos) no início da seca a 0,402 (37 indivíduos) no início da chuvosa (Gallo, 2017). Poucos indivíduos desta morfoespécie foram encontrados no ambiente epígeo, o que confirma que a baixa densidade populacional é uma característica intrínseca ao grupo como um todo (Gallo, 2017). Estudos feitos com espécies epígeas de diplópodes da ordem Spirostreptida mostraram que as densidades populacionais que variaram de 4 a 105 ind.m⁻² (Lawrence et al., 2013; Ramanathan & Alagesan, 2011; Shaw, 1968) sendo essa variação relacionadas com a sazonalidade.

Já para os Escadabiidae sp. a densidade populacional também foi considerada alta comparada com outros opiliões. Para os opiliões *landumoema uai* Pinto-da-Rocha 1996 (troglóbio), *Eusarcus cavernicola* Hara & Pinto-da-Rocha 2010 e *Eusarcus aduncus* Mello-Leitão 1942 (troglófilos) as densidades populacionais encontradas foram de 1,11 ind.m⁻², 0,09 ind.m⁻² e 0,08 ind.m⁻² respectivamente na Gruta Olhos d' Água de litologia calcária no norte do estado de Minas Gerais (Bichuette, in prep.). Já para os opiliões troglófilos *Khazaddum inerme* (Soares & Soares, 1947) em caverna dolomítica do Paraná a densidade populacional foi considerada alta (0,04 ind.m⁻²) (Pinto-da-Rocha, 1996b). Outro exemplo é a espécie troglóbia *Pachylospeleus strinatii* Silhavý, 1974 com densidade de 0,042 ind.m⁻² em caverna calcária no sul do estado de São Paulo (Pinto-da-Rocha, 1996a).

Estudos populacionais com a fauna subterrânea mostram que esta fauna pode ou não ter tamanho e densidade populacional baixa quando comparada às espécies epígeas. Alguns estudos feitos com outros táxons troglóbios e troglófilos mostraram densidades populacionais baixas (Bichuette & Trajano, 2015; Pinto-da-Rocha, 1996a, 1996b; Trajano, 1991), corroborando a visão clássica de que as espécies subterrâneas possuem densidades populacionais reduzidas (Barr, 1968; Sbordon, 1982; Trajano, 1991). Por outro lado, as espécies troglóbias podem apresentar densidades populacionais altas (Bichuette & Trajano, 2003; Moracchioli, 2002; Trajano & Bichuette, 2007) ou intermediárias (Trajano, 1997), possivelmente

devido à maior quantidade de recurso disponível, como por exemplo, colêmbolos em guano de morcegos hematófagos (Gnaspini & Trajano, 2000), pseudoescorpiões em guano de morcegos frugívoros (Andrade, 2004). As populações estudadas ocorrem no PARNA dos Campos Ferruginosos e nesta unidade de conservação não ocorre extração mineral como na FLONA de Carajas. As cavernas SB_0049 e SB_0051 apresentaram grande riqueza e abundância (ver o tópico de diversidade), não são cavernas visitadas e seu entorno tem um alto nível de preservação, sendo a ameaça mais próxima uma linha férrea a 3.500m de distância. Assim, estas cavernas fornecem recursos (alimento, microhabitat) em abundância para manter as populações estudadas, bem como a comunidade subterrânea como um todo.

Captura-Marcação-Recaptura: Durante os quatro eventos de amostragem de marcação e recaptura, foram capturadas e marcadas 57 aranhas com 12 recapturas (Figura 14). Com os dados de marcação e recaptura da aranha *Guyruita metallophila* e os parâmetros utilizados, foram gerados oito modelos populacionais diferentes (Tabela 6). O modelo que melhor se ajusta aos dados populacionais neste estudo foi o modelo com todos os parâmetros constantes ao longo do tempo, a saber: $\text{Phi}(\sim 1)\text{p}(\sim 1)\text{pent}(\sim 1)\text{N}(\sim 1)$, ou seja, a probabilidade de sobrevivência, de captura e de entrada de novos indivíduos foram constantes durante os quatro eventos de marcação e recaptura das aranhas caranguejeiras na caverna N1_0174.

Utilizando o modelo que melhor se ajusta aos dados populacionais foi possível calcular os parâmetros deste modelo, assim temos que o índice de sobrevivência das aranhas entre cada uma das amostragens é de 99%, a probabilidade de captura durante a amostragem foi de 16% e a probabilidade de entrada de indivíduos foi de 8%.

Tabela 6. Modelos populacionais gerados a partir dos dados de marcação e recaptura da aranha *Guyruita metallophila*.

	Modelos	npar	AICc	DeltaAICc
1	$\text{Phi}(\sim 1)\text{p}(\sim 1)\text{pent}(\sim 1)\text{N}(\sim 1)$	4	103.2514	0.000000
5	$\text{Phi}(\sim \text{time})\text{p}(\sim 1)\text{pent}(\sim 1)\text{N}(\sim 1)$	6	107.6197	4.368319
2	$\text{Phi}(\sim 1)\text{p}(\sim 1)\text{pent}(\sim \text{time})\text{N}(\sim 1)$	6	107.8763	4.624951
3	$\text{Phi}(\sim 1)\text{p}(\sim \text{time})\text{pent}(\sim 1)\text{N}(\sim 1)$	7	109.7922	6.540873
6	$\text{Phi}(\sim \text{time})\text{p}(\sim 1)\text{pent}(\sim \text{time})\text{N}(\sim 1)$	8	112.6259	9.374546
7	$\text{Phi}(\sim \text{time})\text{p}(\sim \text{time})\text{pent}(\sim 1)\text{N}(\sim 1)$	9	114.5863	11.334.927

4	Phi(~1)p(~time)pent(~time)N(~1)	9	114.9042	11.652.823
8	Phi(~time)p(~time)pent(~time)N(~1)	11	120.1100	16.858.640



Figura 14. Fêmea adulta de *Guyruita metallophila* marcada e recapturada na última amostragem. Trata-se de uma mãe com filhotes.

A estimativa do tamanho populacional de aranhas foi de 145 indivíduos e o tamanho da superpopulação (N) dessas aranhas na caverna n1_174 foi estimado em 126 indivíduos, ou seja, são os indivíduos que fazem parte do sistema e que não estão acessíveis. Desta forma, o número de indivíduos estimados da aranha *Guyruita metallophila* na caverna N1_0174 foram cerca de 271 espécimes.

Vários estudos populacionais com método de marcação e recaptura já foram realizados com populações subterrâneas, destacando-se os estudos populacionais com peixes troglóbios (Bichuette & Trajano, 2015; Trajano, 1991, 1997; Trajano et al., 2009; Trajano & Bichuette, 2007). Entretanto, os mais variados grupos taxonômicos foram tema de trabalhos populacionais como coleópteros troglóbios da

família Carabidae (Bessi-Pascoaloto, 2005), crustáceos da Ordem Decapoda (Maia et al., 2013), salamandras (Niemiller et al., 2016; Taylor et al., 2015) e até mesmo com diminutos gastrópodes aquáticos (Bichuette & Trajano, 2003; Weck & Taylor, 2016).

Considerando-se os aracnídeos, o grupo cavernícola mais estudado quanto à dinâmica populacional é o dos opilões (Gnaspini, 1996; Pinto-da-Rocha, 1996a, 1996b; Willemart & Gnaspini, 2004), visto que são facilmente manipuláveis e possuem muitos representantes nas três categorias ecológico-evolutivas subterrâneas: troglófilos – *Khazaddum inerme* (Soares & Soares, 1947) (Pinto-da-Rocha, 1996b), *Eusarcus cavernicola* Hara & Pinto-da-Rocha, 2010 e *E. aduncus* (Mello-Leitão, 1942) (Bichuette, in prep.); troglóxenos - *Serracutisoma spelaeum* (Mello-Leitão, 1933) (Gnaspini, 1996), *Goniosoma albiscriptum* Mello-Leitão, 1932 (Willemart & Gnaspini, 2004); troglóbios - *Pachylospeleus strinatii* Šilhavý, 1974 (Pinto-da-Rocha, 1996a), *landumoema uai* Pinto-da-Rocha, 1996 (Bichuette, in prep.), além das inúmeras populações epígeas. Para outros aracnídeos, poucos trabalhos foram realizados com marcação e recaptura como para Amblypygi em uma caverna no México (Chapin, 2015) e Pseudoscorpiones (Andrade, 2004), em uma caverna no estado de São Paulo. Em relação as aranhas subterrâneas, há também poucos trabalhos conduzidos com marcação e recaptura, dos quais podemos citar estudos populacionais com *Ctenus fasciatus* Mello-Leitão, 1943 e *Enoploctenus cyclothorax* (Bertkau, 1880), ambas da Família Ctenidae com ocorrência em cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) e do Parque Estadual Intervales (PEI), ambos no estado de São Paulo (Franco, 2004).

Em relação as aranhas caranguejeiras, há somente um trabalho conduzido no Brasil com marcação e recaptura, trata-se de estudo com *Trechona diamantina* Guadanucci, Fonseca-Ferreira, Baptista & Pedroso, 2016, em uma caverna de quartzito no estado de Minas Gerais (Guadanucci et al., 2015). De qualquer forma, observa-se que há uma escassez de estudos populacionais para aracnídeos subterrâneos em geral, principalmente utilizando o método de marcação e recaptura. Desta forma este estudo representa o primeiro com método de marcação e recaptura de aranha caranguejeira em caverna tanto em minério de ferro bem como no estado do Pará.

O estudo populacional para a aranha *Trechona diamantina* ocorreu durante 17 meses em que as visitas para marcação e recaptura eram mensais, excetuando-

se 4 meses ao longo do estudo em uma caverna de Quartzito com 250 metros de desenvolvimento (Guadanucci et al., 2015). Ao todo 100 indivíduos foram marcados e ocorreram 77 recapturas e a estimativa populacional foi de 853 indivíduos, o que foi considerado uma estimativa superestimada pelos autores (Guadanucci et al., 2015). Para a aranha *Guyruita metallophila*, em uma caverna ferruginosa no estado do Pará, a estimativa foi de 271 indivíduos. *Guyruita metallophila* foi encontrada em outras cavidades, entretanto, sempre em baixa abundância, de um a dois indivíduos. Apesar de ocorrerem em cavernas ferruginosas, todas as aranhas *G. metallophila* marcadas e recapturadas sempre foi na caverna N1_0174, o que demonstra uma certa fidelidade e baixa dispersão dessas aranhas. Outro fator que corrobora essa baixa dispersão foi o encontro de muitos juvenis perto dos locais em que ocorriam fêmeas adultas, ou seja, os filhotes ficam em locais próximos às mães.

A população de *G. metallophila* pode ser considerada elevada para aranhas caranguejeiras ocorrendo em caverna, visto que as ocorrências de caranguejeiras são sempre baixas abundâncias sempre com poucos indivíduos (Gallão, in prep.). A caverna N1_0174 pode ser a população fonte das aranhas *G. metallophila*, visto que a principal população está nessa caverna, considerando nossas amostragens bem como o trabalho de descrição (Fonseca-Ferreira et al., 2017), em que foram amostrados 13 indivíduos em oito cavidades. Desta forma, a caverna N1_0174 torna-se um sítio relevante para conservação dessa aranha bem como de outras espécies subterrâneas que ocorrem nesta.

Em relação aos modelos, o modelo que melhor se ajusta aos dados populacionais é com todos os parâmetros constantes. Desta forma, períodos de seca ou chuvosos não influenciaram a população dessas aranhas na caverna. O que corrobora ainda mais a relevância desta caverna na proteção e conservação de *Guyruita metallophila*.

- **Comportamento**

A Tabela 7 e Figura 15 mostra os resultados das observações comportamentais de três espécimes de *Naderiore carajas*. Os indivíduos permaneceram movimentando o pedipalpo durante a maior parte do tempo (Indivíduo 1= 46 minutos, Ind. 2 =20 min. e Ind. 3 = 52 min.). Em seguida, o

comportamento que se destaca foi movimentar a perna 1 (Ind. 1= 31 min. e ind. 3 = 33 min.). O Deslocamento (andar) pelo terrário foi o terceiro comportamento com maior duração (Ind. 1= 17 min. e ind. 3 = 24 min). Estas três categorias estão relacionadas com o forrageio/explorar o ambiente. As categorias relacionadas com a limpeza (*grooming*) foram pouco realizadas (total Ind. 1= 12 min, Ind. 2= 6 min. e Ind. 3= 14 min.). Considerando todas as categorias relacionadas ao repouso, o tempo em que os espécimes permanecem em descanso é consideravelmente alto (Ind.1= 17 min., Ind. 2= 23 min. e Ind. 3= 30 min.). O comportamento de evitação foi pouco realizado.

Tabela 7. Categorias comportamentais e o tempo em minutos em que cada espécime de *Naderiore carajas* realizou o comportamento.

		N1_173	N1_174	SB_0049
Explorar o ambiente	Andar	17	8	24
	Movimento da Perna 1	31	10	33
	Movimento da Perna 3	0		3
	Movimento do Pedipalpo	46	20	52
	Tatear o substrato	3	3	3
	Movimento do Abdômen	0	0	0
	Limpeza	Limpar perna 1	7	4
Limpar perna 2		3	0	3
Limpar perna 3		1	0	1
Limpar perna 4		1	1	0
Limpar perna pedipalpos		0	1	0
Limpar abdômen		0	0	0
"Evitação"		Andar para trás	4	1
	Movimentos rápidos para frente	0	0	0
Repouso	Parado (imóvel)	16	18	19
	Parado com pedipalpo estendido	0	2	0
	Enterrado	1	3	11

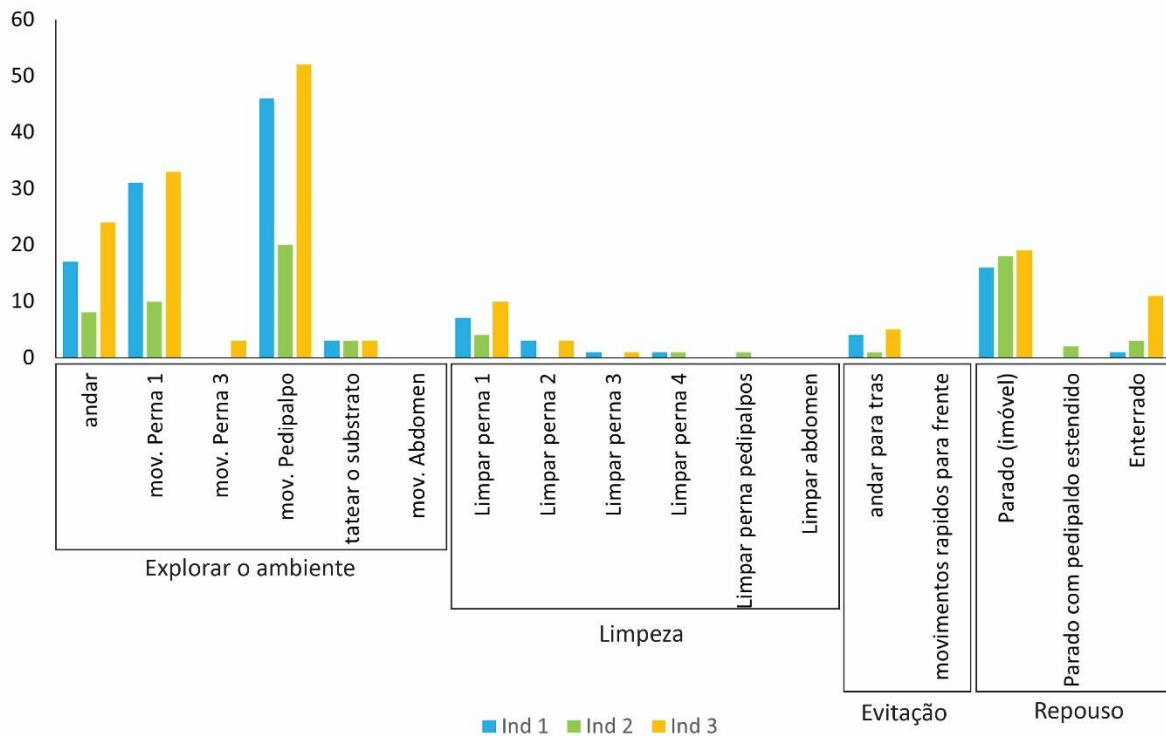


Figura 15. Gráfico de categorias comportamentais (eixo x) pelo tempo em minutos (eixo y) de *Naderiore carajas*.

Estudos de comportamento, assim como os de história natural são relevantes para entendimento da biologia, ecologia e evolução das espécies (Alcock, 1997). Deste modo, agregam informações para a reconstrução da evolução e relações de parentesco das espécies, bem como para propostas de conservação. Ainda, analisando padrões comportamentais em um contexto evolutivo podemos verificar como as espécies diferenciaram-se ao longo de mudanças ambientais ou ocupação de novos nichos (Gallão, 2017).

Para aracnídeos, em geral, os opiliões são os mais estudados em relação ao comportamento tanto epígeos quanto hipógeos (Costa et al., 2016; Elpino-Campos et al., 2011; Pereira et al., 2004; Willemart et al., 2009). Estudos comportamentais com aracnídeos subterrâneos foram realizados com aranhas (Soriano-Morales et al., 2013) amblipígeos (Chapin & Hebets, 2016), escorpiões (Gallão, 2017), pseudoscorpídeos (Andrade, 2004), e Schizomida (Alves De Oliveira & Ferreira, 2014), mostrando notáveis diferenças comportamentais quando comparados aos espécimes epígeos.

Alguns estudos abordaram o comportamento reprodutivo de Schizomida (Giribet & Moreno-González, 2021), defesa e atividade locomotora (Alves De Oliveira & Ferreira, 2014), mas apenas o último contempla uma espécie hipógea. No presente estudo foi realizado uma primeira abordagem sobre o comportamento do Schizomida *Naderiore carajas* das cavernas N1_173, N1_174 (FLONA de Carajás) e SB_0049 (PARNA Campus Ferruginosos). São diminutos aracnídeos de hábitos crípticos e pouco se sabe sobre sua biologia.

Os resultados encontrados mostram que os espécimes utilizaram a maior parte do tempo forrageando e em repouso. A limpeza (*grooming*) ocorreu menos em relação aos demais comportamentos. A evitação foi pouco observada e isso se deve ao fato de que os espécimes foram observados individualmente. Estes resultados eram esperados uma vez que Schizomida é um aracnídeo de hábitos noturnos, portanto este comportamento se mantém nas populações troglófilas *N. carajas*.

REFERÊNCIAS

- Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In B. N. Petrov & F. Csáki (Eds.), *2nd international symposium on information theory* (pp. 267–281). Akadémia Kiadó.
- Alcock, J. (1997). *Animal Behaviour: An Evolutionary Approach* (6th ed., Vol. 1). Sinauer Associates Inc.
- Alves De Oliveira, M. P., & Ferreira, R. L. (2014). Aspects of the behavior and activity rhythms of rowlandius potiguar (schizomida: Hubbardiidae). *PLoS ONE*, 9(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091913>
- Andrade, R. de. (2004). *Estudo populacional do pseudoescorpião cavernícola Maxcheres. iporangae (Chernetidae, Pseudoscorpiones)*. Universidade de São Paulo.
- Arnold, E. N. (1994). Investigating the origins of performance advantage: adaptation, exaptation and lineage effects. In P. Eggleton & R. Vane-Wright (Eds.), *Phylogenetics and Ecology* (1st ed., Vol. 1, pp. 123–167). Academic Press.
- Barr, T. C. (1968). *Cave Ecology and the Evolution of Troglodites*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:130215012>
- Bessi-Pascoaloto, R. (2005). *Dinâmica populacional do carabídeo cavernícola Schizogenius ocellatus Whitehead, 1972 (Coleoptera) e sua recuperação após eventos de enchentes (Sudeste do Estado de São Paulo, Brasil)*. Universidade de São Paulo.
- Bichuette, M. E., & Gallão, J. E. (2021). Under the surface: what we know about the threats to subterranean fishes in Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 19(3). <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0089>
- Bichuette, M. E., Rantin, B., Hingst-Zaher, E., & Trajano, E. (2015). Geometric morphometrics throws light on evolution of the subterranean catfish Rhamdiopsis krugi (Teleostei: Siluriformes: Heptapteridae) in eastern Brazil. *Biological Journal of the Linnean Society*, 114(1). <https://doi.org/10.1111/bij.12405>
- Bichuette, M. E., Simões, L. B., Zepon, T., von Schimonsky, D. M., & Gallão, J. E. (2019). Richness and taxonomic distinctness of cave invertebrates from the northeastern state of Goiás, central Brazil: A vulnerable and singular area. *Subterranean Biology*, 29. <https://doi.org/10.3897/subtbiol.29.30418>
- Bichuette, M. E., & Trajano, E. (2003). A population study of epigeal and subterranean Potamolithus snails from southeast Brazil (Mollusca: Gastropoda: Hydrobiidae). *Hydrobiologia*, 505. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000007299.26220.b8>
- Bichuette, M. E., & Trajano, E. (2015). Population density and habitat of an endangered cave fish Eigenmannia vicentespelaea Triques, 1996

- (Ostariophysii: Gymnotiformes) from a karst area in central Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 13(1). <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20140095>
- Botosaneanu, L., & Holsinger, J. R. (1991). Some aspects concerning colonization of the subterranean realm - especially of subterranean waters: a response to Rouch & Danielopol, 1987. *Stygologia*, 6, 11–39.
- Buckland, S. T., & Begon, M. (1980). Investigating Animal Abundance: Capture-Recapture for Biologists. *The Journal of Animal Ecology*, 49(2). <https://doi.org/10.2307/4272>
- Chagas, A., & Bichuette, M. E. (2018). A synopsis of centipedes in Brazilian caves: Hidden species diversity that needs conservation (Myriapoda, Chilopoda). *ZooKeys*, 2018(737). <https://doi.org/10.3897/zookeys.737.20307>
- Chapin, K. J. (2015). Cave-epigeal behavioral variation of the whip spider *Phrynus longipes* (Arachnida: Amblypygi) evidenced by activity, vigilance, and aggression. *Journal of Arachnology*, 43(2). <https://doi.org/10.1636/J15-04>
- Chapin, K. J., & Hebets, E. A. (2016). The behavioral ecology of amblypygids. *The Journal of Arachnology*, 44(1), 1 – 14. <https://doi.org/10.1636/V15-62.1>
- Christiansen, K. (1962). Proposition pour la classification des animaux cavernicoles. *Spelunca*, 2, 76–78.
- Cianciaruso, M. V., Silva, I. A., & Batalha, M. A. (2009). Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica*, 9(3), 93–103. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032009000300008>
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (1998). A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology*, 35(4). <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.3540523.x>
- Core T. R. (2021). R Development Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, 55.
- Costa, T. M., Silva, N. F. S., & Willemart, R. H. (2016). Prey capture behavior in three Neotropical armored harvestmen (Arachnida, Opiliones). *Journal of Ethology*, 34(2). <https://doi.org/10.1007/s10164-016-0464-x>
- Culver, D. C., & Pipan, T. (2019a). Ecological and evolutionary classifications of subterranean organisms. In W. B. White, D. C. Culver, & T. Pipan (Eds.), *Encyclopedia of Caves* (pp. 376–379). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814124-3.00042-X>
- Culver, D. C., & Pipan, T. (2019b). *The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198820765.001.0001>

- David, J.-F. (2015). Diplopoda — ecology. In *Treatise on Zoology - Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda, Volume 2*. https://doi.org/10.1163/9789004188273_013
- Elpino-Campos, A., Pereira, W., & Del-Claro, K. (2011). Behavioural repertory and notes on natural history of the Neotropical harvestman *Discocyrtus oliverioi* (Opiliones: Gonyleptidae). *Bulletin of the British Arachnological Society*, 12, 144–150.
- Enghoff, H., Golovatch, S., Short, M., Stoev, P., & Wesener, T. (2015). Diplopoda — taxonomic overview. In *Treatise on Zoology - Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda, Volume 2*. https://doi.org/10.1163/9789004188273_017
- Faith, D. P. (1992). SYSTEMATICS AND CONSERVATION: ON PREDICTING THE FEATURE DIVERSITY OF SUBSETS OF TAXA. *Cladistics*, 8(4). <https://doi.org/10.1111/j.1096-0031.1992.tb00078.x>
- Fernandes, C. S., Batalha, M. A., & Bichuette, M. E. (2016). Does the cave environment reduce functional diversity? *PLoS ONE*, 11(3), e0151958. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151958>
- Fonseca-Ferreira, R., Zampaulo, R. de A., & Guadanucci, J. P. L. (2017). Diversity of iron cave-dwelling mygalomorph spiders from Pará, Brazil, with description of three new species (Araneae). *Tropical Zoology*, 30(4). <https://doi.org/10.1080/03946975.2017.1367590>
- Ford, D., & Williams, P. (2013). Karst Hydrogeology and Geomorphology. In *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. <https://doi.org/10.1002/9781118684986>
- Franco, F. P. (2004). *BIOLOGIA E ECOLOGIA POPULACIONAL DE CTENUS FASCIATUS MELLO-LEITÃO E ENOPLICTENUS CYCLOTHORAX (BERTKAU) EM CAVERNAS DO ALTO RIBEIRA, IPORANGA, SP (ARANEAE: CTENIDAE)*. Instituto de Biociências.
- Gallão, J. E. (2017). *Distribuição e estrutura populacional dos escorpiões cavernícolas Troglorhopalurus translucidus Lourenço, Baptista & Giupponi, 2004 e Troglorhopalurus lacrau (Lourenço & Pinto-da-Rocha, 1997)*. Universidade de São Paulo.
- Gallão, J. E., & Bichuette, M. E. (2015). Taxonomic distinctness and conservation of a new high biodiversity subterranean area in Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 87(1). <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140312>
- Gallo, J. S. (2017). *Diversidade de invertebrados terrestres em cavernas areníticas do estado de São Paulo, com ênfase em Pseudonannolenidae (Diplopoda: spirostreptida)*. Universidade Federal de São Carlos.

- Gibert, J., & Deharveng, L. (2002). Subterranean ecosystems: A truncated functional biodiversity. In *BioScience* (Vol. 52, Issue 6, pp. 473–481). [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0473:SEATFB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0473:SEATFB]2.0.CO;2)
- Giribet, G., & Moreno-González, J. A. (2021). Notes on brooding in the arachnid order Schizomida. *Journal of Arachnology*, 49(3). <https://doi.org/10.1636/JoA-S-20-091>
- Gnaspini, P. (1996). Population ecology of *Goniosoma spelaeum*, a cavernicolous harvestman from south-eastern Brazil (Arachnida: Opiliones: Gonyleptidae). *Journal of Zoology*, 239(3). <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1996.tb05933.x>
- Gnaspini, P., & Trajano, E. (1994). Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa. *Revista Brasileira de Entomologia*.
- Gnaspini, P., & Trajano, E. (2000). Guano communities in tropical cave. In *Subterranean ecosystems*. Elsevier.
- Golovatch, S., & Kime, R. (2009). Millipede (Diplopoda) distributions: A review. *Soil Organisms*, 81(3).
- Guadanucci, J. P. L., Braga, P. L. M., & Sá, F. de S. (2015). Aspects of the activity rhythm and population size of troglophilic mygalomorph spiders (*Trechona* sp., Dipluridae) in a quartzite cave in Minas Gerais, Brazil. *Journal of Natural History*, 49(15–16). <https://doi.org/10.1080/00222933.2014.946108>
- Gumier-Costa, F., & Sperber, C. F. (2009). Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, 39(2). <https://doi.org/10.1590/s0044-59672009000200027>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1).
- Hoenen, S. M. M., & Gnaspini, P. (1999). Activity rhythms and behavioral characterization of two epigeal and one cavernicolous harvestmen (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). *Journal of Arachnology*.
- Holsinger, J. R., & Culver, D. C. (1988). The Invertebrate Cave Fauna of Virginia USA and a Part of Eastern Tennessee Zoogeography and Ecology USA. *Brimleyana*, 14.
- Howarth, F. G. (1983). Ecology of cave arthropods. annual Review of entomology. *Annual Review of Entomology*, 28.
- Howarth, F. G. (1993). High-Stress Subterranean Habitats and Evolutionary Change in Cave-Inhabiting Arthropods. *The American Naturalist*, 142, S65–S77. <https://doi.org/10.1086/285523>

- Iniesta, L. F. M., Bouzan, R. S., Souza, C. A. R., Zampaulo, R. A., Cizauskas, I., & Brescovit, A. D. (2023). Additions to the millipede fauna of an Amazonian ferruginous landscape: a new species of *Pseudoporatia* Golovatch, 1999 widespread in rock outcrops (Diplopoda, Polydesmida, Pyrgodesmidae). *Zoosystema*, *45*(16). <https://doi.org/10.5252/zoosystema2023v45a16>
- Jeffery, W. R. (2005). Adaptive Evolution of Eye Degeneration in the Mexican Blind Cavefish. *Journal of Heredity*, *96*(3), 185–196. <https://doi.org/10.1093/jhered/esi028>
- Jeffery, W. R., Strickler, A. G., & Yamamoto, Y. (2003). To see or not to see: Evolution of eye degeneration in Mexican blind cavefish. *Integrative and Comparative Biology*, *43*(4). <https://doi.org/10.1093/icb/43.4.531>
- Jolly, G. M. (1965). Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biometrika*, *52*(1–2). <https://doi.org/10.1093/biomet/52.1-2.225>
- Juberthie, C. (1983). Le milieu souterrain: etendue et composition. *Memoires de Biospeologie*, *10*, 17–65. <https://eurekamag.com/research/021/268/021268508.php>
- Juberthie, C. (2000). The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world. In H. Wilkens, D. C. Culver, & W. F. Humphreys (Eds.), *Ecosystems of the world: subterranean ecosystems* (1st ed., Vol. 1, pp. 17–39). Elsevier.
- Juberthie, C., Delay, B., & Bouillon, M. (1980). Extension Du Milieu Souterrain En Zone Non Calcaire: Description D'un Nouveau Milieu Et De Son Peuplement Par Les Coleopteres Troglobies. *Mémoires de Biospéologie*, *7*, 19–52.
- Langecker, T. G. (2000). The effects of continuous darkness on cave ecology and cavernicolous evolution. In H. Wilkens, D. Culver, & W. Humphreys (Eds.), *Ecosystems of the World 30. Subterranean Ecosystems* (pp. 17–39). Elsevier Academic Press.
- Lawrence, J. M., Samways, M. J., Kelly, J. A., & Henwood, J. (2013). Population dynamics of a threatened giant millipede: Implications for restoration. *Invertebrate Biology*, *132*(1). <https://doi.org/10.1111/ivb.12008>
- Maia, K., Bueno, S., & Trajano, E. (2013). Ecologia populacional e conservação de eglídeos (Crustacea: Decapoda: Aeglidae) em cavernas da área cárstica do Alto Ribeira, em São Paulo. *Revista Da Biologia*, *10*(2). <https://doi.org/10.7594/revbio.10.02.07>
- Mammola, S., & Isaia, M. (2014). Niche differentiation in *Meta bourneti* and *M. menard* (Araneae, Tetragnathidae) with notes on the life history. *International Journal of Speleology*, *43*(3). <https://doi.org/10.5038/1827-806X.43.3.11>

- Martins, F. D., Castilho, A. F., Campos, J., Hatano, F. M., & Rolim, S. G. (2012). *Fauna da Floresta Nacional de Carajás - Estudos Sobre Vertebrados Terrestres* (1st ed., Vol. 1). Nitro Editorial.
- Monte, B. G. O., & Bichuette, M. E. (2020). Taxonomic distinctness of the subterranean fauna from Peruaçu Caves National Park, state of Minas Gerais, Eastern Brazil. *Biota Neotropica*, 20(1). <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0810>
- Moracchioli, N. (2002). *Estudo dos Spelaeogriphacea brasileiros, crustáceos Peracarida subterrâneos*. Universidade de São Paulo.
- Niemiller, M. L., Glorioso, B. M., Fenolio, D. B., Reynolds, R. G., Taylor, S. J., & Miller, B. T. (2016). Growth, Survival, Longevity, and Population Size of the Big Mouth Cave Salamander (*Gyrinophilus palleucus necturoides*) from the Type Locality in Grundy County, Tennessee, USA. *Copeia*, 2016(1). <https://doi.org/10.1643/OT-14-197>
- Oksanen, J., Legendre, P., O'Hara, B., Stevens, M. H. H., Oksanen, M. J., & Suggests, M. (2020). Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7. *Community Ecology Package*, 10(10).
- Ortuño, V. M., Gilgado, J. D., Jiménez-Valverde, A., Sendra, A., Pérez-Suárez, G., & Herrero-Borgoñón, J. J. (2013). The "Alluvial Mesovoid Shallow Substratum", a New Subterranean Habitat. *PLoS ONE*, 8(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076311>
- Palmer, A. N. (2007). *Cave Geology* (A. N. Palmer, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Cave Books.
- Parzefall, J., & Trajano, E. (2010). Behavioral patterns in subterranean fishes. In *Biology of Subterranean Fishes*. <https://doi.org/10.1201/EBK1578086702>
- Pereira, W., Elpino-Campos, A., Del-Claro, K., & Machado, G. (2004). Behavioral repertory of the neotropical harvestman *Ilhaia cuspidata* (Opiliones, Gonyleptidae). *Journal of Arachnology*, 32(1). <https://doi.org/10.1636/S02-35>
- Pinto-da-Rocha, R. (1996a). Biological notes on and population size of *Pachylospeleus strinatii* Silhavy, 1974 in the Gruta das Areias de Cima, Iporanga, south-eastern Brazil (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). *Bulletin of British Arachnological Society*, 10(5), 189–192.
- Pinto-da-Rocha, R. (1996b). Description of the male of *Daguerreia inermis* Soares & Soares, with biological notes on population size in the Gruta da Lancinha, Paraná, Brazil (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 13(4). <https://doi.org/10.1590/s0101-81751996000400004>
- Pinto-da-Rocha, R., Andrade, R., & Moreno-González, J. A. (2016). Two new cave-dwelling genera of short-tailed whip-scorpions from Brazil (Arachnida:

Schizomida: Hubbardiidae). *Zoologia*, 33(2). <https://doi.org/10.1590/S1984-4689zool-20150195>

- Pollock, K. H. (1982). A Capture-Recapture Design Robust to Unequal Probability of Capture. *The Journal of Wildlife Management*, 46(3), 752–757. <https://doi.org/10.2307/3808568>
- Poulson, T. L., & White, W. B. (1969). The Cave Environment. *Science*, 165(3897), 971–981.
- Racovitza, E. G. (1907). Essai sur les problèmes biospéologiques. *Archives de Zoologie Experimentale et Générale*, 6, 371–488.
- Ramanathan, B., & Alagesan, P. (2011). Population Dynamics of Two Millipedes in Alagarmalai Hills of Tamil Nadu. *Journal of Zoology*, 6(4).
- Reddell, J. R. (2012). Spiders and related groups. In W. White & D. Culver (Eds.), *Encyclopedia of Caves* (2nd ed., pp. 786–797). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814124-3.00118-7>
- Resende, L. P. A., & Bichuette, M. E. (2016). Sharing the space: coexistence among terrestrial predators in Neotropical caves. *Journal of Natural History*, 50(33–34). <https://doi.org/10.1080/00222933.2016.1193641>
- Sbordoni, V. (1982). Advances in Speciation of Cave Animals. *Progress in Clinical and Biological Research*, 96, 219–240.
- Schimonsky, D. M. Von, & Bichuette, M. E. (2019). Distribution of cave-dwelling pseudoscorpions (Arachnida) in Brazil. In *Journal of Arachnology* (Vol. 47, Issue 1). <https://doi.org/10.1636/0161-8202-47.1.110>
- Schiner, J. R. (1854). Fauna der Adelsberger-, Lueger- und Magdalen-Grotte. *Verhandlungen Der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft*, 3, 1–40.
- Schwarz, C. J., & Arnason, A. N. (1996). A General Methodology for the Analysis of Capture-Recapture Experiments in Open Populations. *Biometrics*, 52(3), 860. <https://doi.org/10.2307/2533048>
- Seber, G. A. F. (1965). A note on the multiple-recapture census. *Biometrika*, 52(1–2). <https://doi.org/10.1093/biomet/52.1-2.249>
- Shaw, G. G. (1968). Population Size, Ecology and Mineral Reservoir of the Millipede, *Narceus Annularis* (RAF.). *Ecology*, 49(6). <https://doi.org/10.2307/1934503>
- Simões, L. B., Ferreira, T. C. dos S., & Bichuette, M. E. (2013). Aquatic biota of different karst habitats in epigeal and subterranean systems of Central Brazil - visibility versus relevance of taxa. *Subterranean Biology*, 11. <https://doi.org/10.3897/subtbiol.11.5981>
- Soriano-Morales, S., Caballero-Hernández, O., Dávila-Montes, M., Morales-Malacara, J. B., & Miranda-Anaya, M. (2013). Circadian locomotor activity and entrainment by light cycles in cave spiders (Dipluridae and Ctenidae) at

the cave Los Riscos, Qro. México. *Biological Rhythm Research*, 44(6).
<https://doi.org/10.1080/09291016.2013.781330>

- Taylor, S. J., Krejca, J. K., Niemiller, M. L., Dreslik, M. J., & Phillips, C. A. (2015). Life history and demographic differences between cave and surface populations of the western slimy salamander, *Plethodon albagula* (Caudata: Plethodontidae), in Central Texas. *Herpetological Conservation and Biology*, 10(2).
- Thompson, M. V. F., & Moracchioli, N. (1996). Population ecology of *Chelodesmus yporangae* (Schubart, 1946) (Diplopoda: Polydesmida: Chelodesmidae), a cavernicolous millipede from southeastern Brazil. *Mémoires de Biospéologie*, 23, 249–254.
- Trajano, E. (1991). Population ecology of *Pimelodella kronei*, troglobitic catfish from Southeastern Brazil (Siluriformes, Pimelodidae). *Environmental Biology of Fishes*, 30(4), 407–421. <https://doi.org/10.1007/BF02027984>
- Trajano, E. (1995). Evolution of tropical troglobites: applicability of the model of Quaternary climatic fluctuations. *Mémoires Biospéologie*, 22, 203–209.
- Trajano, E. (1996). Movements of cave bats in southeastern Brazil, with emphasis on the population ecology of the common vampire bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera). *Biotropica*.
- Trajano, E. (1997). Population ecology of *Trichomycterus itacarambiensis*, a cave catfish from eastern Brazil (Siluriformes, Trichomycteridae). *Environmental Biology of Fishes*, 50(4). <https://doi.org/10.1023/A:1007366119261>
- Trajano, E. (2012). Ecological Classification of Subterranean Organisms. *Encyclopedia of Caves*, 275–277. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-383832-2.00035-9>
- Trajano, E., & Bichuette, M. E. (2006). *Biologia subterrânea: introdução*. Redespeleo Brasil.
- Trajano, E., & Bichuette, M. E. (2007). Population ecology of cave armoured catfish, *Ancistrus cryptophthalmus* Reis 1987, from central Brazil (Siluriformes: Loricariidae). *Ecology of Freshwater Fish*, 16(2). <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2006.00196.x>
- Trajano, E., & Cobolli, M. (2012). Evolution of lineages. In W. B. White & D. C. Culver (Eds.), *Encyclopedia of Caves* (2nd ed., pp. 295–304). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-383832-2.00040-2>
- Trajano, E., & de Carvalho Marcelo, R. (2017). Towards a biologically meaningful classification of subterranean organisms: A critical analysis of the Schiner-Racovitza system from a historical perspective, difficulties of its application and implications for conservation. *Subterranean Biology*, 22(1). <https://doi.org/10.3897/subtbiol.22.9759>

- Trajano, E., Golovatch, S. I., Geoffroy, J.-J., Pinto-da-Rocha, R., & Fontanetti, C. S. (2000). Synopsis of Brazilian cave-dwelling millipedes (Diplopoda). *Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)*, 41(18).
- Trajano, E., Secutti, S., & Bichuette, M. E. (2009). Natural history and population data of fishes in caves of the Serra do Ramalho karst area, Middle São Francisco basin, northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 9(1). <https://doi.org/10.1590/s1676-06032009000100015>
- Warwick, R. M., & Clarke, K. R. (1995). New “biodiversity” measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress.” *Marine Ecology Progress Series*, 129(1–3). <https://doi.org/10.3354/meps129301>
- Warwick, R. M., & Clarke, K. R. (1998). Taxonomic distinctness and environmental assessment. *Journal of Applied Ecology*, 35(4), 532–543. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.3540532.x>
- Weck, R. G., & Taylor, S. J. (2016). *Life history studies of a cave-dwelling population of Physa snails (Gastropoda: Basommatophora: Physidae) from southwestern Illinois*.
- Wilkins, H. (2010). Genes, modules and the evolution of cave fish. In *Heredity* (Vol. 105, Issue 5). <https://doi.org/10.1038/hdy.2009.184>
- Willemart, R. H., & Gnaspini, P. (2004). Spatial distribution, mobility, gregariousness, and defensive behaviour in a Brazilian cave harvestman *Goniosoma albiscryptum* (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). *Animal Biology*, 54, 221–235. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:85150852>
- Willemart, R. H., Osses, F., Chelini, M. C., Macías-Ordóñez, R., & Machado, G. (2009). Sexually dimorphic legs in a neotropical harvestman (Arachnida, Opiliones): Ornament or weapon? *Behavioural Processes*, 80(1). <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2008.09.006>

PRODUTOS GERADOS:

- **ARTIGOS PUBLICADOS/ SUBMETIDOS EM PERIÓDICOS CIENTÍFICOS**
APRESENTAÇÕES EM CONGRESSOS

Fauna subterrânea da Floresta Nacional de Carajás: monitoramento para conhecer e estabelecer estratégias de manejo e conservação

Jonas Eduardo Gallão ¹
Jéssica Scaglione Gallo ²
Dayana Ferreira Torres ¹
Maria Elina Bichuette ¹

¹ Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos/Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos

² Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos; Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo/Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos

jonasgallao@gmail.com, jessicagallo@gmail.com, dayanaftorres@gmail.com, lina.cave@gmail.com

O ambiente subterrâneo apresenta peculiaridades inerentes e bem distintas em relação ao meio epígeo, dentre as mais marcantes são escuridão permanente e ausência de organismos fotossintetizantes. Apesar destas características, este ambiente abriga elevada diversidade de espécies, principalmente invertebrados. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo apresentar o resultado preliminar do inventário de invertebrados em cavidades de minério de ferro da Floresta Nacional de Carajás. Para tal, foi realizada amostragem em seis cavidades (N1_0017, N1_0200, N1_0206, N3_0026, N3_0023 e N4WS_0067), em agosto de 2021, pelo método de busca ativa. Nesta primeira amostragem foram registradas um total de 110 morfoespécies e 488 indivíduos pertencentes à sete Classes (Arachnida, Chilopoda, Diplopoda, Entognatha, Insecta, Malacostraca e Gastropoda). Das quais, sete morfoespécies, possivelmente troglóbias, apresentam troglomorfismos morfológicos (redução de olhos e pigmentação) e uma troglóbia (restrita ao meio subterrâneo) *Carajas paraua* Brescovit & Sánchez-Ruiz, 2016. Inventariar a fauna subterrânea é uma forma de acesso à essa diversidade que é particularmente frágil às mudanças em seu ambiente, principalmente às ações antrópicas que podem ocasionar diminuições populacionais e até resultar em extinções locais de vários grupos. Apesar de estarem inseridas em uma unidade de conservação, essas cavernas sofrem impactos pela presença de cavas de mineração na FLONA, que causam poluição por ruído, pó e atrito, interferindo diretamente na fauna. Além disso, estudos de listagens faunística ajudam a diminuir os défices Linneano e Wallaceano, ou seja, aumentam o conhecimento sobre a identificação e distribuição das espécies no meio subterrâneo. Os resultados pretendidos neste estudo, ainda em andamento, subsidiam novas metodologias para aplicação na conservação e manejo da biodiversidade subterrânea, especialmente em litologia de minério de ferro, o que permitirá o diálogo entre diferentes empresas e os órgãos ambientais.

Palavras-Chave: Diversidade, Inventário Faunístico, Invertebrados, Troglóbios

Agência Financiadora: CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), TCCE ICMBio/Vale II de compensação espeleológica nº1/2018

Número de processo: CNPq 140494/2019-7

Prezado Sr. (a). JONAS EDUARDO GALLAO,

A Comissão Científica do **XXXV Congresso Brasileiro de Zoologia** tem a honra de informar que o trabalho abaixo foi selecionado para a apresentação **ORAL** durante o simpósio selecionado.

A seguir, apresentamos os dados relevantes para a sua apresentação:

Data	Hora da Sessão	Sala	Título da Sessão	Hora da Apresentação	Tema da Apresentação	Função	Situação
26/02/2024	15:30 às 19:30	Baobá 06	Simpósio "V Simpósio de Biologia Subterrânea - cavernas como frágeis refúgios climáticos e o desafio de uso para fins socio-econômicos"	16:45 às 17:00	Escorpiões em cavernas no Brasil	Apresentador(a) Trabalho Oral	Confirmado
26/02/2024	15:30 às 19:30	Baobá 06	Simpósio "V Simpósio de Biologia Subterrânea - cavernas como frágeis refúgios climáticos e o desafio de uso para fins socio-econômicos"	17:15 às 17:30	Aracnídeos em cavernas da Floresta Nacional de Carajás e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, estado do Pará, norte do Brasil	Apresentador(a) Trabalho Oral	Confirmado

Aracnídeos em cavernas da Floresta Nacional de Carajás e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, estado do Pará, norte do Brasil

Jonas E. Gallão^{1,2}, Jéssica S. Gallo^{1,2} & Maria E. Bichuette^{1,2}

¹ Laboratório de Estudos Subterrâneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Paulo, Brasil.

² Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos.

Aracnídeos são muito bem representados em cavernas no Brasil, com quase todas as Ordens registradas, exceto Solifugae. Com exceção dos ácaros, apresentamos os aracnídeos subterrâneos em cavernas da Floresta Nacional de Carajás e do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, ambas no estado do Pará, norte do Brasil. Para tal, realizamos amostragens em mais de 25 cavernas ao longo de três anos além de dados de literatura. Com exceção de Solifugae e Thelyphonida, todas as demais Ordens de aracnídeos foram registrados, contemplando as seguintes famílias e gêneros (entre parênteses): ordem Ricinulei, família Ricinoididae (*Cryptocellus*); Scorpiones, família Buthidae (*Ananteris*); Schizomida, família Hubbardiidae (*Naderiore* e *Cangazomus*); Palpigradi, família Eukoeneriidae (*Eukoeneria* e *Allokoeneria*), Amblypygi famílias Phryniidae (*Heterophrynus*) e Charinidae (*Charinus*); Pseudoscorpiones famílias Chernetidae (*Spelaeochernes*) Chthoniidae (*Pseudochthonius*) e Syarinnidae (*Nannobisium*), Opiliones famílias Neogoveidae (*Canga*), Escadabiidae, Cosmetidae (*Cynorta*, *Flirtea*, *Roquettea*), Gonyleptidae (*Cearinus*, *Discocyrtus*), Manaosbiidae (*Saramacia*, *Syncranaus*), Stygnidae (*Pickeliana*, *Protimesius*, *Stygnus*) e Sclerosomatidae (*Geaya*) e Araneae famílias Theraphosidae (*Guyruita*, *Dolichothele*, *Haplopus*, *Acanthoscurria*,

Theraphosa, Nhandu), Cyrtoucheniidae (*Fufius*), Idiopidae (*Idiops*), Ochyroceratidae (*Ochyrocera*), Filistatidae (*Misionella*), Caponiidae (*Carajas*), Ctenidae (*Parabatinga*), Theridiosomatidae (*Cuacuba*), Drymusidae (*Drymusa*), Prodidomidae (*Paracymbiommma*), Scytodidae (*Scytodes*), Pholcidae (*Leptopholcus, Mesabolivar*), Araneidae (*Alpaida, Micrathena*) e Segestriidae (*Ariadna*). A fauna de aracnídeos nas cavernas estudadas apresentou elevada diversidade e abundância, principalmente para aranhas e opiliões. Muitos desses aracnídeos são troglófilos, apresentam populações dentro e fora das cavernas, entretanto há inúmeros troglóbios, populações restritas e exclusivas de cavernas, principalmente aranhas e pseudoescorpiões. Destacamos ainda que muitos registros se trata de espécies inéditas para a ciência. Apesar de inseridas em unidades de conservação, as cavernas da região sofrem com impactos ambientais como severo desmatamento e mineração, este último irreversível destruindo completamente o habitat subterrâneo.

Palavras-chave: Arachnida, fauna subterrânea, troglóbio, troglófilo

Financiamento

TCCE Vale 01/2018 – ICMBio

CNPq - processos 303715/2011-1, 308557/2014-0 e 310378/2017-6; projeto regular - 457413/2014-0;

FAPESP- processos 2008/05678-7, 2010/08459-4; projeto regular - 2016/50381-9; CAPES - processo 88887.159166/2017-00 / número do projeto 440646/2015-4

Artigo publicado. O PDF segue em anexo



European Journal of Taxonomy xxx: xx–xx

DOIxxx



ISSN 2118-9773

www.europeanjournaloftaxonomy.eu

2024 · López-Orozco C.M. *et al.*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

Research article

[urn:lsid:zoobank.org:pub:BE1232A7-064A-4D0C-B9BE-05559274B29D](https://zoobank.org/pub:BE1232A7-064A-4D0C-B9BE-05559274B29D)

**Iron-isopods: new records and new species of terrestrial isopods
(Isopoda, Oniscidea) from Brazilian Amazon iron ore caves**

Carlos Mario LÓPEZ-OROZCO^{1,*}, Ivanklin Soares CAMPOS-FILHO²,
Jéssica S. GALLO³, Jonas E. GALLÃO⁴, Yesenia M. CARPIO-DÍAZ⁵,
Ricardo BORJA-ARRIETA⁶ & Maria Elina BICHUETTE⁷

^{1,3,4,7}Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos,
São Carlos, São Paulo, Brazil.

^{1,5,6}Grupo de Investigación en Biología Descriptiva y Aplicada, Universidad de Cartagena,
Programa de Biología, Campus San Pablo, Cartagena de Indias, Colombia.

²Department of Biological Sciences, University of Cyprus, Lefkosia (Nicosia), Cyprus.

^{3,4,7}Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos. **only?**

⁷Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

Táxon	N1_0024	N1_0149 (GEM 1349)	N1_0171	N1_0172 (GEM 1372)	N1_0173	N1_0174	N1_0200	N1_0206	N1_0208 (GEM 1409)	N2_0023	N3_0003	N3_0005	N3_0023	N3_0026	N3_0045	N4WS_0067
sp. 2														27		
Oribatida																
Argasidae																
sp. 1																
sp. 1															1	
Trombidiformes																
Prostigmata																
sp. 1							1				3			2		
sp. 2						1	1						20	1		
Sphaerolichida																
sp. 1																
sp. 2									1							
sp. 1						1								2		
Amblypygi																
Charinidae																
<i>Charinus</i>																
sp. 1														2		
Phrynidae																
<i>Heterophrynus</i>																
<i>longicornis</i>			1		1			1	1					1		
Araneae																
Araneomorphae																
Araneidae																
<i>Alpaida</i>																
<i>antonio</i>			1			1										2
sp.						1										
sp. 1																
<i>Mangora</i>																
sp. 1											1					

Táxon	N1_0024	N1_0149 (GEM 1349)	N1_0171	N1_0172 (GEM 1372)	N1_0173	N1_0174	N1_0200	N1_0206	N1_0208 (GEM 1409)	N2_0023	N3_0003	N3_0005	N3_0023	N3_0026	N3_0045	N4WS_0067
<i>Misionella</i>																
<i>carajas</i>						13					2					
sp.	1											3				1
Mysmenidae																
<i>Microdipoena</i>																
sp. 1									1							
sp.										1			1			
Nesticidae																
<i>Eidmannella</i>																
<i>pallida</i>															2	
sp.															5	
Ochyroceratidae																
<i>Ochyrocera</i>																
<i>atlachnacha</i>																
<i>laracna</i>																
sp.					2	1					1		2	3		
sp. 1						1										
<i>varys</i>					1								2	11		
<i>Speocera</i>																
<i>babau</i>			3		4	6			3		6					
<i>piquira</i>							3				2		1	2		
sp.					1						1					
sp. 1																
sp.	1		1			1								3		
Oonopidae																
<i>Xyccarph</i>																
sp. 1													1			
sp. 2						1								1		
sp.													1			

Táxon	N1_0024	N1_0149 (GEM 1349)	N1_0171	N1_0172 (GEM 1372)	N1_0173	N1_0174	N1_0200	N1_0206	N1_0208 (GEM 1409)	N2_0023	N3_0003	N3_0005	N3_0023	N3_0026	N3_0045	N4WS_0067
sp. 1				1												
sp. 2																
sp. 3																
sp. 4																
Palpimanidae																
<i>Otiothops</i>																
sp. 1					1											
Paratropidae																
sp.																
Pholcidae																
<i>Ninetinae</i>																
sp.							2									
sp. 1	1															
<i>Leptopholcus</i>																
sp.				5												
sp. 1	1															5
<i>Mesabolivar</i>																
<i>aurantiacus</i>	1								3				1			
<i>eberhardi</i>	2				1	3	1		5	2	1		1	5	4	
sp.		1		3	2		3		2		3			1		
sp. 1																
Pisauridae																
sp.														1		
Pisauridae																
sp. 1								1								
Prodidomidae																
<i>Paracymbiomma</i>																
<i>carajas</i>																
sp.					2								1	1		

Táxon	N1_0024	N1_0149 (GEM 1349)	N1_0171	N1_0172 (GEM 1372)	N1_0173	N1_0174	N1_0200	N1_0206	N1_0208 (GEM 1409)	N2_0023	N3_0003	N3_0005	N3_0023	N3_0026	N3_0045	N4WS_0067
<i>mendensi</i>						20										
<i>Ctenorillo</i>																
<i>ferrairai</i>						32										
Dubioniscidae																
Novamundoniscus																
sp. 1												1				
sp. 2																
sp. 3																
sp. 4																
sp. 5																
Philoscidae																
Prosekini																
sp. 1																
<i>Benthanoides</i>																
<i>tarzan</i>								1								
Platyarthridae																
<i>Trichorhina</i>																
sp. 1																
Scleropactidae																
Circoniscus																
<i>incisus</i>													3			
sp.						5										
sp. 1 (mendensi)			6			24					1					
sp. 2 (xikrin)														2		
Hexapoda																
Collembola																
Entomobryomorpha																
sp.														1		
sp. 1					2								1		4	

Táxon	N1_0024	N1_0149 (GEM 1349)	N1_0171	N1_0172 (GEM 1372)	N1_0173	N1_0174	N1_0200	N1_0206	N1_0208 (GEM 1409)	N2_0023	N3_0003	N3_0005	N3_0023	N3_0026	N3_0045	N4WS_0067
sp. 1		12														
sp. 2													1			
Gyrinidae																
sp. 1																
Ptiliidae																
sp. 1																
Staphylinidae																
Pselaphinae																
sp. 1																
Scydmaeninae																
sp. 1						1							1			
sp. 2						1										
sp. 3						2										
sp. 1														1		
sp. 2					1											
sp. 3																
sp. 5															1	
sp. 6																
Tenebrionidae																
sp. 1			6								6					
sp. 1					7	1	7							3		
sp. 10				1												
sp. 11																
sp. 12																
sp. 13															2	
sp. 14																
sp. 2					1									2		
sp. 3					2								2	8		

Táxon	N1_0024	N1_0149 (GEM 1349)	N1_0171	N1_0172 (GEM 1372)	N1_0173	N1_0174	N1_0200	N1_0206	N1_0208 (GEM 1409)	N2_0023	N3_0003	N3_0005	N3_0023	N3_0026	N3_0045	N4WS_0067
sp. 4						1						1		1		
sp. 5																
sp. 6											2					
sp. 7	1															
sp. 8											1					
sp. 9																
Diptera																
Brachycera																
Chloropidae																
sp. 1																
Dolichopodidae																
sp. 1							2									
Drosophilidae																
sp. 1													4			
sp. 1						4							1			
Nematocera																
Culicidae																
sp. 1																
Tipulidae																
sp. 1																
Schizophora																
sp. 1														1		
Cecidomyiidae																
sp. 1														2	1	
Ceratopogonidae																
sp. 1														1		
Chironomidae																
sp.																
sp. 1									1							

Táxon	N1_0024	N1_0149 (GEM 1349)	N1_0171	N1_0172 (GEM 1372)	N1_0173	N1_0174	N1_0200	N1_0206	N1_0208 (GEM 1409)	N2_0023	N3_0003	N3_0005	N3_0023	N3_0026	N3_0045	N4WS_0067
sp. 1						4	2				32	1	2	31		
Gerridae																
sp. 1														3		
Mesoveliidae																
sp. 1		2											14			4
sp. 2											5					
Reduviidae																
Emesinae																
sp.																1
sp. 1						1								1		
sp. 2	1													4		
sp. 3																
sp. 4						1			1							
sp.							1									
sp. 1						2			2			1		1		
sp. 3	1															
Veliidae																
sp. 1														8		
sp.			1		1								1	2		
sp. 1																1
sp. 2													5	5		
sp. 3													3	1		
sp. 4						2										
sp. 5																
Hymenoptera																
Formicidae																
sp. 1	2		3	3		5	2		2		1		9	5		
sp. 2			5		8	1							1	3		1
sp. 1			2								7					

Táxon	N1_0024	N1_0149 (GEM 1349)	N1_0171	N1_0172 (GEM 1372)	N1_0173	N1_0174	N1_0200	N1_0206	N1_0208 (GEM 1409)	N2_0023	N3_0003	N3_0005	N3_0023	N3_0026	N3_0045	N4WS_0067
sp. 2					2									8		
Isoptera																
sp. 1	26		7	8		24						1		6		
Isoptera																
sp. 1						1										
Lepidoptera																
sp. 1		1				21			2				5	1		
sp. 2							1									
Mantodea																
sp. 1																
Orthoptera																
Gryllidae																
sp.										1						
Phalangopsidae																
sp.		4		1	1	9				1				2		
sp. 1	1		7		1	7	3						8	8		5
sp. 2	1				1		2	1	1		7		5	2	1	1
Plecoptera																
sp. 1													1	2		
Psocoptera																
sp. 1	1					2	4		1		1		1	9	3	
Thysanoptera																
sp. 1																
Trichoptera																
sp. 1																
Zygentoma																
Nicoletiidae																
sp. 1			1		2						1		2	14		
sp. 1					3	8	1						15	5		

Táxon	N1_0024	N1_0149 (GEM 1349)	N1_0171	N1_0172 (GEM 1372)	N1_0173	N1_0174	N1_0200	N1_0206	N1_0208 (GEM 1409)	N2_0023	N3_0003	N3_0005	N3_0023	N3_0026	N3_0045	N4WS_0067
Myriapoda																
Chilopoda																
Geophilomorpha																
Ballophilidae																
sp. 1						1										
Schendylidae																
sp. 1					1											
sp.					1											
Scolopendromorpha																
Cryptopidae																
<i>Cryptops</i>																
sp. 1							1									
Scolocryptopidae																
<i>Newportia</i>																
<i>ernsti</i>															1	
sp. 1	1					2									1	
sp. 2								1								
Scolopendridae																
<i>Otostigmus</i>																
sp. 1								1								
sp.																
Scolopocryptopidae																
<i>Scolopocryptops</i>																
<i>miersii</i>													1	1		
sp.																
Scutigermorpha																
Psellioididae																
<i>Sphendononema</i>																
<i>quidingii</i>								1						3		

Táxon	N4WS_007 2	N4WS_007 5 (GEM 1859)	S11D_000 1	S11D_000 7	S11D_001 0	S11D_001 2	S11D_001 3 (GEM 0654)	SB_0021 (GEM 1441)	SB_0022 (GEM 1442)	SB_0049 (GEM 1460)	SB_0051 (GEM 1467)	SB_0094 (GEM 1510)	ST_001 6	ST_001 9	ST_002 0	Total Geral
<i>globula</i>			1	1	3											20
<i>sp.</i>			2			1	2						1	2	1	33
<i>sp. 1</i>								1	1							4
<i>sp. 2</i>											1					1
<i>sp.</i>	4		1	1	1	3	1				1			1	1	18
Segestriidae																
<i>Ariadna</i>																
<i>boliviana</i>																17
<i>sp.</i>																8
Tetramblemmidae																
<i>sp.</i>					5											5
<i>sp. 1</i>					6											6
Tetragnathidae																
<i>Azilia</i>																
<i>sp. 1</i>									1							1
<i>Chrysometa</i>																
<i>sp. 1</i>											1					1
<i>Leucauge</i>																
<i>sp. 1</i>			1												2	3
<i>sp.</i>																1
Theridiidae																
<i>Episinus</i>																
<i>sp. 1</i>												1				1
<i>Nesticodes</i>																
<i>rufipes</i>	10	3														13
<i>sp.</i>	1															1
<i>sp.</i>		1														10
<i>sp. 1</i>								1			1	1				9

Táxon	N4WS_007 2	N4WS_007 5 (GEM 1859)	S11D_000 1	S11D_000 7	S11D_001 0	S11D_001 2	S11D_001 3 (GEM 0654)	SB_0021 (GEM 1441)	SB_0022 (GEM 1442)	SB_0049 (GEM 1460)	SB_0051 (GEM 1467)	SB_0094 (GEM 1510)	ST_001 6	ST_001 9	ST_002 0	Total Geral
sp. 2											1					1
sp. 3																2
Theridiosomatidae																
<i>Plato</i>																
<i>ferriferus</i>	1								1	3	7	2	2			42
sp.										1			2			14
sp. 1								2								2
Trechaleidae																
sp.																1
Uloboridae																
sp.																1
Mygalomorphae																
Barychelidae																
sp.			1											1		2
Dipluridae																
<i>Ischinothele</i>																
sp.																1
sp.			1													3
Theraphosidae																
sp.								1			4	1				12
<i>Guyruta</i>																
<i>metalophila</i>											3		6			9
<i>Guyruta</i>																
sp.						2		1		2	3					12
Opliones																
Cosmetidae																
<i>Flirtea</i>																
<i>valida</i>				1		6			3			1				26

Táxon	N4WS_007 2	N4WS_007 5 (GEM 1859)	S11D_000 1	S11D_000 7	S11D_001 0	S11D_001 2	S11D_001 3 (GEM 0654)	SB_0021 (GEM 1441)	SB_0022 (GEM 1442)	SB_0049 (GEM 1460)	SB_0051 (GEM 1467)	SB_0094 (GEM 1510)	ST_001 6	ST_001 9	ST_002 0	Total Geral
Hubbardiidae																
<i>Cangazomus</i>																
<i>xikrin</i>									2			1				5
<i>Naderiore</i>																
<i>carajas</i>		2												1		5
sp.		1														1
sp.																1
sp. 1										1						11
Scorpiones																
Buthidae																
<i>Ananteris</i>																
sp.										1						1
Crustacea																
Malacostraca																
Decapoda																
sp.								2								2
sp. 1																2
Isopoda																
Armadillidae																
<i>Ctenorillo</i>																
<i>ferrairai</i>									5		10	2				49
Dubioniscidae																
<i>Novamundoniscus</i>																
sp. 1			1		2											4
sp. 2			1													1
sp. 3																
sp. 4									7							7
sp. 5		6												1		7

Táxon	N4WS_007 2	N4WS_007 5 (GEM 1859)	S11D_000 1	S11D_000 7	S11D_001 0	S11D_001 2	S11D_001 3 (GEM 0654)	SB_0021 (GEM 1441)	SB_0022 (GEM 1442)	SB_0049 (GEM 1460)	SB_0051 (GEM 1467)	SB_0094 (GEM 1510)	ST_001 6	ST_001 9	ST_002 0	Total Geral
Brachycera																
Chloropidae																
sp. 1					5											5
Dolichopodidae																
sp. 1																2
Drosophilidae																
sp. 1																4
sp. 1																5
Nematocera																
Culicidae																
sp. 1			1		1											2
Tipulidae																
sp. 1											1					1
Schizophora																
sp. 1									1	1						3
Cecidomyiidae																
sp. 1		1	1								1					6
Ceratopogonidae																
sp. 1																1
Chironomidae																
sp.										40						40
sp. 1																1
Chloropidae																
sp. 1					1											1
Culicidae																
sp. 1										1						1
Drosophilidae																
sp. 1										4						9

Táxon	N4WS_007 2	N4WS_007 5 (GEM 1859)	S11D_000 1	S11D_000 7	S11D_001 0	S11D_001 2	S11D_001 3 (GEM 0654)	SB_0021 (GEM 1441)	SB_0022 (GEM 1442)	SB_0049 (GEM 1460)	SB_0051 (GEM 1467)	SB_0094 (GEM 1510)	ST_001 6	ST_001 9	ST_002 0	Total Geral
sp. 1				3												3
sp. 2																3
sp. 1																1
Spirostreptidae																
sp. 1			1		1							2				5
sp. 2																2
Pauropoda																
sp. 1											1					1
Symphyla																
sp. 1									2	4	1	2	2			13
Mollusca																
Gastropoda																
Stylommatophora																
Achatinidae																
<i>Allopeas</i>																
sp. 1										3	1	1				11
<i>Lamellaxis</i>																
sp. 1										11						11
<i>Leptinaria</i>																
<i>unilamellata</i>										5						6
<i>Rectobelus</i>																
sp. 1									1							1
Systrophiidae																
<i>Happia</i>																
sp. 1									1	1	6		3			15
sp. 2			2		1	1	3		1	9	3	2				31
Nematoda																
sp. 1			1	1						1						12

Táxon	N4WS_007 2	N4WS_007 5 (GEM 1859)	S11D_000 1	S11D_000 7	S11D_001 0	S11D_001 2	S11D_001 3 (GEM 0654)	SB_0021 (GEM 1441)	SB_0022 (GEM 1442)	SB_0049 (GEM 1460)	SB_0051 (GEM 1467)	SB_0094 (GEM 1510)	ST_001 6	ST_001 9	ST_002 0	Total Geral
Nematomorpha																
sp. 1										3	2					23
Platyelminthes																
(vazio)																
Turbellaria																
Tricladida																
sp.	11		5													17
Total Geral	71	55	159	35	123	51	37	31	93	475	291	45	56	44	42	3283

ANEXO II – Dendrograma de agrupamento taxonômico de todos os morfotipos estudados.

Cluster Dendrogram

